

**XVII МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

НОВЫЕ ИДЕИ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ

**3 – 4 АПРЕЛЯ 2025 г.
МОСКВА**



ТОМ 5

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**Экология и охрана
окружающей среды**

УДК 082 + [550.8+553] (082)
ББК 94.3 + 26.21я43 + 26.34я43

Новые идеи в науках о Земле: в 9 т. Материалы XVII Международной научно-практической конференции «Новые идеи в науках о Земле» - М.: Издательство МГРИ, 2025.

Т. 5: ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ / ред. коллегия: Ю.П. Панов, Р.Н. Мустаев. - М.: Издательство МГРИ, 2025 – 346 с.

ISBN 978-5-907595-10-1

УДК 082 + [550.8+553] (082)
ББК 94.3 + 26.21я43 + 26.34я43

ISBN 978-5-907595-05-7 (Том 5)

© РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДочный
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 5. ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	7
Вольфсон И.Ф.*, Спиридонов И.Г., Бобков Р.А. Состояние и перспективы эколого-геохимических исследований.....	7
Гриц Я.А.*, Рондак У.А. Оценка экологического состояния древостоев Ленинского района г. Минска.....	11
Насыров А.А.*, Вольфсон И.Ф. Использование отходов горного производства для пищевых, медицинских целей и технологических нужд	15
Журавлев А.А.*, Румянцева А.О., Ефимов Е.Д., Белоусов П.Е. Разработка сорбционных инъекционных композитов на полимерно-минеральной основе для создания проницаемых барьеров.....	19
Рукавицын В.В.* Комплексная экологическая оценка территории при помощи методов дистанционного зондирования земли (на примере Российской части бассейна реки Паз)	23
Лейко Е.А, Шишкин И.В. Система распознавания почвы по фотографиям, диагностика возможных проблем на основании искусственной нейронной сети	27
Кирсанов Т.С.* Актуальные тренды по снижению негативного воздействия на окружающую среду нефтегазовой отрасли	31
Подлипский И.И. Нормирование нефтепродуктов в почвах в России. Анализ подходов и методик	35
Гусарова Д.С.*, Яблонская Д.А., Филатова О.Р. Факторы формирования родниковых вод Щелковского городского округа Московской области	39
Филатова О.Р.*, Лубкова Т.Н. Особенности определения перхлорат-иона в пробах хлоридных сточных вод методом капиллярного электрофореза.....	43
Хлебосолова О.А.*, Хадбаатар С., Щербакова К.А., Пунцагноров О. Российско-монгольские полевые эколого-географические практики студентов: опыт сотрудничества МГРИ-MSUE	47
Афанасьева А.А.*, Курбатова И.Е. Оценка влияния боковых притоков на экологическое состояние Краснодарского водохранилища.....	51
Андреева В.А.*, Комаров Е.И. Модернизация городских очистных канализационных сооружений г.о. Самара при реализации федерального проекта «Оздоровление Волги».....	55
Баженов Ю.М.*, Савинов И.А. Вулкан Креницына – уникальное природное явление России	59
Брюханова С.А.*, Машин Е.Д., Серебренникова З.С., Бузин А.А. Оценка экологического состояния водных объектов ООПТ «Ландшафтного заказника Тропарёвский»	63
Буга М.В.*, Комаров Е.И. Совершенствование технологий сбора и обезвреживания свалочного газа на полигонах ТКО	67
Ефимов Н.А.*, Комаров Е.И. Аэромобильная технология оперативного контроля радиационной обстановки на объектах нефтегазовой отрасли.....	71
Каматова К.Ж.*, Коматов М.М.*, Аскаров Р.А., Петраш Е.П. Экологическая трагедия Усолъе-Сибирского: наследие Усолъехипрома	75
Короткова К.М.*, Кайдалов О.С., Комаров Е.И. Перспективы аэромобильной технологии оперативного контроля утечек на нефтегазовых предприятиях.....	79
Лямкин Р.И.*, Сильвестрова В.А. Переработка твердых коммунальных отходов как часть экономики замкнутого цикла: исторический опыт и современность.....	83
Макарова К.С.*, Комаров Е.И. Обоснование внедрения комплексной автоматизированной системы мониторинга нефтяных загрязнений на Нижегородском НПЗ.....	87
Петрова В.Н.*, Комаров Е.И., Исаев О.Н. Совершенствование баромембранных процессов очистки воды от углеводородов на газоперерабатывающих предприятиях.....	91

Полунина Е.И.*, Комаров Е.И., Долгополова О.Н. Совершенствование системы водоочистки от нефтепродуктов на Ленинградском РНУ ООО «Транснефть-Балтика»	95
Рябова С.А. Особенности вариаций массовой концентрации РМ2.5 и их связь с температурой воздуха в Берлине в теплый период 2022 и 2023 годов.....	99
Салимов Б.Ю.*, Сырчина А.С. Образование нефтешламов и их воздействие на окружающую среду и существующие технологии переработки.....	103
Сизов Д.Ю.*, Комаров Е.И. Оптимизация процесса водоподготовки на Амурском газохимическом комплексе	107
Скударь И.Д.* Экологические аспекты внедрения водогазового воздействия на пласт	111
Шалонин Е.А.* Методы снижения кавитационных потерь в насосах как способ повышения энергоэффективности и экологической безопасности.....	114
Янмурзаева А.А.*, Комаров Е.И. Совершенствование технологии очистки сточных вод на перекачивающей компрессорной станции-3 Аганская.....	118
Морозова Т.П.* Опыт рационального использования отработанных месторождений на примере шахты «Цольферайн Эссен» (Германия)	122
Мыльников М.А.*, Бруслов А.Ю. Дополнительные экологические риски в нефтегазовом производстве	126
Казанкова Э.Р.*, Корнилова Н.В. Геоэкология и природопользование на Щелковском подземном хранилище газа.....	130
Калинин Ф.А.*, Курочкина К.Н. Влияние электрического поля на ростки растений.....	134
Катенович Д.В.*, Лузянин С.Л., Осипова М.О. Мониторинг загрязнения подземных вод в районах добычи каменного угля	138
Кениг Л.Л.*, Астахов П.С. Оценка эффективности применения феррата натрия в качестве обеззараживающего реагента на примере E. Coli	142
Конарева Т.Г.* Сравнительная геоэкологическая оценка миграции элементов-поллютантов из хвостохранилища Дарасунской ЗИФ	146
Корниенко С.Г. Характеристика изменений влажности напочвенного растительного покрова в районе Бованенковского месторождения по данным со спутников Landsat	150
Любушкин Т.Г., Иванов А.А., Мостовык П.Р. Применение пероксодисерной кислоты и персульфатов в Фентон-подобных процессах для очистки окрашенных сточных вод.....	154
Меняева В.А.*, Лежнев Д.В. Структура травяно-кустарничкового яруса в насаждениях дуба монгольского (Quercus mongolica Fisch. Ex Ledeb.) в национальном парке «Земля леопарда».....	158
Мостовык П.Р.* Влияние ионов железа (II) и температуры на эффективность озонирования синтетических красителей на примере родамина С.....	162
Пересунько Ю.Д.* Исследование кинетики удаления фторидов из сточных вод	166
Пономарева Е.А.*, Мостовык П.Р., Иванов А.А. Фотоактивация распада пероксодисерной кислоты и персульфатов с образованием свободных радикалов.....	170
Иванов А.А.*, Писарева А.А. Оценка возможности применения персульфата аммония для очистки сточных вод от фенола в присутствии железа (II).....	174
Корнилов А.Г., Корнилова Е.А., Раевская М.В.* Элементы фонового мониторинга в гидроэкологическом анализе водных объектов горнопромышленных территорий Белгородская область	178
Пижанкова Е.И.*, Пижанков И.Н. Воздействие факелов сжигания попутного нефтяного газа на природные условия Среднего Приобья	182
Писарева А.А.*, Кунилова И.В. Извлечение магнитной фракции из золошлаковых отходов от сжигания каменных углей	186
Пожидаева А.Е., Колесникова В.М. Исследование почвенного покрова рекреационных стоянок в Национальном парке «Валдайский».....	190

Родкин М.В.*, Прохорова Т.В., Рукавишникова Т.А. Тенденции изменения вызванной сейсмичности при продолжительным сильным антропогенном воздействии.....	194
Тазова В.А.*, Финогенова А.А., Шарипова Д.И. Симбиоз технологий и биоразнообразия: снижение углеродного следа ЦОД в Сясьстрое через интеграцию с питомником, теплицами и фотобиореакторами	198
Шаталова А.С.*, Белов Д.А. Применение микрофлюидных устройств для моделирования пористых структур подземных сред	202
Юрова Ю.Д.*, Широкова В.А., Тарасов А.Е. Актуализация геоэкологической научно-информационной базы бассейна р. Осётр по результатам экспедиционных исследований 2021-2024 гг.....	206
Нгуен Ч.Н. Оценка ситуации стихийного бедствия в провинции Шонла, Вьетнам в период 2011-2024 гг.....	210
Сосна Е.М.*, Хлебосолова О.А. Перспективы создания информационно-аналитических баз данных для оценки деятельности ООПТ по мониторингу окружающей среды (на примере заповедников Мурманской области)	214
Степанова М.В.*, Экзарьян В.Н. Алгоритм проведения мониторинговых наблюдений и составление прогнозов процесса переработки берегов равнинных водохранилищ	218
Абрамян А.Г.*, Слащева А.В. Анализ влияния сточных вод на экологическое состояние Красноярска.....	222
Алабужев Г.А.*, Экзарьян В.Н. Экологические и экономические аспекты использования биогазовых комплексов	226
Бердников И.И.* Получение экологически чистой энергии путём пассивного использования мощностей механизмов-потребителей ископаемого топлива. Концепция «постэнергии» ...	230
Волохо И.Г., Рукавицын В.В. Исследование концентрации хлорофилла «а» в воде с помощью данных дистанционного зондирования	234
Давлетов З.Е.* Применение штамма дрожжей <i>Yarrowia lipolytica</i> в нефтедеструкции	238
Донецков А.А.*, Рукавицын В.В. Разработка алгоритма проведения комплексной геоэкологической оценки городских территорий (на примере г. Южно-Сахалинска)	241
Карагулов Ч.А.*, Слащева А.В. Анализ природоохранных мероприятий при освоении нефтяных месторождений	245
Коваль А.Д.* Разработка программы геоэкологического мониторинга на территории ПЗРО (на примере ФГУП «РАДОН»)	249
Курнева В.М.*, Буфетова М.В. Перспективы развития Астраханского газоперерабатывающего завода в рамках климатической доктрины России.....	253
Мазур А.И.*, Экзарьян В.Н. Геоинформационные технологии как метод моделирования процессов затопления.....	257
Мамедова С.А.*, Абрамова Е.А. Методологические аспекты комплексной оценки земельных ресурсов и проведение мониторинга земель: на примере Воронежской области	261
Овсов Д.А.*, Щерба В.А. Геоэкологическая оценка степени загрязнения почв Кисловодска тяжелыми металлами	265
Павлюков Д.А.*, Рукавицын В.В. Оценка динамики состояния растительного покрова, загрязненного нефтепродуктами, с помощью методов дистанционного зондирования Земли.....	269
Пискунов А.С.*, Хлебосолова О.А. Апробация эффективности формирования почвенно-растительного покрова для рекультивации хвостохранилищ в пгт Никель	273
Пичугин Р.В.*, Хлебосолова О.А. Оценка деградации растительности и почв Московской области с применением методов дистанционного зондирования	277
Шорников В.Ю.*, Абрамова Е.А. Экологические последствия загрязнения нефтепродуктами прибрежных районов на примере Туапсинского района.....	280

Савушкина Е.Ю.*, Абрамова Е.А.* Опыт применения метода оценки устойчивости природных сред в курсе Ландшафтоведение для студентов-экологов	284
Алешко Д.Р.*, Хлебосолова О.А., Шепелев А.А. Экологические исследования в контексте развития добывающей отрасли морей Арктической зоны РФ.....	288
Валеева К.А.*, Экзарьян В.Н. Особенности геоэкологических условий территории парка «Долина реки Шмелёвка» и оценка влияния благоустройства парка на окружающую среду.....	292
Ермашова Д.В.*, Буфетова М.В. Оценка степени загрязнения вод Амурского и Уссурийского заливов ртутью.....	296
Коркина Н.А.* Загрязнение почв тяжелыми металлами и бенз(а)пиреном в районе Марьино г. Москва.....	300
Королькова А.И.*, Иванов А.А. Использование спектральных индексов для оценки состояния вод Авачинской бухты.....	304
Куканков В.В.*, Буфетова М.В. Содержание биогенных элементов (P, N, SiO ₄) в воде Черного моря в 2008-2023 гг.	308
Пастушкова А.А.*, Лаврусевич А.А. Геоэкологические аспекты инженерно-экологических изысканий по объекту: «Гостиничный комплекс» в г. Дербент	313
Рифферт И.С.*, Щерба В.А. Оценка качества атмосферного воздуха на примере г. Астаны и г. Алматы.....	318
Фомичева М.В.*, Экзарьян В.Н. Оценка естественной защищенности грунтовых вод на территории нефтегазоконденсатного месторождения о. Сахалин	322
Черняева Д.В.*, Экзарьян В.Н. Оценка влияния шламонакопителя на водные объекты северной части о. Сахалин.....	326
Ширяев Е.А.*, Щерба В.А. Геоэкологическая оценка состояния компонентов окружающей среды в городском округе Красногорск	330
Володченко А.С., Быстров А.А.*, Савушкина Е.Ю. Оценка экологического состояния почвенного покрова г.о. Электросталь (по результатам биотестирования и МЭД-съёмки)..	335
Жуков А.В.*, Савушкина Е.Ю. Река Смолка как один из источников загрязнения Городянского (Москворецкого) бассейна	339
Маркин С.П. Охрана видов семейства Магнолиевые (Magnoliaceae) в России и в мире: географические и экологические аспекты	343

СЕКЦИЯ 5. ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Состояние и перспективы эколого-геохимических исследований

Вольфсон И.Ф.* (Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов, ФГБУ «ИМГРЭ», rosgeo@yandex.ru),
Спиридонов И.Г. («ФГБУ «ИМГРЭ», imgre@imgre.ru),
Бобков Р.А. («ФГБУ «ИМГРЭ», bobkov_roman@list.ru)

Аннотация

Разнообразие особенностей геологического строения земной коры, важность их изучения для жизнеобеспечения, создания и развития экономического потенциала, безопасности государств и стран общепризнаны и изучаются с давних времен. Однако особенности химического состава геологических формаций, их проявлений на поверхности Земли и обусловленный этим обстоятельством практический интерес проявились много позже, когда стала очевидной связь между химическими элементами, содержащимися в геологических формациях, с различными отраслями деятельности человека: сельское хозяйство (плодородие почв, разнообразие лесной растительности, здоровье домашних животных и человека), позднее изучение и добыча минерально-сырьевых ресурсов, загрязнение окружающей среды промышленными предприятиями и, как следствие, установление экологических стандартов качества воды и состояния земель для планирования землепользования.

Ключевые слова

Экологическая геохимия, компоненты окружающей среды, техногенное загрязнение, компоненты природной геологической среды

Теория

Научное направление «экологическая геохимия» имеет глубокие корни в нашей стране. Первостепенное внимание построению фундаментальных основ экологической геохимии и их применению на практике уделялось замечательными учеными-геохимиками России академиком В.И. Вернадским, его последователями А.П. Виноградовым, В.В. Ковальским, Ю.Е. Саеком и многими другими известными деятелями науки, включая представителей медико-биологических и других естественнонаучных дисциплин. Теоретические основы экологической геохимии, ее основные понятия, объект и предмет, важнейшие исходные положения, цель и задачи изложены в работах [1, 2], в которых показано, что экологическая геохимия – как научная дисциплина – является частью биогеохимии и научно изучает историю химических элементов в биосфере в условиях проявления биогеохимических функций человечества

Важное научное и практическое значение при создании научно-методических основ эколого-геохимических исследований представляли научные труды сотрудников ФГБУ «ИМГРЭ»: Ю.Е. Саека «Геохимия окружающей среды» (1990), В.В. Иванова «Экологическая геохимия» (1994-1997 гг.), монографии А.А. Головина, И.А. Морозовой и др. (1996, 2000), В.И. Морозова и др. (2006), а также ряд нормативно-методических документов, созданных под руководством Ю.Е. Саека (Методические рекомендации по геохимической оценке территории городов, поверхностных водотоков, источников загрязнения окружающей среды, 1982).

ИМГРЭ, как головной научно-исследовательский институт в отрасли по разномасштабным геохимическим работам и воспроизводству минерально-сырьевой базы редких элементов, стал одной из ведущих организаций в России по геолого-геохимическим

методам при оценке загрязнений и охране окружающей среды. В Институте были впервые составлены эколого-геохимическая карта крупного города - г. Москвы (м-б 1:10 000, 1978 г.), карта эколого-геохимической оценки территории России (м-б 1:5 000 000, 1998 г.). В 1992 г. разработана и внедрена технология многоцелевого геохимического картирования (МГХК); к 2012 г. создана эколого-геохимическая карта м-ба 1:1 000000 на 61,5% территории России.

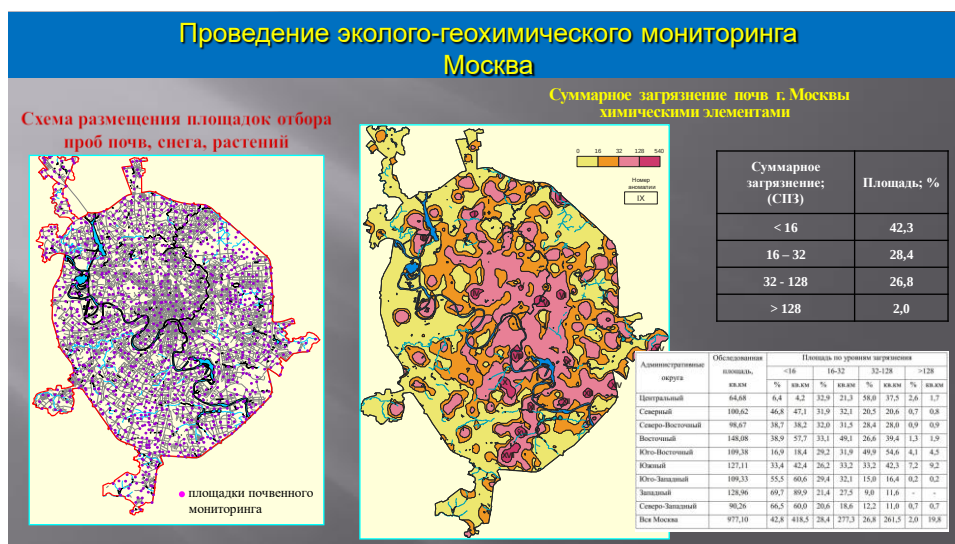


Рисунок 1. Пример визуализации результатов эколого-геохимических исследований урбанизированной территории

Современное состояние эколого-геохимических исследований

Значителен успех эколого-геохимических исследований, проводимых предприятиями, подведомственными Роснедра. В частности ФГБУ «ИМГРЭ» осуществляет работы по эколого-геохимическому картированию в рамках создания Геохимических основ Государственных геологических карт мелкого и среднего масштаба на территории суши Российской Федерации. В результате этих исследований создаются эколого-геохимические карты масштаба 1:1000000 и 1:200000. Объектами картографирования и оценки являются зоны загрязнения компонентов природной геологической среды (ПГС) – почв, донных отложений. Основными исходными материалами эколого-геохимических исследований служат аналитические данные результатов геохимического опробования компонентов ПГС. Целью создания эколого-геохимических карт является оценка экологического состояния территории страны.

Изученность территории суши России мелкомасштабными эколого-геохимическими работами весьма существенна и однородна. На текущий момент эколого-геохимическими исследованиями мелкого масштаба покрыто 12095 тыс.кв.км, что составляет 70,6% территории суши России. По состоянию на июнь 2024 г. составлено 122 эколого-геохимические карты масштаба 1:1000 000. В процессе работы совершенствуются имеющиеся и разрабатываются новые методические подходы к оценке состояния эколого-геохимической изученности территории Российской Федерации, по эколого-геохимической оценке территорий хозяйствования, ведутся исследования по оценке экологического состояния участков недр при геологоразведочных работах и последующей эксплуатации [3].

В недалеком прошлом были начаты работы по созданию геохимических атласов субъектов Российской Федерации. В настоящее время готов к тиражированию Геохимический атлас Самарской области. Для актуализации и увязки результатов эколого-геохимических

работ, проведенных в разные годы, составляются фрагменты бесшовной эколого-геохимической карты масштаба 1:1000000 на отдельные участки территории страны. Создана карта эколого-геохимического районирования Арктической зоны Российской Федерации масштаба 1:10 000 000.

ФГБУ «ВНИИОкеангеология» проводит работу по созданию геоэкологической основы для последующей организации мониторинга состояния недр в прибрежно-шельфовых зонах морей Российской Федерации в связи с их интенсивным хозяйственным освоением.

ФГБУ «Гидроспецгеология» осуществляет оценку качественного состояния подземных вод по данным мониторинга состояния недр; разрабатывает комплекс мероприятий по защите окружающей среды от жидких токсичных промышленных отходов.

В Естественнонаучном институте Пермского государственного национального исследовательского университета разрабатываются научно-методические основы решений, связанных с защитой окружающей среды, рекультивации нарушенных земель и мест складирования отходов, перспективами вторичного использования отходов калийной промышленности.

Инновационные решения в изучении геохимических особенностей тканей высших животных и применением результатов исследований в создании системы эколого-геохимического мониторинга территорий Сибири и Дальнего Востока разрабатываются сотрудниками Отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов Томского политехнического университета.

Эколого-геохимические особенности почв урбанизированных и горнопромышленных территорий исследуются сотрудниками томских НИИ и вузов -Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН и Отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов Томского политехнического университета. Инновационные подходы в изучении минералого-геохимических особенностей пылегрязевых осадков на территориях городов и промышленных центров разрабатываются в Институте промышленной экологии УрО РАН в г. Екатеринбурге. Активную работу по исследованию эколого-геохимических особенностей почв, вод и донных отложений озер, рек и закрытых водоемов проводят научные центры и ВУЗы Москвы, Апатитов, Якутска, городов Северо-Западного, Уральского, Сибирского и Дальневосточного федеральных округов.

Перспективы эколого-геохимических исследований

Перспективы эколого-геохимических исследований связаны с уточнением и корректировкой нормативных значений ПДК для тяжелых металлов с учетом региональных особенностей и специфики почвенного покрова, состава донных отложений. При разработке планов проведения исследований необходимо обеспечивать государственный контроль за деятельностью всех лицензированных частных предприятий, осуществляющих инженерно-изыскательские работы, в том числе за качеством работы связанных с ними лабораторий.

Для более достоверной оценки экологической ситуации и рисков, связанных с загрязнением почв тяжелыми металлами, предлагается использовать средние региональные значения концентраций этих металлов, что позволит получить более информативные оценки для разработки эффективных природоохранных мероприятий и стратегий управления качеством почв. В основу системы оценки и нормирования качества вод предлагается использовать биодоступность элементов для живых организмов.

Проведение эколого-геохимических исследований требует применения принципов искусственного интеллекта и современного программного обеспечения, аккумулирующих результаты экологического мониторинга и обеспечивающие экологическую безопасность особо опасных объектов, в том числе хвостохранилищ горнодобывающих предприятий. Мониторинг природной среды должен осуществляться на всех этапах от проведения ГРП до

отработки месторождений, в период ликвидации горного и нефте-газо-разведочного производства и выполнения рекультивации нарушенных земель, после завершения рекультивации и вплоть до полной стабилизации ситуации на участке. На очереди проведение исследований, направленных на изучение динамики поведения загрязняющих веществ в зависимости от изменений климата, уровня антропогенной нагрузки и особенностей гидрогеохимического цикла в каждом конкретном регионе.

Выводы

Проводимые в настоящее время эколого-геохимические исследования показывают необходимость разработки и создания научно-методических основ мониторинга состояния здоровья профессионалов и населения, осуществляющих трудовую деятельность и проживающих в сложных климатических условиях, находящихся под постоянным воздействием геологических объектов и процессов на территориях рудной металлогении и нефтегазоносности, в границах перспективных объектов геологоразведочных работ и предприятий горнодобывающей промышленности, металлургии и нефтегазовой отрасли [4, 5]. Результаты эколого-геохимических исследований служат основанием для проведения медико-экологического и социально-экономического анкетирования населения в целях содействия выработке конструктивных решений лицами, занятыми разработкой основ экологической политики и создания стратегий экономического развития регионов России.

Библиография

1. Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. М.:Недра, 1990. 194 с.
2. Спиридонов И.Г., Левченко Е.Н., Бобков Р.А., Вольфсон И.Ф. Актуальные проблемы экологической геохимии // *Разведка и охрана недр*. 2021. №10. С. 40-45.
3. Спиридонов И.Г., Левченко Е.Н.: Минералого-геохимические критерии оценки экологической опасности горнопромышленных территорий: метод.рекомендации НСОММИ № 200. М.: ВИМС, 2020. 53 с.
4. Вольфсон И.Ф. Медико-экологические аспекты многоцелевого геохимического картирования// *Разведка и охрана недр*. 2022. № 2. С. 56-61.
5. Бобков Р.А., Вольфсон И.Ф. Актуальные задачи геохимических исследований на территориях экологического риска и пути их решения // *Разведка и охрана недр*. 2022. № 11. С. 65 – 74. DOI 10.53085/0034-026X_2022_11_65.

Оценка экологического состояния древостоев Ленинского района г. Минска

Гриц Я.А. (Белорусский государственный университет, yanagrits2000@gmail.com),
Рондак У.А. (Белорусский государственный университет, rondakulyana@gmail.com)*

Аннотация

В работе представлены результаты оценки экологического состояния древостоев зелёных насаждений общего пользования территорий Ленинского района г. Минска. Исследование проведено с использованием полевого, картографического, статистического и сравнительно-географического методов. Обследовано 565 деревьев на 23 площадки в границах 6 парков, 14 скверов и 3 бульваров. Полученный набор дендрометрических показателей позволил произвести расчёт индекса жизненного состояния древостоев в рамках заложенных площадок. Оценка показала, что большинство (48%) древостоев являются повреждёнными. Полученные данные позволили предложить меры по оптимизации системы озеленения г. Минска.

Ключевые слова

Экологическое состояние древостоев; экологический мониторинг; жизненное состояние древостоев; зелёные насаждения; озеленение общего пользования

Источники финансирования

Исследование выполнено в рамках гранта Министерства образования Республики Беларусь №20241151 833/66 «Пространственный анализ системы озелененных территорий урболандшафтов г. Минска и направления её оптимизации».

Теория

В современном мире основная масса населения планеты сконцентрирована в городах, ведь именно урбанизированные пространства являются крупнейшими центрами экономики, науки, культуры и социальной активности [7]. При всех своих положительных сторонах, городская среда несёт в себе ряд отрицательных аспектов, негативно сказывающихся на состоянии людей. В городах наблюдается химическое загрязнение мобильными и стационарными источниками, физическое загрязнение (с подразделением на световое, шумовое, температурное и др.), невысокие эстетические характеристики пространства, пониженный рекреационный потенциал, а также целый ряд маркеров психологического давления – ускоренный ритм жизни, перенасыщение информацией, одиночество [4].

Именно поэтому среди актуальных стратегий градостроительного развития наблюдается потребность в формировании экологически устойчивых и при этом экономически процветающих и социально справедливых городов. Достигается эта цель посредством создания эффективной системы городского озеленения и поддержания её в надлежащем состоянии. Это возможно именно благодаря многофункциональности растительного покрова: возможности выполнять санитарно-гигиенические, структурно-планировочные, декоративно-художественные, рекреационные и прочие функций [5].

Объектом данного исследования является самая крупная урбанизированная территория Беларуси – город Минск. Ключевым участком исследования выбран один из 9 административных районов города – Ленинский, на территории которого проживает 214,7 тыс. человек – около 10,8% жителей столицы [6]. Экологическая обстановка района преимущественно формируется под воздействием мобильных источников загрязнения – выбросов автотранспорта, на которые приходится 84,5% всех атмосферных поллютантов города [2]. При этом 15,5% загрязнения населённого пункта принадлежит стационарным

источникам: на территории Ленинского района расположено 14 крупных промышленных предприятий. Помимо химического загрязнения влияние упомянутых источников в совокупности с обилием искусственных поверхностей также являются причиной формирования городского острова тепла и повышенного шумового фона. Всё это неблагоприятным образом сказывается как на здоровье местных жителей, так и на компонентах природной среды – в первую очередь на древесных насаждениях.

В качестве предмета исследования были выбраны древостои (совокупности деревьев) озеленённых территорий общего пользования Ленинского района. Озеленение общего пользования представляет собой насаждения, доступные для всех жителей – именно поэтому данный тип озеленения имеет наибольшую рекреационную ценность для горожан. К таким озеленённым территориям в границах исследуемого района относятся 5 парков, 14 скверов и 3 бульваров, общая площадь которых составляет 330 га. Показатель обеспеченности жителей района озеленёнными территориями здесь равен 15,4 м²/чел при норме 8-10 м²/чел [3]. Хотя показатель и превышает рекомендуемый норматив, озеленённые территории в границах района расположены неравномерно – основная масса наиболее крупных участков насаждений приурочена к долине реки Свислочь и Чижовскому водохранилищу. При этом на территории жилой застройки насаждения практически отсутствуют или же представлены небольшими скверами. Общая озеленённость территории района составляет всего 12,7% при нормативе 25% [3]. Подобная ситуация означает, что необходимо поддерживать существующие насаждения в благоприятном состоянии, чтобы растения могли эффективно выполнять свои функции.

Именно поэтому в границах Ленинского района в летний период 2024 года была проведена оценка экологического состояния древостоев озеленённых территорий общего пользования. Изучено 23 участков древостоев, в границах каждого из которых было случайным образом отобрано минимум 30 наиболее репрезентативных деревьев из преобладающих в общей структуре насаждений. Всего было изучено 565 деревьев как хвойных, так и лиственных пород, причём с преобладанием липы мелколистной, берёзы пушистой и клёна остролистного. Оценка их экологического состояния проведена с помощью анализа ряда дендрометрических показателей: степень изреженности кроны (количество просветов в процентах), наличие усыхания хвои и ветвей, цвет хвои, окорение ствола, наличие трещин и других механических повреждений (рисунок 1).

По совокупности данных признаков был произведён расчёт индексов относительного жизненного состояния древостоев по формуле [1]:

$$L_n = (100n_1 + 70n_2 + 40n_3 + 5n_4) / N, \quad (1)$$

где: L_n – относительное жизненное состояние древостоя;

n_1 – количество здоровых деревьев;

n_2 – ослабленных;

n_3 – сильно ослабленных;

n_4 – усыхающих;

N – общее количество деревьев (включая сухостой).

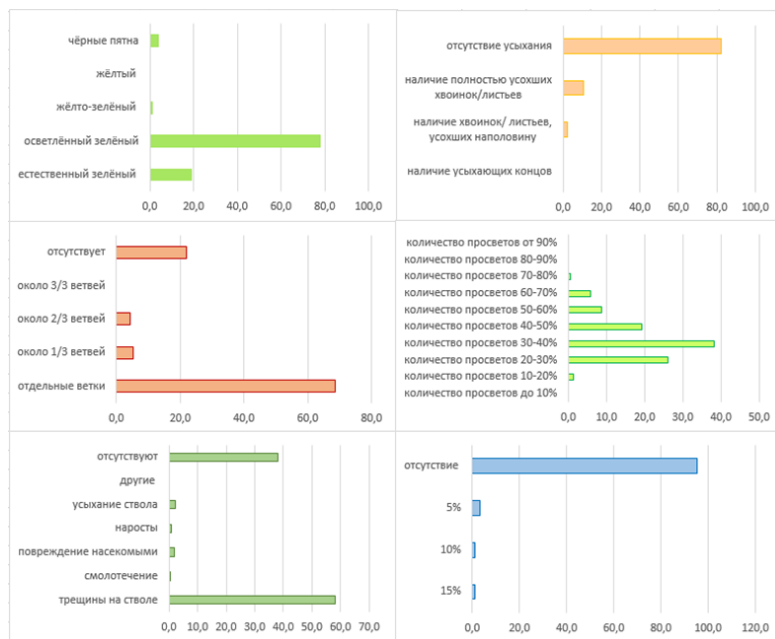


Рисунок 1. Дендрометрические показатели обследованных деревьев на территории Ленинского района г. Минска: а – цвет листьев (хвои); б – усыхание листовой (хвои); в – усыхание ветвей; г – изреженность кроны; д – механические повреждения; е – окорение ствола

Дальнейшее отнесение насаждений к категориям жизненного состояния осуществляется на основе модифицированной шкалы В. А. Алексеева [1].

Полученные результаты расчетов показали, что состояние древостоев на исследуемых площадках (1-23) Ленинского района соответствует различным индексам и определенным категориям. Всего было выявлено три группы насаждений: 17% ослабленных, 48% поврежденных и 35% сильно поврежденных. Участки, оцениваемые как здоровые, здоровые с признаками ослабления и разрушенные, отсутствуют. В целом, анализ полученных результатов показал, что экологическое состояние древостоев Ленинского района г. Минска в целом оценивается как неудовлетворительное в связи с отнесением большинства обследуемых древостоев к поврежденным и сильно поврежденным и отсутствием территорий со здоровыми древостоями.

Выводы

Таким образом, по результатам исследования экологического состояния древостоев озеленённых территорий Ленинского района г. Минска их состояние оценивается как неудовлетворительное. Основной проблемой является жизненное состояние: большая часть древостоев находится в поврежденном и сильно поврежденном состоянии.

На основе данных полевых исследований рекомендовано провести санитарно-гигиенические работы: в сквере по адресу проспект Рокоссовского, 77 в границах улиц Рокоссовского и Плеханова. Здесь основной проблемой является преобладание неустойчивых к городским поллютантам видов растений – в первую очередь каштана конского, который здесь находится в угнетённом состоянии с множественными повреждениями коры и вредителями. Также была замечена необходимость обеспечения возрастного разнообразия в сквере «Тополиная роща», находящегося в центральной части района на пересечении двух крупных автомобильных дорог. В прилегающем к Чижовскому водохранилищу парке имени

Н. Грековой необходимо обновление деревьев в насаждении яблонь, которые находятся в очень угнетённом состоянии в связи с возрастом.

Проведение подобного мониторинга показало необходимость повторения данного мероприятия на регулярной основе. Полевая оценка позволяет выявить проблемы в экологическом состоянии древостоев и разработать конкретные пути их устранения, а также определить наиболее точный алгоритм ухода за насаждениями.

Библиография

1. Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–67.
2. Государственный кадастр атмосферного воздуха: информационный бюллетень 2020 г. // Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Бел НИЦ «Экология». 2021. 34 с.
3. Градостроительство. Населённые пункты. Нормы планирования и застройки // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W01833598p&p1=1>. (дата обращения: 26.02.2025)
4. Социально-психологические проблемы устройства городского пространства / Л. В. Соловей, М. И. Ковалёва // Историческая и социально-образовательная мысль. 2017. Т. 9. №4/2. С. 147–152.
5. Функции зелёных насаждений городов в обеспечении целей устойчивого развития / Д. В. Жучков, Д. М. Фетисов, В. П. Макаренко // «Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема». 2023. № 2(51). С. 38–60.
6. Численность населения на 1 января 2024 г. и среднегодовая численность населения за 2023 год по г. Минску в разрезе районов. // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. URL: <https://minsk-city.belstat.gov.by/upload/iblock/d9e/u27cxt50ci7wddsf7b2mrpfcdyqm2qbu.pdf> (дата обращения: 26.02.2025).
7. Rescuing SDG 11 for a Resilient Urban Planet // United Nations Human Settlements Programme. 2023. URL: https://unhabitat.org/sites/default/files/2023/07/sdg_11_synthesis_report_2023_executive_summary_final.pdf (дата обращения: 26.02.2025).

Использование отходов горного производства для пищевых, медицинских целей и технологических нужд

Насыров А.А.* (МГРИ, nasyrova@mgri.ru),
Вольфсон И.Ф. (ФБГУ «ИМГРЭ», rosgeo@yandex.ru)

Аннотация

В связи с огромным количеством отходов горнодобывающей и перерабатывающих отраслей, активными поисками решений по их переработке и утилизации, качественным развитием экспресс-аналитической аппаратуры, возникает возможность более активного вовлечения отходов в повторную переработку исходя из полученных данных их анализов. В этом случае интересно рассмотреть возможность использования химических элементов и микроэлементов отходов для производства добавок в пищевые продукты, лекарственные препараты, а также их использования в различных технологических процессах, сопровождающих работу горного предприятия.

Ключевые слова

Отходы горного производства, загрязнение окружающей среды, микроэлементы, биомедицина

Теория

Немыслимое, с точки зрения нормального химико-биологического процесса оборота веществ, задуманного природой планеты Земля, быстрорастущее количество отходов производств, обусловленное нерентабельностью их массового использования, создает опасные экологические прецеденты и напрямую угрожает здоровью биоты Земли (рис.1, 3). Наибольшую долю в общем объеме отходов занимают отходы горнодобывающей и перерабатывающей отраслей (рис.2, 4).

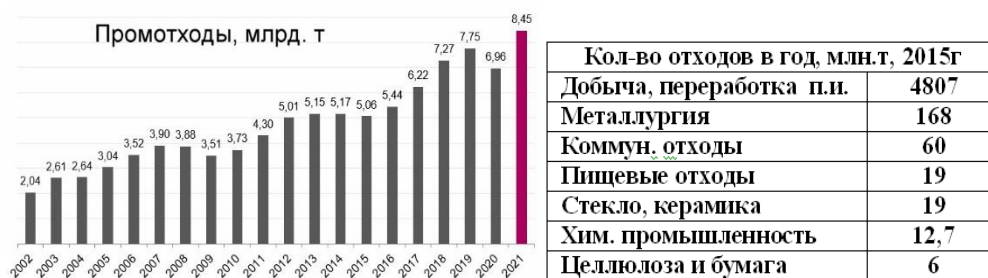


Рисунок 1. Рост промышленных отходов России Рисунок 2. Доля отходов горной пром-ти



Рисунок 2. Методы утилизации отходов, % Рисунок 4. Объемы отходов по округам

Наблюдаемый в последние десятилетия рост заболеваний людей, животных, растений, в т.ч. онкологических, напрямую связан с вызывающими дисбаланс элементов и микроэлементов загрязнениями воздуха, гидросферы, почвы отходами, авариями, превышениями ПДК, ПДС и ПДВ различных производств. Основная часть загрязнений вод приходится на горную промышленность [1].

Пища, которая является основой здоровья биоты, также оказывается загрязнена химическими элементами и соединениями, поступающими из отходов. При этом немалую роль в образовании трудновыводимых из биоматериалов канцерогенов играют консерванты. При добавлении консервантов и стабилизаторов в уже обладающую набором загрязняющих веществ пищу, смесь химических элементов и соединений становится еще более трудновыводимой и смертельно опасной по своим концентрациям и воздействию.

Как известно, пища приносит пользу биоте только при определенном и сбалансированном микроэлементном составе. Этот состав должен явиться эталоном для определенного вида пищевого продукта или добавки, в т. ч. и в ветеринарии. Региональные колебания содержания химических элементов в пище должны приобрести законодательный характер. Для этого необходимо разработать таблицы содержаний элементов и микроэлементов в пищевых продуктах с допустимыми отклонениями в виде ГОСТов и рекомендаций [7,8]. Это создаст законодательную базу принуждения предприятий к их соблюдению.

Но где взять столь разнообразные элементы и микроэлементы для разного вида пищевых, лекарственных и иных применений? Ответ прост – почти все их запасы уже добыты людьми, готовы к использованию и находятся в отвалах и хранилищах отходов горнодобывающих и перерабатывающих производств. Надо просто начать их перерабатывать не с точки зрения извлечения из них остатков 1-5 п.и., как это принято сегодня, а с точки зрения технологической инновации при обращении с отходами – организации добычи элементов и микроэлементов из уже добытого из недр сырья.

Современные технологии позволяют рассматривать любой минерал, как совокупность наночастиц. Именно в соразмерности наночастиц выступают микроэлементы пищи, различных добавок, консервантов, загустителей, антисептиков, лекарств, витаминов, БАДов и т.д. На данном этапе развития различных биотехнологий нанопроизводство микроэлементов вполне становится реальностью. За последние 15 лет качество, скорость и детализация определения элементов и микроэлементов возросли очень значительно. Например, аналитическое химическое определение пробы насыпным объемом 10 см³ сегодня занимает всего десяток минут.

Речь в данном исследовании не идет о приготовлении искусственной пищи. Мы предлагаем провести элементный и микроэлементный анализ уже накопленных отходов и составить их региональные реестры по аналогии с формированием карт отходов, которое уже практиковалось у геоэкологов. После формирования региональных запасов элементов и микроэлементов, подсчет их запасов возможен в объеме страны. После этого станут понятными масштаб перевозок необходимого сырья к биокомбинатам, либо необходимость формирования мобильных биокомбинатов для наиболее эффективной схемы производства добавок-микроэлементов.

Конечно, существенные требования будут выдвигаться и к специалистам, осваивающим в будущем предлагаемое направление деятельности. Необходимо открытие новых специализаций, например горный инженер-химик по элементному анализу, горный инженер-эколог по биоэкологии горного производства, горный инженер-технолог по извлечению микроэлементов и т.д., и в этом плане МГРИ может стать первым вузом в мире, готовящим специалистов или бакалавров по данному направлению. Все перечисленные специальности могут быть усилены знаниями студентов в области медицинской геологии -

актуального направления естественных наук, всесторонне изучающего влияние геологических объектов, явлений и процессов на здоровье человека, животных, растений и биоты в целом [3].

На предлагаемой современной платформе извлечения из недр не полезных ископаемых, а элементов и микроэлементов, горнодобывающие и горно-перерабатывающие комбинаты можно рассматривать и как технобиологические производства. Это расширит функции комбинатов, сделает технологии извлечения более утонченными, более технологичными, более комплексными, намного менее отходными (отходов как таковых, практически не будет), намного более прибыльными.

Часть горного сырья, оставшаяся в процессе извлечения элементов, может передаваться в строительную часть горного комбината для выпуска стройматериалов [6]. Строительные материалы и изделия из них будут иметь соответствующие сертификаты, в т.ч. с микроэлементным анализом, исключающих в дальнейшем их вредное воздействие на человека, биоту и окружающую среду. Это позволит после определенного срока эксплуатации осуществлять вовлечение стройматериалов в повторную переработку.

Таким образом, необходимость подхода к добыче из недр элементов и микроэлементов, а не полезных ископаемых, как принято на сегодняшний день, кардинально меняет «картину» извлечения полезных веществ и открывает массу возможностей для восстановления уникальных первоначальных ландшафтов земельных отводов месторождений с помощью глубокой рекультивации [5].

Для деструкции отвалово-шламового хозяйства горнодобывающего или перерабатывающего комбината, как известно, требуется огромное количество электрической и тепловой энергии. Стоимость сетевой электроэнергии растет каждый год не менее чем на % инфляции (4-8%). При элементной и микроэлементной добыче необходимо будет обеспечить разделение вещества на наночастицы, что весьма энергозатратно. Видится 2 пути повышения энергоэффективности извлечения элементов: а. - перевод питания горного комбината на современные мобильные мини атомные реакторные установки, или б. - дополнительное использование теплоэлектрогенераторов за счет сжигания с топливом части добытых химических элементов в тепловых котлах в качестве дополнительных объемов горючего и окислителя. Учитывая огромные объемы отходов, это сможет ощутимо повысить энергоэффективность функционирования комбината.

Таким образом, обеспечив необходимую энерговооруженность горному микропроизводству, можно приступить к внедрению на нем частично замкнутого оборотного водоснабжения с долей воспроизводства водных ресурсов до 90%. Наличие возможности микроэлементного анализа и контроля позволит высокоэффективно очищать водные ресурсы и сточные воды предприятий от примесей загрязняющих и опасных для здоровья веществ. Это позволит осуществлять производство элементно стандартизированной питьевой [4] и технической воды в существенных количествах, что вполне возможно с учетом наличия обязательных водосборников для осушения месторождения при его отработке и при переработке п.и.

При накоплении на комбинате значительных запасов вод для технических нужд с соответствующим составом, возможно использование зарыбления определенных водоемов для получения дополнительных объемов питьевой воды. Микроэлементы корма при этом могут частично производиться на данном комбинате.

Имея богатую элементную базу, горнодобывающие и перерабатывающие предприятия также могут стать надежными и успешными базовыми агломерациями-производителями различных химических элементов, пищевых добавок, лекарств, удобрений, химикатов, редкоземельных металлов, химически особо чистых реактивов, лакокрасок, компонентов и присадок топлива, биохимических силикатов [2] и наноматериалов, не зависящими от

внешних санкций, и, что особенно ценно, обладающих автономностью в сложившихся условиях работы экономики России.

С экономической точки зрения, сырье для производства элементов из отходов горного производства уже поднято с глубин на поверхность ценой немалых затрат, а во многих случаях и дезинтегрировано, что тоже связано с большими, уже оплаченными предприятием расходами. Таким образом, себестоимость извлекаемых элементов и микроэлементов будет приемлемой, а цена - конкурентоспособной.

Вопрос обширного оперативного элементного и микроэлементного опробования различных опасных для доступа человека горных объектов, отвалов, отстойников и хранилищ, в текущих условиях успешно может быть решен беспилотными летательными аппаратами, развитие и технологические возможности которых прекрасно видны из практического применения современных БПЛА.

Выводы

1. Создание новых форм горнодобывающих и перерабатывающих производств существенно повысит объемы использования отходов горного производства.
2. Структура современного горнодобывающего и перерабатывающего производства должна становиться кластерной (с пищевой, медицинской, химической, лакокрасочной, редкоземельной и т.д. направленностью).
3. Комплексность освоения недр и водных ресурсов месторождений и их отходов кластерными горными комбинатами снизит экологическую нагрузку.
4. Организация элементных и микроэлементных производственных кластеров создаст новые разнопрофильные рабочие места, решив навсегда проблему моногородов. Прибыль от работы кластеров создаст финансовую возможность осуществлять глубокую рекультивацию нарушенных земель.

Библиография:

1. Батаршин В.О. и др. Проблемы загрязнения водного бассейна в горно-промышленном производстве // Современная техника и технологии. 2017. № 1
2. Вольфсон И.Ф. Нерудные полезные ископаемые в решении прикладных геоэкологических задач // Разведка и охрана недр. 2013. № 9. – С. 62-67.
3. Вольфсон И.Ф. Медицина и геология: на пути к взаимопониманию // Разведка и охрана недр. 2023. № 1. – С. 38-43. – DOI 10.53085/0034-026X_2023_01_38.
4. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. М., 1998.
5. Лобовиков А.О. и др. Эколого-экономические проблемы рекультивации Кизеловского угольного бассейна// Транспорт. Транспортные сооружения. Экология, 2016. – №2. – С. 74-88
6. Федюк Р.С. и др. Высвобождение земель золоотвалов в результате применения золы в строительстве // Сборник трудов Всероссийской молодежной научно-практической конференции. НИТПУ, 2015. – С. 191-194
7. <https://foodnutrients.ru> Интерактивная таблица содержания веществ в продуктах.
8. <https://fitaudit.ru> Помощник в вопросах питания.

Разработка сорбционных инъекционных композитов на полимерно-минеральной основе для создания проницаемых барьеров

***Журавлев А.А. * (МГРИ, anton.zhuravlev.0202@mai.ku),
Румянцева А.О. (ИГЕМ РАН, rumyantseva.anastasia2017@yandex.ru),
Ефимов Е.Д. (МГРИ, chemtastrophy@gmail.com),
Белоусов П.Е. (ИГЕМ РАН, pitbl@mail.ru)***

Аннотация

Данная работа посвящена разработке сорбционных инъекционных композитов на полимерно-минеральной основе. В ходе разработки были проведены модельные эксперименты на фильтрационных колонках в динамических условиях. Пропущенный через подобный фильтрационный барьер раствор позволил значительно уменьшить концентрацию свинца.

Ключевые слова

Сорбция, минеральные сорбенты, полимерные инъекции, фильтрация

Источники финансирования

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда, проект №22-77-10050.

Теория

В рамках исследования была разработана технология создания сорбционных инъекционных смесей (суспензий) на минерально-полимерной основе. Закачка подобных суспензий позволит создать защитный проницаемый слой между приповерхностными полигонами с отходами или загрязненными территориями и нижележащими грунтовыми водами. Состав смесей включал в себя тонкомолотые сорбенты и полимерные добавки. Добавление полимера в раствор на основе молотых сорбентов (цеолит, глауконит, вермикулит, опока) позволяет создать стабильную однородную суспензию с фильтрационными свойствами, в которой зерна минералов не оседают на дно емкости. Состав минеральной компоненты меняется в зависимости от задач и типа загрязнения.

Принцип применения подобных инъекций заключается в том, что суспензия нагнетается в грунт под давлением, создавая проницаемый барьер безопасности, защищающий экосистему от вредных воздействий (рис. 1).



Рисунок 1. Схема применения фильтрационных инъекций (слева) и экспериментальная фильтрационная колонка (справа)

К природным сорбентам относятся породы и минералы образующиеся в естественной геологической среде, структурные особенности которых придают им повышенные сорбционные свойства. К минеральным сорбентам относится довольно список минералов, в основном обладающих различными дефектами структуры, и как следствие – наличием не скомпенсированного отрицательного заряда в структуре минерала, в результате чего такие природные сорбенты обладают высокой емкостью катионного обмена по отношению к различным катионам металлов и органических соединений [1]. К этой группе в основном относятся глинистые минералы (сметиты, иллит, глауконит, вермикулит и т.п.) и цеолиты (клиноптиллолит, морденит, шабазит и т.п.) [2]. Отдельно выделяется группа силлицитов (диатомит, трепел, опока), механизмы сорбции на которых в основном связаны с наличием пористости и силанольных групп на поверхности минеральных зерен [3].

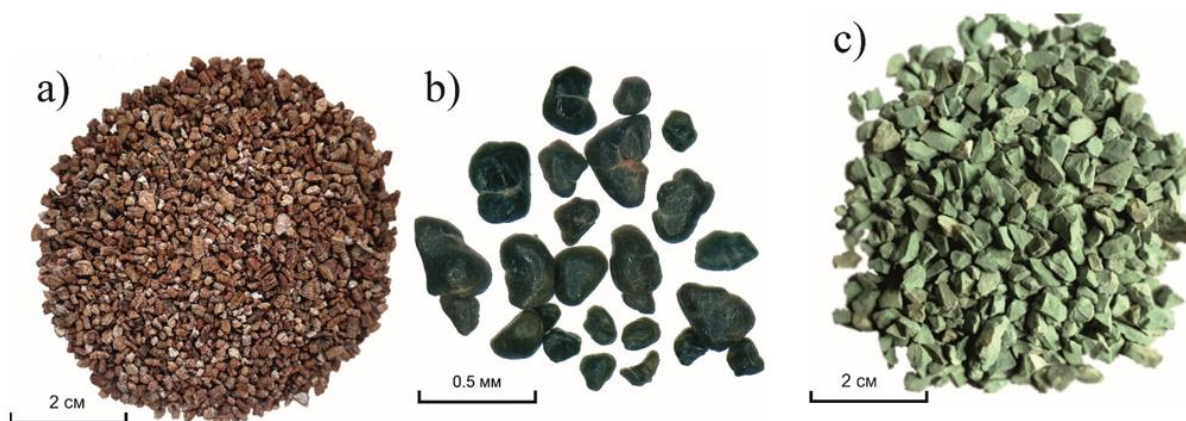


Рисунок 2. Природные сорбенты: а) Вермикулит, б) Глауконит, с) Цеолит [1]

Минеральные сорбенты (рис. 2) по своим свойствам делятся на две принципиально разные группы – противofiltrационные и фильтрационные сорбенты.

В противофильтрационном барьере относятся бентонитовые глины. За счет гидратации катионов в межслоевом пространстве глины, происходит внутрикristаллическое набухание и бентонитовая глина приобретает мощные гидроизоляционные свойства [4].

Фильтрационные сорбенты напротив, по своей структуре имеют пористое строение и легко пропускают через себя воду, очищая ее от вредных веществ. Использование подобных сорбентов позволяет создавать проницаемые барьеры безопасности.

В рамках данной работы были проведены модельные эксперименты в фильтрационных колонках. Эксперименты проводились в динамических условиях. В фильтрационную колонку засыпали речной песок и с заданной скоростью пропускали через него воду предварительно загрязненную нитратом свинца. Для наглядности был взят намеренно завышенная концентрация свинца - 1000 мг/л (ПДК содержания свинца в речных водах составляет 0.03 мг/л). Прошедший через колонку раствор отбирался с определенной периодичностью. Далее эксперимент был проведен повторно, однако, в песок был закачен фильтрационный инъекционный раствор. Остаточное содержание свинца в отобранных пробах воды определялось методом комплексонометрии.

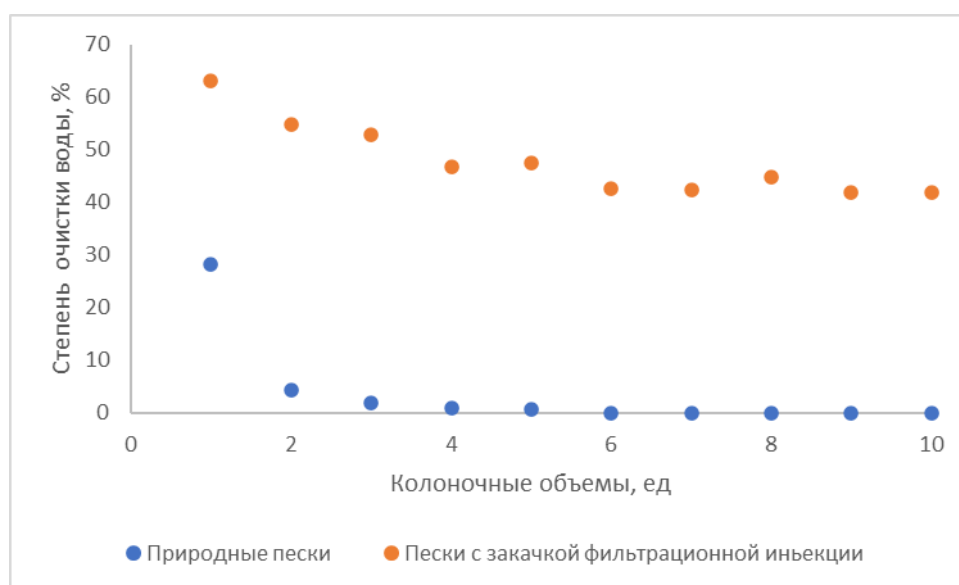


Рисунок 3. Результаты экспериментов

Проведенные эксперименты показали, что природный песок частично снижает уровень свинца в загрязненных водах, по-видимому, за счет его осаждения на поверхности минеральных зерен и за счет сорбции на природной примеси глинистых минералов (сметит, иллит). Однако уже через 3 колоночных объема свинец полностью перестал сорбироваться на песке. После введение сорбционной инъекции, уровень свинца в воде, прошедшей через колонку, значительно снизился (рис. 3).

Выводы

В результате проведенных исследований были разработаны сорбционные инъекционные композиты на полимерно-минеральной основе. Эксперименты показали, что после введение сорбционной инъекции, уровень свинца в воде, прошедшей через колонку, значительно снизился. Таким образом, проведенные эксперименты доказывают эффективность полученных сорбционных инъекционных композитов на основе природного сырья.

Библиография

1. Belousov P., Rumyantseva A., Kim K., Pokidko B., Milyutin V., Izosimova Y., Tyupina E. The use of natural filtration sorbents to solve the safety problems of industrial pollution facilities. *Reliability: Theory & Applications*. 2023. Iss. 5 (75). V. 18.
2. Belousov, P., Semenkova, A., Egorova, T., Romanchuk, A., Zakusin, S., Dorzhieva, O., Tyupina, E., Izosimova, Y., Tolpeshta, I., Chernov, M., & Krupskaya, V. (2019). Cesium Sorption and Desorption on Glaucinite, Bentonite, Zeolite, and Diatomite. *Minerals*, 9(10), 625. <https://doi.org/10.3390/min9100625>
3. Osmanlioglu, A.E. Natural diatomite process for removal of radioactivity from liquid waste. *Appl. Radiat. Isot.* 2007, 65, 17–20
4. Крупская В. В., Закусин С. В., Лехов В. А., Доржиева О. В., Белоусов П. Е., Тюпина Е. А. Изоляционные свойства бентонитовых барьерных систем для захоронения радиоактивных отходов в Нижнеканском массиве // Радиоактивные отходы. 2020. № 1 (10). С. 35—55. DOI: 10.25283/2587-9707-2020-1-35-55

Комплексная экологическая оценка территории при помощи методов дистанционного зондирования земли (на примере Российской части бассейна реки Паз)

Рукавицын В.В. * (МГРИ, rukavitsynvv@mgri.ru)

Аннотация

В статье представлена комплексная экологическая оценка российской части бассейна реки Паз с использованием материалов дистанционного зондирования земли. Исследования охватывают оценку рельефа, осадконакопления, гидрологической сети, видов ландшафтов, состояния лесов, а также загрязнения водных объектов и атмосферного воздуха. В результате исследований были выявлены главные источники загрязнения, оценено состояние экосистем и динамика изменений в окружающей среде при использовании дистанционного зондирования земли (ДЗЗ). Применение ДЗЗ способствует более эффективному мониторингу и принятию наиболее оптимальных решений для повышения устойчивости экосистем изучаемой территории.

Ключевые слова

Дистанционное зондирование земли, комплексная экологическая оценка, мониторинг окружающей среды, геоэкология

Теория

Охрана водных ресурсов и управление экосистемами становятся ключевыми для устойчивого развития. Река Паз, главная артерия заповедника «Пасвик», является уникальным объектом, включающим экологические, социальные и экономические особенности. Важность данного исследования обусловлена необходимостью анализа состояния реки и ее притоков в свете антропогенных факторов, таких как выбросы загрязняющих веществ от промышленности в городе Никель.

Цель исследования — комплексное экологическое обследование российской части долины реки Паз для выявления источников загрязнения и оценки их воздействия на экосистемы. Особое внимание уделяется данным, полученным через дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ), что позволило провести качественную оценку экосистем.

Объектом исследования служат природные и антропогенные воздействия на экосистему бассейна реки Паз, важного гидрологического ресурса заповедника «Пасвик». Река Паз, длиной 147 км [2] (54 км из которых проходят по заповеднику), является типичным примером озерно-речной системы Фенноскандии, начинающейся в озере Инари (Финляндия) и впадающей в Варангер-фьорд Баренцева моря, создавая условия для высокого биологического разнообразия.

Комплексная экологическая оценка территории проводилась путем использования материалов дистанционного зондирования земли. Были проведены следующие виды исследований: последовательная оценка рельефа, осадконакопления, гидрологической сети, видов ландшафтов, загрязнения водных объектов и атмосферного воздуха.

Для оценки рельефа использовалась цифровая модель рельефа ArcticDEM, на основе которой создавалась карта высот в программном продукте QGIS.

Гидрографическая сеть создавалась в расчетном образе при помощи инструмента g.stream.extract QGIS, обрабатывающего цифровую модель рельефа.

Осадконакопление определялось при помощи данных WorldClim [1], представляющих собой ежемесячные климатические данные по минимальной, средней и максимальной температуре, осадкам, солнечной радиации, скорости ветра, давлению водяного пара и общему количеству осадков.

Для отслеживания состояния ландшафтов и определения их видов использовался Продукт данных Terra and Aqua combined Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) Land Cover Type (MCD12Q1) Version 6.1. Он предоставляет собой глобальные данные о типах земельного покрова с годовыми интервалами.

Для оценки загрязнения воды были использованы специально обработанные данные Sentinel-2 для выявления хлорофилла и взвешенных веществ. Обработка осуществлялась при помощи ресурса Google Earth Engine.

Загрязнение атмосферы определялось при помощи обработки данных Sentinel-5 Tropomi (TROPOspheric Monitoring Instrument) в Google Earth Engine [5], который обеспечивает сбор данных о различных атмосферных компонентах, включая аэрозоли, монооксид углерода, формальдегид, диоксид азота, озон, диоксид серы и метан.

В результате исследования было определено следующее.

Рельеф местности представляет собой долину реки с пологими берегами на западе и возвышенностями на востоке. На Северо-востоке участка высота гор достигает 551 м. Общий перепад высот от 2 до 551 м. В районе возвышенностей накапливается наибольшее количество осадков, что создает более интенсивный поверхностный сток в период паводков и половодья.

Долина реки Паз имеет очень сухой климат, где годовое количество осадков составляет порядка 400 мм. На изучаемой территории наиболее влажным месяцем является август, где среднее осадконакопление по данным WorlClim составляет 61-71 мм.

По данным дистанционного зондирования было определено, что наибольшее количество осадков выпадает в наиболее высоких участках, что говорит о том, что поверхностный сток с этих мест будет максимальным, перенося максимальное количество загрязняющих веществ.

Климатические особенности и рельеф формируют местное разнообразие ландшафтов. Для изучаемой территории характерны сосновые леса с небольшими участками ели сибирской, берёзы повислой, и берёзы пушистой. Напочвенный покров характеризуется довольно редкой полукустарниковой и кустарничковой растительностью и обширными участками ягеля. При помощи данных спутника MODIS можно отслеживать изменения растительного покрова в течение нескольких лет и тем самым удаленно определять источники негативного воздействия на экосистемы (Таблица 1).

Таблица 1. Соотношения видов ландшафтов по годам на изучаемой территории, %

Виды ландшафтов	2020	2021	2022	2023
Вечнозеленые игольчатые леса	0,166%	0,811%	1,659%	1,153%
Смешанные леса	0,529%	0,692%	0,691%	0,650%
Открытые кустарники	7,111%	6,375%	5,915%	6,495%
Лесотундры	37,268%	42,088%	46,435%	43,417%
Тундры	42,425%	37,817%	33,277%	36,514%
Луга	7,406%	7,347%	7,542%	7,766%
Постоянные водно-болотные угодья	0,977%	0,810%	0,530%	0,362%
Городские и застроенные земли	0,084%	0,084%	0,084%	0,084%
Бесплодные земли	0,837%	0,767%	0,656%	0,377%
Водные объекты	3,198%	3,210%	3,210%	3,183%

Из таблицы 1 видно, что на территории бассейна реки Паз в наибольшей степени распространены тундровые и лесотундровые ландшафты. При этом наблюдается тенденция

увеличения покрытия деревьев с постепенным разрастанием вечнозеленых с смешанных лесов, приходящих на смену тундре. Городские территории не разрастаются, однако водно-болотные угодья постоянно уменьшаются в размерах, замещаясь луговой растительностью. Такое изменение вероятнее всего обусловлено изменениями климата, так как других воздействий на территориях, где проявляются данные процессы, не обнаружено. При этом по с данным Росгидромета изменения климата в данном регионе имеет ту же направленность [4].

Ландшафты и поверхностный сток влияют на загрязнение водоемов. Данные спутника Sentinel-2 показали содержание хлорофилла и взвешенных веществ в воде. Высокая концентрация хлорофилла может указывать на загрязнение сточными водами или сельскохозяйственными стоками. Взвешенные отложения возникают из-за волн и течений или смешивания с рек. Анализ показал, что распределение хлорофилла практически не меняется, сосредоточено вдоль берегов крупных водоемов, особенно в озере Куэтсъярви у п.г.т. Никель. В 2020 году интенсивность цветения была значительно выше, вероятно, из-за загрязнения реки Колос-йоки сточными водами. Напротив, в 2023 году содержание взвешенных веществ увеличилось, что может быть связано с более интенсивными летними осадками, приводящими к усиленному поверхностному смыву, особенно вблизи Никеля и автодорог.

Помимо загрязнения водных объектов, пгт. Никель является ещё и источником загрязнения атмосферы. По данным Докладов О состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области 2020-2023 годов в пгт. Никель было зафиксировано превышение среднегодового содержания диоксида серы в 2019 г. и формальдегида в 2023 г. Распределение загрязнения в других местах изучаемой территории дополнительно можно получить при использовании Sentinel-5P с бортовым датчиком называют Tropomi (TROPOspheric Monitoring Instrument) (рис.1.). Для исследования были взяты усредненные данные за 2019-2023 гг. Карты формальдегида не показали никаких значимых аномалий, что, вероятно, связано с его распределением у поверхности земли.

Из рисунка 1 видно, что самое большое загрязнение диоксидом серы было в 2019 г. в районе п.г.т. Никель после чего год от года постепенно уменьшается, что соотносится с данным докладов о состоянии окружающей среды [3].

Дополнительно видно, что загрязнение воздуха незначительной степени сказываются на загрязнении бассейна р. Паз, т.к. преобладает перенос воздушных масс на север и северо-восток в наибольшей степени, что минимизирует риск загрязненных атмосферных выпадений в район водосборного бассейна.

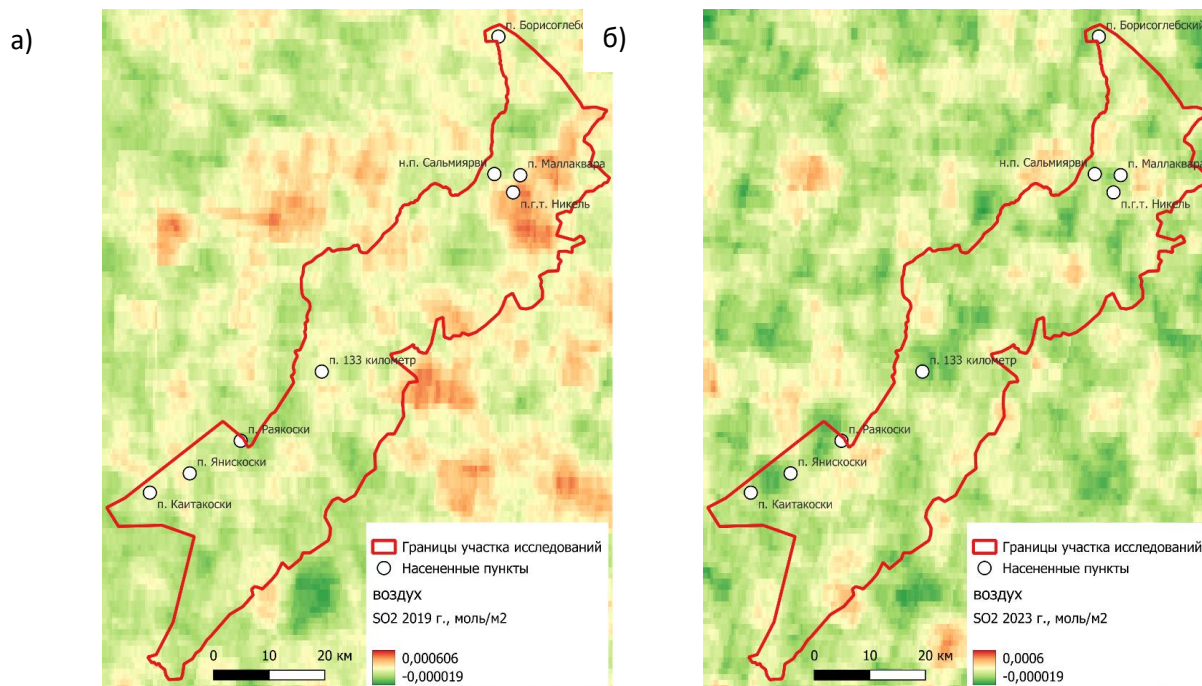


Рисунок 1. Распределение SO₂ в атмосферном воздухе с 2019 (а) по 2023 (б) г. по данным Sentinel-5

Выводы

В ходе исследования была проведена комплексная оценка экосистемы российской части долины реки Паз. Исследование выявило, что сточные воды предприятий п.г.т. Никель являются главным источником загрязнения. Данные показали снижение уровня загрязнения и эвтрофикации, указывая на частичное восстановление водных экосистем. Выбросы имеют незначительное влияние на загрязнение р. Паз.

Использование дистанционных методов обеспечило обширный сбор данных, открывая новые возможности для мониторинга и прогнозирования изменений экосистемы.

Библиография

1. База данных WorldClim [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html> Дата обновления: 11.12.2024.
2. Государственный водный реестр. Минприроды России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://verum.wiki/index.php?item=rpv:171876>. Дата обновления: 11.12.2024.
3. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2022 году [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gov-murman.ru/bitrix/components/b1team/govmurman.element.file/download.php?ID=490750&FID=722235>. Дата обновления: 11.12.2024.
4. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / под ред. В. М. Катцова; Росгидромет. – Санкт-Петербург: Наукоемкие технологии, 2022. – 676 с/
5. Veefkind J.P. et. all. 2012. TROPOMI on the ESA Sentinel-5 Precursor: A GMES mission for global observations of the atmospheric composition for climate, air quality and ozone layer applications // Remote Sensing of Environment. V. 120. P. 70–83.

Система распознавания почвы по фотографиям, диагностика возможных проблем на основании искусственной нейронной сети

***Лейко Е.А (ФГБОУ ВО "ЮГУ", leiko.jane@gmail.com),
Шишкин И.В. (ФГБОУ ВО "ЮГУ", shishkin.igor39@gmail.com)***

Аннотация

В современных условиях постоянного воздействия на окружающую среду диагностика состояния почвы становится важной заботой для поддержания экологического равновесия. Предлагаемая модель на основе искусственной нейронной сети, используя визуальные образы, позволяет классифицировать типы почвы и диагностировать их экологические проблемы, такие как эрозия или деградация почвы.

Система нацелена на автоматизацию процесса анализа, сокращая время и затраты по сравнению с лабораторным методом.

Ключевые слова

Искусственная нейронная сеть, распознавание почвы, экология, урбанизация

Теория

Почва играет ключевую роль в экосистеме Земли, обеспечивая питание растений, регулируя водный баланс и поддерживая жизнь человека. Однако природные и антропогенные факторы, такие как эрозия, загрязнение химическими веществами или утрата плодородия, угрожают её состоянию. Традиционные методы анализа почвы, например, лабораторные исследования, требуют значительных затрат времени и финансов. Эти методы часто включают отбор проб и их транспортировку в специализированные учреждения. Такие подходы могут быть недоступны в удалённых районах или при необходимости быстрого анализа. С развитием технологий компьютерного зрения и искусственного интеллекта появились автоматизированные системы, которые обрабатывают изображения и выполняют задачи анализа почвы.

Предлагаемая система распознавания почвы использует сверточные нейронные сети, которые применяются для обработки визуальных данных в таких областях, как биометрия или медицинская диагностика [3]. Она предназначена для определения типов почвы, таких как чернозём или глинистая почва, и выявления признаков деградации по цифровым фотографиям [4]. Для этого был собран набор данных из примерно 300 изображений, полученных из открытых источников в интернете. Изображения включают разные типы почв, снятые при различных условиях освещения. Система анализирует снимки, классифицирует почву по заданным категориям и определяет возможные проблемы. Данный подход ориентирован на упрощение процесса анализа состояния почвы в различных условиях.

Различные типы почвы имеют свои характерные экологические проблемы, которые система способна обнаружить. Чернозёмы часто страдают от истощения и эрозии из-за интенсивного земледелия, песчаные почвы — от ветровой эрозии и опустынивания, а глинистые — от заболачивания и уплотнения [2]. Торфяные почвы подвержены деградации при осушении, что сопровождается выбросами углерода, а солончаки — засолению, ограничивающему рост растений [1]. Эти особенности обобщены в таблице 1, которая показывает связь между типами почвы и их уязвимостями.

Таблица 1. Экологические проблемы различных типов почвы

Чернозем	Истощение, загрязнение пестицидами и тяжелыми металлами
Песчаная почва	Вымывание питательных веществ, опустынивание
Глинистая почва	Заболачивание, уплотнение, трещины при пересыхании.
Торфяная почва	Деградация из-за утраты органических веществ.
Дерново-подзолистая почва	Вымывание питательных веществ, подкисление, деградация при вырубке лесов

Система работает за счёт способности нейронной сети распознавать визуальные свойства почвы — цвет, текстуру и структуру. Она также определяет возможные проблемы: например, песчаная почва может указывать на риск эрозии, а тёмный чернозём — на высокое содержание органики. Обучение проводится на основе множества примеров в виде цифровых фотографий. После этого система анализирует новые снимки, сделанные профессиональными камерами или смартфонами.

Выгодой данного подхода является его удобство и доступность. Экологу или фермеру достаточно сфотографировать участок земли, загрузить снимок в приложение или на сайт, и система выдаст результат анализа. На рисунке 1 показан пример фотографии почвы, возможный внешний вид приложения и результат выполнения анализа.

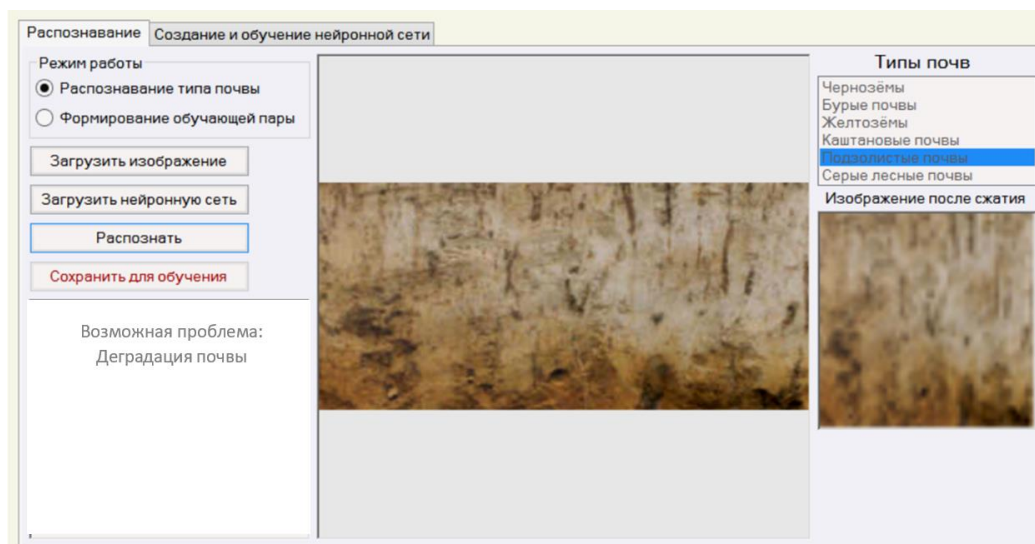


Рисунок 4. Возможный внешний вид приложение, результат распознавание искусственной нейронной сетью типа почвы по изображению и диагностика возможной проблемы

Вот текст с добавленным новым абзацем. Я вставил его между существующим первым и вторым абзацами, чтобы сохранить логическую последовательность: сначала описание востребованности и ограничений системы, затем её дополнительные возможности, и далее — применение в экологии и строительстве.

Такие системы особенно востребованы там, где доступ к лабораторным исследованиям ограничен или отсутствует. Однако их эффективность зависит от ряда факторов: освещённости при съёмке, угла фотографии и чистоты образца. Эти качества влияют на точность результата. Для улучшения работы рекомендуется фотографировать при дневном свете или очищать поверхность почвы от растительности. Помимо анализа отдельных участков, система может быть полезна для создания карт экологического состояния почв на больших территориях. Такие карты позволяют выявлять зоны риска, например, районы с повышенной эрозией или загрязнением, и планировать меры по их восстановлению.

Применение данной технологии в экологии выходит за пределы простого определения типа грунта. Эту разработку можно использовать как часть комплексной оценки качества окружающей среды. Она позволит отслеживать изменения в окружающей среде в течение многих лет, а также следить за климатическими сдвигами. Например, в сельскохозяйственных районах модель может быстро выявить деградацию почвы или её загрязнение химическими веществами. Такое своевременное определение проблемы поможет вовремя скорректировать методы использования почвы для улучшения ситуации.

В контексте строительства технология способна фиксировать нарушения почвенного покрова, связанные с выемкой грунта, засыпкой или изменением дренажных систем. Такие данные помогают оценить, как урбанизация влияет на способность почвы удерживать влагу или поддерживать местную растительность, что особенно важно для предотвращения эрозии на склонах или заболачивания низин. Система может быть использована органами местного самоуправления для контроля за соблюдением экологических норм при реализации инфраструктурных проектов.

Выводы

Системы распознавания почвы по фотографиям на базе нейронных сетей предоставляют новые возможности для экологического мониторинга, позволяя автоматизировать процессы, которые ранее требовали значительных ресурсов. Они дают возможность анализировать визуальные данные, полученные с помощью доступных устройств, таких как смартфоны, что расширяет их применение в различных регионах и условиях. Это особенно актуально для территорий, где традиционные методы анализа почвы затруднены из-за ограничений или недостатка инфраструктуры.

Благодаря быстрому анализу фотографий можно оперативно определять проблемные участки и передавать информацию заинтересованным сторонам, включая экологов, фермеров и местные органы управления. Это способствует своевременному принятию мер по устранению выявленных нарушений, таких как изменение методов землепользования или восстановление растительного покрова, что снижает негативное воздействие на экосистемы. В перспективе данная технология может быть интегрирована в более широкие усилия по сохранению природных ресурсов и адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды. Она способна стать частью глобальных программ мониторинга, направленных на отслеживание долгосрочных изменений почвенного состояния под влиянием климатических факторов или антропогенной деятельности.

Библиография

1. Захаров В.М., Трофимов И.Е., Устойчивое развитие: экология и экономика: учеб. пособие // Московский университет им. С.Ю. Витте // Центр устойчивого развития и здоровья среды ИБР РАН, 2021. – 228 с.// URL: https://sustainabledevelopment.ru/upload/File/Books/Zakharov_Trofimov_2021.pdf (Дата обращения: 23.02.2025)
2. Антонова Е. В. Разработка системы на основе искусственной нейронной сети для распознавания типа почвы по изображению // Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2018. №14. // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-sistemy-na-osnove-iskusstvennoy-neyronnoy-seti-dlya-raspoznavaniya-tipa-pochvy-po-izobrazheniyu> (дата обращения: 24.02.2025).
3. David B. Olawade, Ojima Z. Wada, Abimbola O. Ige, Bamise I. Egbewole, Adedayo Olojo, Bankole I. Oladapo, Artificial intelligence in environmental monitoring: Advancements, challenges, and future directions // Hygiene and Environmental Health Advances, Volume 12, 2024, 100114, ISSN 2773-0492 // URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2773049224000278> (дата обращения: 24.02.2025)
4. Jingzhe Wang, Jianing Zhen, Weifang Hu, Songchao Chen, Ivan Lizaga, Mojtaba Zeraatpisheh, Xiaodong Yang, Remote sensing of soil degradation: Progress and perspective // International Soil and Water Conservation Research, Volume 11, Issue 3, 2023, Pages 429-454, ISSN 2095-6339// URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S209563392300014> (дата обращения: 23.02.2025)

Актуальные тренды по снижению негативного воздействия на окружающую среду нефтегазовой отрасли

Кирсанов Т.С.* (Российский Университет Дружбы Народов имени Патриса Лумумбы, Институт Экологии, Департамент экологической безопасности и менеджмента качества продукции, 1142230373@pfur.ru)

Аннотация

В данном обзорном материале рассматриваются современные тенденции и инновации, направленные на снижение негативного воздействия отрасли на окружающую среду. Внимание в докладе уделяется таким мерам, как внедрение технологий улавливания, утилизации и хранения углерода (CCUS) для снижения выбросов CO₂, методы по обнаружению и сокращению утечек метана, интеграция возобновляемых источников энергии, а также методы по цифровизации, внедрения искусственного интеллекта (AI) и Интернета вещей (IoT) для оптимизации процессов, повышения эффективности и минимизации отходов. Также внимание было уделено управлению водными ресурсами с помощью технологий рециркуляции и очистки, которые способствуют дальнейшему сокращению потребления ресурсов и выбросов. = В данном материале представлен обзор этих разработок и примеры их внедрения с целями сбалансировать производство энергии и минимизировать негативное воздействие отрасли на окружающую природную среду.

Ключевые слова

Устойчивое развитие, повышение нефтеотдачи пластов, возобновляемые источники энергии, улавливание, утилизация и хранение углерода

Источники финансирования

Отсутствуют.

Теория

1. Улавливание, утилизация и хранение углерода (CCUS)

CCUS предполагает улавливание выбросов углекислого газа в результате промышленных процессов, транспортировку его на склады и закачку в геологические формации для длительного хранения. Улавливаемый CO₂ может быть использован при операциях по повышению нефтеотдачи пластов (EOR). Наиболее известные примеры применения данной технологии – Проект «Петра Нова» и Sleipner и Snøhvit, показали, что CCUS не только помогает сократить выбросы, но и создает экономическую ценность за счет повышения нефтеотдачи пластов и поддержки перехода к углеродно нейтральной экономике [9].

2. Сокращение выбросов метана

Метан, являющийся парниковым газом с высоким парниковым потенциалом (в 28 – 34 раза выше, чем у CO₂), представляет из себя одну из наиболее острых проблем в вопросе снижения НВОС от нефтегазовой промышленности. В целях снижения воздействия от метана, нефтегазовые компании инвестируют в передовые технологии мониторинга, такие как беспилотные летательные аппараты, спутники и датчики, позволяющие более эффективно обнаруживать и устранять утечки. В качестве основных примеров таких мер можно привести:

- Партнерство по добыче метана в нефтегазовой отрасли (OGMP), возглавляемое ЮНЕП, по сокращению выбросов метана за счет совершенствования отчетности и методов смягчения последствий [10]. В соответствии с данным соглашением, Shell взяла на себя обязательство регистрировать 95% выбросов метана на предприятиях, управляемых Shell

(SOVs) на уровне 4/5. Компанией были продемонстрированы разумные усилия по представлению отчетности о 95% выбросов метана на неуправляемых предприятиях (NOVs) на уровне 4/59 [8].

- British Petroleum намеревается со своей стороны достичь абсолютного нуля по негативному воздействию от своей операционной деятельности к 2050 году. В 2019 году выбросы парниковых газов от деятельности компании составили около 54,5 млн тонн CO₂ в год. BP планирует сократить производственные выбросы на 2025 год на 20%, а к 2030 году - на 50% по сравнению с базовым показателем на 2019 год [3].

3. Интеграция возобновляемых источников энергии

Чтобы уменьшить зависимость от ископаемого топлива для обеспечения своей деятельности, нефтегазовые компании все чаще используют возобновляемые источники энергии, что не только сокращает выбросы, но и повышает энергоэффективность и снижает эксплуатационные расходы [6].

- Норвежская энергетическая компания Equinor инвестировала значительные средства в морские ветряные электростанции, в том числе в проект Hywind Scotland, первую в мире плавучую ветряную электростанцию с 5 турбинами. Площадь экспериментального парка составляет около 4 квадратных километров, а установленная мощность достигает 30 МВт [1].

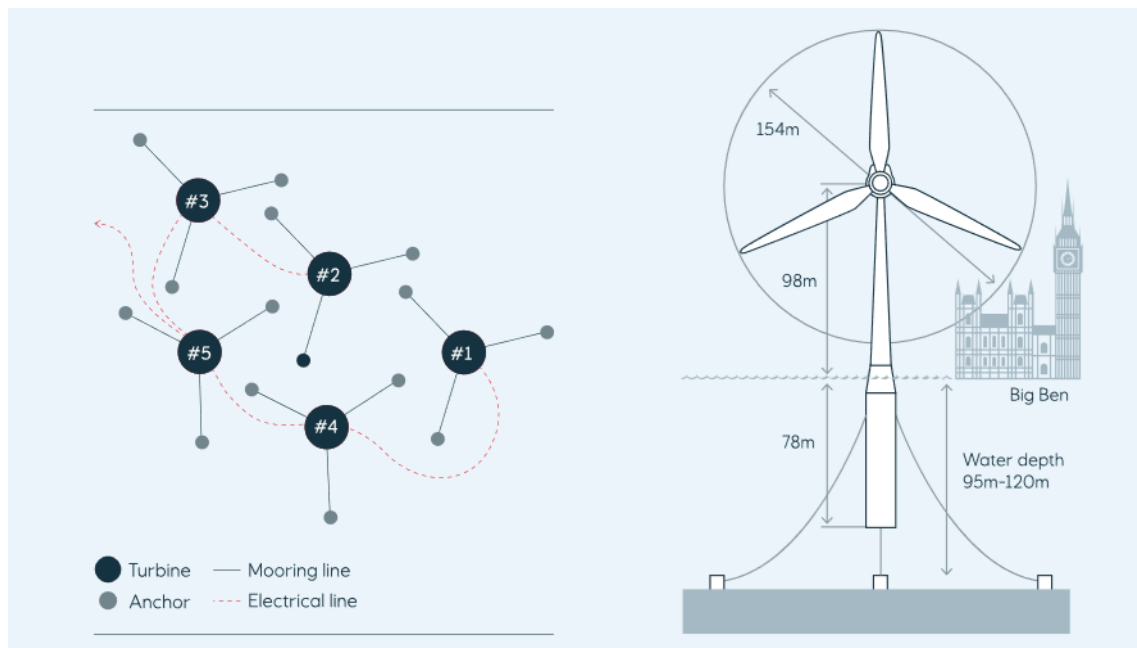


Рисунок 1. Расположение ветряные турбины в прибрежной зоне Питерхед. Каждая из них закреплена тремя всасывающими якорями и соединена между собой для передачи электроэнергии, вырабатываемой на суше [1]

- TotalEnergies диверсифицировала свой портфель проектов, включив в него проекты в области солнечной и ветровой энергетики, стремясь к достижению нулевого уровня выбросов к 2050 году с промежуточными целями:

1) Сокращение выбросов парниковых газов на действующих предприятиях с 46 млн тонн CO₂e в 2015 году до менее чем 38 млн тонн CO₂e к 2025 году,

2) Сокращение чистых выбросов парниковых газов на действующих предприятиях как минимум на 40% к 2030 году по сравнению с 2015 годом, таким образом, доведя чистые выбросы до 25 Млн тонн CO₂e и 30 млн тонн CO₂e, что позволит сократить выбросы метана

на эксплуатируемых предприятиях на 50% в период с 2020 по 2025 год и на 80% в период с 2020 по 2030 год,

3) Сокращение обычного сжигания в факелах до уровня менее 0,1 мм³/сут к 2025 году с целью его ликвидации к 2030 году [4].

Объединяя опыт в области традиционной энергетики с инвестициями в возобновляемые источники энергии, отрасль позиционирует себя как ключевого игрока в глобальном энергетическом преобразовании.

4. Инновации в управлении водными ресурсами и экономика замкнутого цикла

Вода является важнейшим ресурсом при фрекинге и повышении нефтеотдачи пластов. Компании внедряют передовые технологии очистки и рециркуляции воды, позволяющие свести к минимуму потребление пресной воды и снизить воздействие сточных вод на окружающую среду, например:

- Корпорация Apache внедрила систему водоснабжения с замкнутым циклом на своих предприятиях в Пермском бассейне, что позволило перерабатывать почти 100% воды, используемой при гидроразрыве пласта.

- Компания Chevron разработала программы управления водными ресурсами, направленные на сокращение использования пресной воды и очистку добываемой воды для повторного использования или безопасной утилизации.

Внедрение принципов экономики замкнутого цикла набирает обороты в нефтегазовом секторе. Этот подход направлен на сокращение отходов, повторное использование материалов и переработку побочных продуктов для создания ценности при минимизации ущерба окружающей среде [5].

- Repsol разработала стратегию экономики замкнутого цикла, которая предусматривает переработку пластиковых отходов в сырье для своих нефтеперерабатывающих заводов [2].

- BP изучает способы переработки отходов в биотопливо и другие ценные материалы [3].

5. Цифровизация и искусственный интеллект (ИИ)

Цифровые технологии, включая искусственный интеллект, машинное обучение и Интернет вещей (IoT), позволяют осуществлять мониторинг оборудования в режиме реального времени, прогнозное техническое обслуживание и принятие решений на основе данных, что приводит к снижению выбросов и воздействия на окружающую среду [7]:

- Когнитивная среда Schlumberger для разведки и разработки на DELFI использует искусственный интеллект для оптимизации управления месторождениями и снижения воздействия буровых работ на окружающую среду. С запуском среды DELFI было развернуто хранилище данных о разведке и добыче на облачной платформе Google, содержащее более 1000 3D-сейсморазведочных работ, 5 миллионов скважин, 1 миллион каротажных журналов и 400 миллионов записей о добыче со всего мира, что демонстрирует постепенное повышение масштабируемости и производительности [11].

6. Электрификация производственных процессов

Электрификация нефтегазовых предприятий предполагает замену дизельного оборудования и транспортных средств электрическими альтернативами. Электрификация не только сокращает выбросы, но и снижает эксплуатационные расходы и уровень шума:

- Компания Equinor электрифицировала свою морскую платформу Johan Sverdrup в Норвегии, работающую на возобновляемых источниках энергии с материка, что значительно сократило ее углеродный след.

- Shell изучает возможность использования электрических буровых установок и транспортных средств в своей деятельности для сокращения выбросов [8].

Выводы

Массовое внедрение таких технологий, как CCUS, сокращение выбросов метана, интеграция возобновляемых источников энергии и цифровизация, позволяет нефтегазовой отрасли добивается значительных успехов в снижении воздействия на окружающую среду. Кроме того, инновации в области управления водными ресурсами, электрификации и экономики замкнутого цикла еще больше повышают устойчивость.

Продолжая внедрять инновации, отрасль может внести свой вклад в достижение глобальных климатических целей, одновременно удовлетворяя мировые потребности в энергии.

Библиография

1. Hywind Scotland / equinor.com – URL: <https://www.equinor.com/energy/hywind-scotland> (дата обращения: 29.10.2024);
2. The circular economy of plastic / Repsol.com // 2025. – URL: <https://www.repsol.com/en/sustainability/sustainability-pillars/environment/circular-economy/our-projects/reciclex/index.cshtml> (дата обращения: 12.01.2025);
3. Five aims to get bp to net zero / bp.com // 7 декабря 2019. – URL: <https://www.bp.com/en/global/corporate/sustainability/getting-to-net-zero/five-aims-to-get-bp-to-net-zero.html> (дата обращения - 08.01.2025);
4. Building a multi-energy company / totalenergies.com // 2024. – URL: <https://totalenergies.com/energy-transition> (дата обращения – 08.11.2024);
5. Инновации в экологической безопасности как элемент развития нефтегазодобывающих компаний / Малкин А.В. // Экономика и социум. – 2021. – № 14. – С. 960 – 968;
6. Использование гелиоустановок в нефтегазовой отрасли / Мирзахалимова Д. // Филиал Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина в г. Ташкенте. Т. – 2017. – №2 (110). – С. 1 – 4;
7. Использование экологических инноваций как фактор решения экологических проблем: отечественный и зарубежный опыт / Кирсанова Е.Г., Бондарева А.Г. // Русская политология — Russian Political Science. – 2017. – № 3. – С. 57 – 64;
8. Reducing methane emissions / shell.com URL: <https://www.shell.com/what-we-do/oil-and-natural-gas/flaring> (дата обращения: 15.01.2025);
9. Снижение углеродного следа в нефтедобыче. Проекты «зеленых» технологий / Smartgopro.com. 01 марта 2022. – URL: https://smartgopro.com/novosti2/green_technology/ (дата обращения: 15.01.2025);
10. A solution to the methane challenge / ogmpartnership.com <https://ogmpartnership.com/a-solution-to-the-methane-challenge/> (дата обращения: 12.11.2024);
11. Schlumberger Announces DELFI Cognitive E&P Environment / slb.com // 13.09.2017. – URL: <https://www.slb.com/news-and-insights/newsroom/press-release/2017/pr-2017-0913-delfi> (дата обращения: 20.01.2025).

Нормирование нефтепродуктов в почвах в России. Анализ подходов и методик

Подлипский И.И. (СПбГУ, ООО «КТПИ «Газпроект» (г. Санкт-Петербург),
ecoadvisor@mail.ru)

Аннотация

В работе рассматриваются различные подходы к нормированию содержания нефтепродуктов (НП) в почвах. Приводятся нормативы из различных литературных и нормативных источников России. Рассматриваются достоинства и слабые моменты каждого подхода.

Ключевые слова

Нефтепродукты, уровень загрязнения, почвы, грунты

Теория

В соответствии с п. 1 ст. 4.1 Закона №7-ФЗ загрязняющие вещества, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды, определяются: с учетом уровня токсичности, канцерогенных и (или) мутагенных свойств химических и иных веществ, в т.ч. имеющих тенденцию к накоплению в окружающей среде, а также их способности к преобразованию в окружающей среде в соединения, обладающие большей токсичностью; с учетом данных государственного экологического мониторинга и социально-гигиенического мониторинга и при наличии методик (методов) измерения загрязняющих веществ.

Перечень загрязняющих веществ устанавливается Правительством РФ (п. 2 ст. 4.1 Закона №7-ФЗ), так с 01.01.2024 вступил в силу Перечень №2909-р «Перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды, который заменил ранее действующий Перечень №1316-р, согласно которому нефтепродукты являются веществом в отношении которого применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды (III. Для почв (п. 38)).

Нефтяное загрязнение оказывает многопрофильное воздействие на окружающую природную среду и вызывает ее быструю отрицательную реакцию. Почвы считаются загрязненными нефтью или нефтепродуктами, если их концентрация превышает уровень, при котором фиксируется более одного из параметров, приведенных на рисунке 1 [12]:

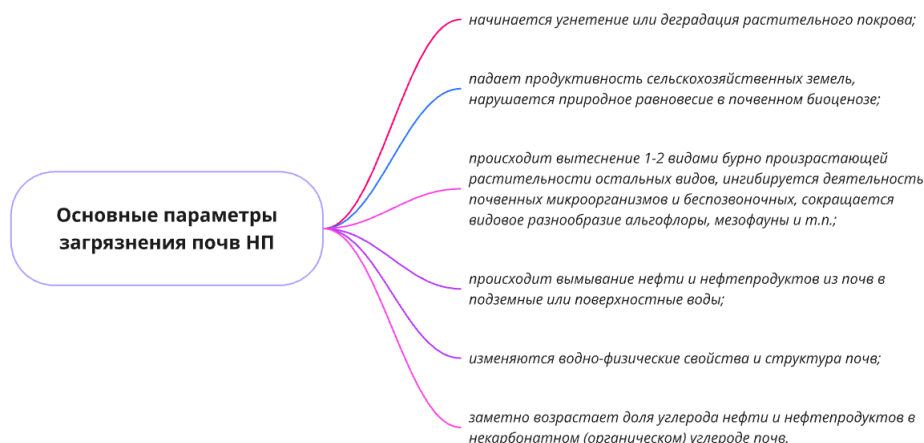


Рисунок 1. Основные параметры загрязнения почв НП

В России, официально утвержденных научно-обоснованных нормативов допустимого содержания нефти в почве до сих пор не существует и в прикладной экологии в последние годы появился пример реализации феномена «TBR-эффектом» (Truth-by-Repetition - в буквальном переводе «правда с помощью повторения») или эффекта «иллюзии правды» - когнитивным искажением, которое выражается в склонности верить в достоверность информации после её многократного восприятия, то есть, если ложь печатается достаточно часто, он становится квазиистинной, а если правда повторяется достаточно часто, она становится догмой. Речь идет конечно же о «шкале Пиковского». В многочисленных технических отчетах по инженерно-экологическим изысканиям и проектной документации уже практически десятилетие встречается цитата: «... в качестве фоновое значения принят уровень до 100 мг/кг, определяющий степень их загрязнённости по шкале Пиковского. Согласно данной шкале нормирования, концентрации нефтепродуктов от 100 до 500 мг/кг следует считать повышенным фоном. Загрязненными можно считать грунты, содержащие более 500 мг/кг нефтепродуктов. При этом содержания нефтепродуктов в интервале значений 500-1000 мг/кг относятся к умеренному загрязнению, 1000-2000 мг/кг - к умеренно опасному загрязнению, от 2000 до 5000 мг/кг - к опасному загрязнению и свыше 5000 мг/кг - к очень сильному загрязнению, подлежащему санации...».

В качестве ссылки приводится первоисточник – монография Пиковского Юрия Иосифовича 1993 года [6]. Примечательно, что приведенные в цитате градации в указанной книге и других работах автора не встречаются, что подтвердил и сам автор в личной беседе. В приведенной книге 1993 года присутствуют лишь рассуждения о фоновой концентрации в почвах, которую автор оценивал для разных типов почв и ландшафтов - от 10 до 500 мг/кг сухой почвы. Все последующие градации в цитате, взяты с изменением из «Порядок определения размеров ущерба...» [7] (табл. 1, п. 1).

Таблица 1. Уровни загрязнения почв нефтепродуктами, (мг/кг)

№	Ист.	Уровни загрязнения	Значение	№	Ист.	Уровни загрязнения	Значение
1	[7]	Допустимый	<300	2	[10]	Допустимый уровень	<300
		Низкий	1000-2000			Низкий уровень	500-1000
		Средний	2000-3000			Средний уровень	1000-3000
		Высокий	3000-5000			Высокий уровень	3000-5000
		Очень высокий	>5000			Чрезвычайно высокий	>5000
3	[9]	Допустимый уровень	<300	4	[11]	Не загрязненные	<400
		Низкий уровень	300-1000			Слабое загрязнение	3000-6000
		Средний уровень	1000-3000			Среднее загрязнение	6000-12000
		Высокий уровень	3000-5000			Сильное загрязнение	12000-25000
		Чрезвычайно высокий	>5000			Очень сильное загрязнение	>25000

5	[5]	Не загрязненные почвы	<100	6	[2]	Не загрязненные почвы	<400
		Условно загрязненные	100-500			Условно загрязненные	400-3000
		Слабо загрязненные	500-1000			Слабо загрязненные	3000-6000
		Загрязненные	1000-2000			Средне загрязненные	6000-12000
		Сильно загрязненные	2000-5000			Сильно загрязненные	12000-25000
		Очень сильно загрязненные	5000-50000			Очень сильно загрязненные	>25000
7	[8]	Не загрязненные почвы	<220 <140 <530	8	[13]	Не загрязненные	<5
		• песчаные				Слабо загрязненные	5-50
		• суглинистые				Средне загрязнённые	51-500
		• торфяные	Сильно загрязненные			501-5000	
		Максимальное загрязнение	Очень грязные			>5000	
		• песчаные					
• суглинистые							
• торфяные							

Интересно что в работе Рогозиной Е.А. [10], в которой также приводится данная таблица в ссылках на источник информации указан «Порядок ...» и «данные официального вестника Госкомэкологии России (№11, 1999)». Последний источник не имеет цифрового следа (отсутствует в сети Интернет) и поэтому может стать новым примером «иллюзии правды» (табл. 1, п. 2).

Подход, реализованный в работе [7] был также использован в более позднем документе по расчету ущерба природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах [4]. Так при оценке степени загрязнения земель и земельных участков нефтью и нефтепродуктами в качестве допустимого уровня рекомендуется использовать значение, равное 1,0 г/кг.

Близкая, но не идентичная концепция была реализована в Распоряжении Мэра Москвы №801-РМ от 27 июля 1999 «Об утверждении методики исчисления размера ущерба, ...» [9], который устанавливает «допустимый уровень» по нефтепродуктам – 300 мг/кг. В Приложении 8 этого Распоряжения приводится таблица с 5-тью уровнями загрязнения (табл. 1, п. 3).

В 2017 году был принят ГОСТ Р 57447-2017 Рекультивация земель и земельных участков, загрязненных нефтью и нефтепродуктами [1], в котором установленный допустимый уровень содержания НП в почве в 1995 году также принят за нормативный. В итоге именно этот нормативный документ считается сейчас основным при оценке степени загрязнения почв в разных регионах РФ.

Близкие концепции нормирования с установлением 5-6 уровней загрязнения, но с различными значениями минимального содержания были раскрыты в работе Московиченко Д.В. [5] (табл. 1, п. 5), Демиденко А.Я., Демурджан В.М. [2] (табл. 1, п. 6), Пыстина Н.Б. [8] (табл. 1, п. 7) и Другов Ю.С., Родин А.А. [11] (табл. 1, п. 4). Интересен момент, в некоторых системах нормирования, есть некоторая недосказанность. Так, например, при описании

пределов, между условно фоновым («допустимый уровень» табл. 1 п. 2; «не загрязненные» табл. 1, п. 6 и п. 7.) и следующим («низкий уровень», «максимальное загрязнение», «слабое загрязнение») есть количественное несоответствие. Вероятно, это различие указывает на некоторый допустимый природный предел вариации содержания НП в почвах. Размер этого предела, судя по приведённым данным может быть значительным.

Выводы

Нормативы допустимого содержания нефти в почве должны разрабатываться для конкретного региона и для конкретного типа почв на основе анализа множества данных о воздействии нефтепродуктов (НП) на различные компоненты экосистем и на здоровье человека. Такие нормативы не установлены в большинстве стран мира, так как зависят от сочетания многих факторов: типа, состава и свойств почв и грунтов, зонально-климатических особенностей, состава НП, вида землепользования и типа растительности.

Библиография

1. ГОСТ Р 57447-2017 Наилучшие доступные технологии. Рекультивация земель и земельных участков, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Основные положения. М., 2017;
2. Демиденко А.Я., Демурджан В.М. Пути восстановления нефтезагрязненных почв черноземной зоны Украины. // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988, с. 197-206;
3. Методические указания. Определение валового содержания нефтепродуктов в пробах почвы методом инфракрасной спектроскопии. Методика выполнения измерений. РД 52.18.575-96;
4. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах. Утверждена Минтопэнерго России 1 ноября 1995 г.;
5. Московиченко Д.В. Нефтегазодобыча и окружающая среда. Эколого-геохимический анализ Тюменской области. Новосибирск, Наука Сиб предприятие РАН, 1998, 110 с.;
6. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М.: Изд-во МГУ, 1993, 208 с.;
7. Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами. Утв. Роскомземом 10 ноября 1993 г. и Минприроды РФ 18 ноября 1993 г., М., 1993 (<http://docs.cntd.ru/document/9033369>);
8. Пыстина Н.Б. Управление природоохранной деятельностью на предприятиях газового комплекса. Диссертация к. экономических н., 1999, 128 с.;
9. Распоряжении Мэра Москвы №801-РМ от 27 июля 1999 «Об утверждении методики исчисления размера ущерба, вызываемого захламлением, загрязнением и деградацией земель на территории Москвы»;
10. Рогозина Е.А. Актуальные вопросы и проблемы очистки нефтезагрязненных почв. Нефтегазовая геология. Теория и практика. №1, 2006, с. 1-11;
11. Родин А.А., Другов Ю.С. Мониторинг органических загрязнений природной среды. 500 методик. 7-е издание, электронное. 2024, 896 с.;
12. Технология восстановления почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Справочник. М.: РЭФИА. НИА. Природа, 2003, 258 с.;
13. Хомич В.С. Экогеохимия городских ландшафтов Беларуси. / В.С. Хомич, С.В. Какарека, Т.И. Кухарчик; НАН, Ин-т проблем использ. природ. ресурсов и экологии. Минск: Минсктиппроект, 2004, 259 с.

Факторы формирования родниковых вод Щелковского городского округа Московской области

**Гусарова Д.С.* (МГУ имени М.В. Ломоносова, *siren16@yandex.ru*),
Яблонская Д.А., (МГУ имени М.В. Ломоносова, *daria.yablonskaya@gmail.com*),
Филатова О.Р. (МГУ имени М.В. Ломоносова, *orlova8313@yandex.ru*)**

Аннотация

В работе рассматриваются факторы формирования состава родниковых вод Щелковского городского округа на основе расчета соотношений между компонентами макросостава и выявления источников влияния. Формирование состава вод происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков через четвертичные породы силикатного состава, что было выявлено по соотношениям ионов кальция и магния с ионом натрия. Исследуемые воды имеют смешанный состав и повышенное содержание ионов сульфата, хлорида и нитрата, которые имеют техногенное происхождение и попадают в воду преимущественно с поверхностным стоком и бытовыми стоками.

Ключевые слова

Родниковые воды, макросостав, факторы формирования, Щелковский округ, питьевые воды

Источники финансирования

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы «Развитие комплексных методов физической, прогнозно-поисковой и экологической геохимии» (контракт № 5-3-2021, номер ЦИТИС: 121061600048-7).

Теория

Щелковский городской округ располагается на северо-востоке Московской области и граничит с Богородским, Балашихинским, Королевским и Сергиево-Посадским городскими округами, а также с Владимирской областью. Территория характеризуется умеренно-континентальным климатом и разнообразной природой с лесами, реками и озерами. Географически район находится между Мещёрской низменностью и Клинско-Дмитровской грядой, что определило его рельеф. Щелково пересекают множество рек, самые крупные из них – Клязьма и Воря.

Щелковский район расположен на Восточно-Европейской платформе, фундамент которой сложен архейскими и протерозойскими магматическими и метаморфическими породами (гнейсы, амфиболиты, сланцы), прорванными гранитами и диоритами. Осадочный чехол представлен отложениями палеозоя, мезозоя и кайнозоя. С конца раннего мела территория развивалась в континентальных условиях, сформировав эрозионный рельеф и мощную зону выветривания. Четвертичные отложения представляют собой ледниковые образования трех морен и сопутствующих им водно-ледниковых отложений (Вагнер, 2003).

Исследуемая территория расположена в южной части Московского артезианского бассейна. Основные водоносные породы здесь представлены трещиноватыми известняками и мергелями каменноугольного и девонского периодов. Для водоснабжения населенных пунктов и промышленных объектов используются преимущественно водоносные горизонты каменноугольного возраста, как правило, подольско-маяковский. Мезозойско-кайнозойский водоносный комплекс охватывает почти всю территорию региона, за исключением зоны Щелковского поднятия, где породы этого комплекса практически полностью разрушены

эрозией (Генеральный план...). Разгрузка вод комплекса осуществляется в виде многочисленных родников

В последние десятилетия в Подмоскowie возрастает общая площадь застроенных территорий в связи с переводом земель из лесных в нелесные для последующего использования. С увеличением размеров населенных пунктов и площади сельскохозяйственных земель в области растет антропогенная нагрузка на водные объекты. Несмотря на то, что по сравнению с остальными городскими округами Щелковский городской округ наименее подвержен изменениям в плане застройки и освоения (Карпачевский и др., 2009), на подземные воды все равно оказывается техногенное влияние промышленных и бытовых стоков, изменяющее условия формирования состава вод.

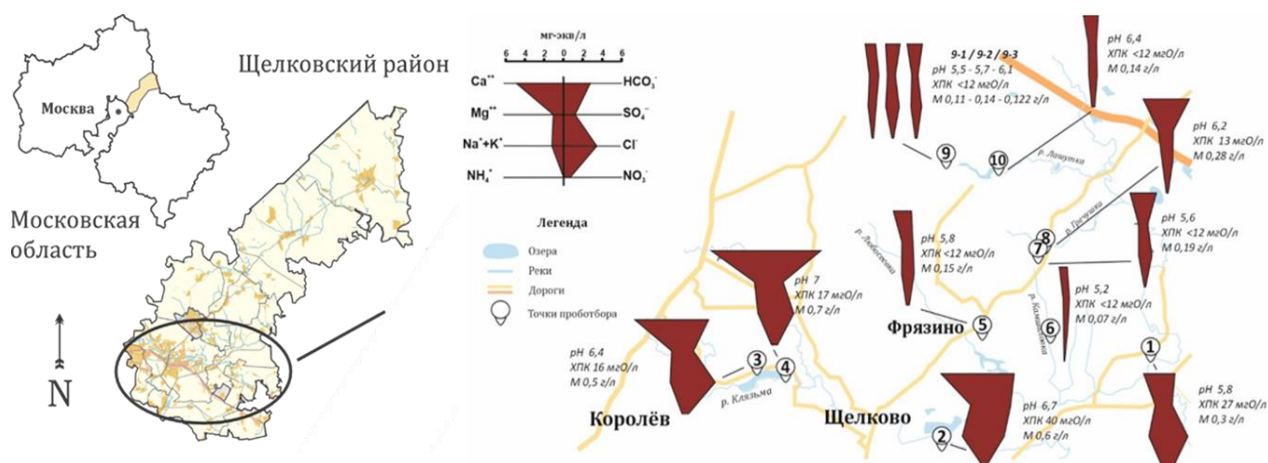


Рисунок 1. Расположение исследуемых родников на территории Щелковского городского округа и распределение родниковых вод по составу

Опробование вод родников проводилось в сентябре 2023 года, в ходе отбора фиксировались координаты местоположения родников, измерялся расход родника, а также температура воды, pH и электропроводность (с использованием тестера BLE-C600). Для определения содержания микроэлементов порцию воды фильтровали через мембранный фильтр 0,45 мкм и консервировали азотной кислотой. Общую жесткость и содержание ионов HCO_3^- и Cl^- определяли методом объемного титрования, NH_4^+ и NO_3^- - методом потенциометрии, SO_4^{2-} - методом рентгенофлуоресцентного анализа (Лубкова, 2022), содержания Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ получены методом ИСП-МС с использованием оборудования для высокочувствительного элементного анализа состава природных объектов SUPEC 7000, Focused Photonics Inc (приобретен по Программе развития МГУ).

Воды изучаемых родников пресные, слабоминерализованные ($M=0,1-0,7$ г/л), значения pH варьируют от 5,2 до 7,0, значение показателя жесткости доходит до 8 мг-экв/л. Соотношение катионов в водах согласно их содержанию следующее (мг/л): $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$; состав анионов смешанный, но для большинства проб верно: $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^-$ (Гусарова и др., 2024). Распределение вод родников по составу приведено на рис.1 с помощью диаграмм Стиффа.

Выводы

Состав вод исследуемых родников формируется за счет взаимодействия атмосферных вод с породами мезозойско-кайнозойского водоносного комплекса (Гусарова и др., 2024). Для определения влияющих факторов состава воды была составлена матрица из диаграмм

соотношений определенных катионов и анионов воды в зависимости от их нахождения в природных и антропогенных соединениях.

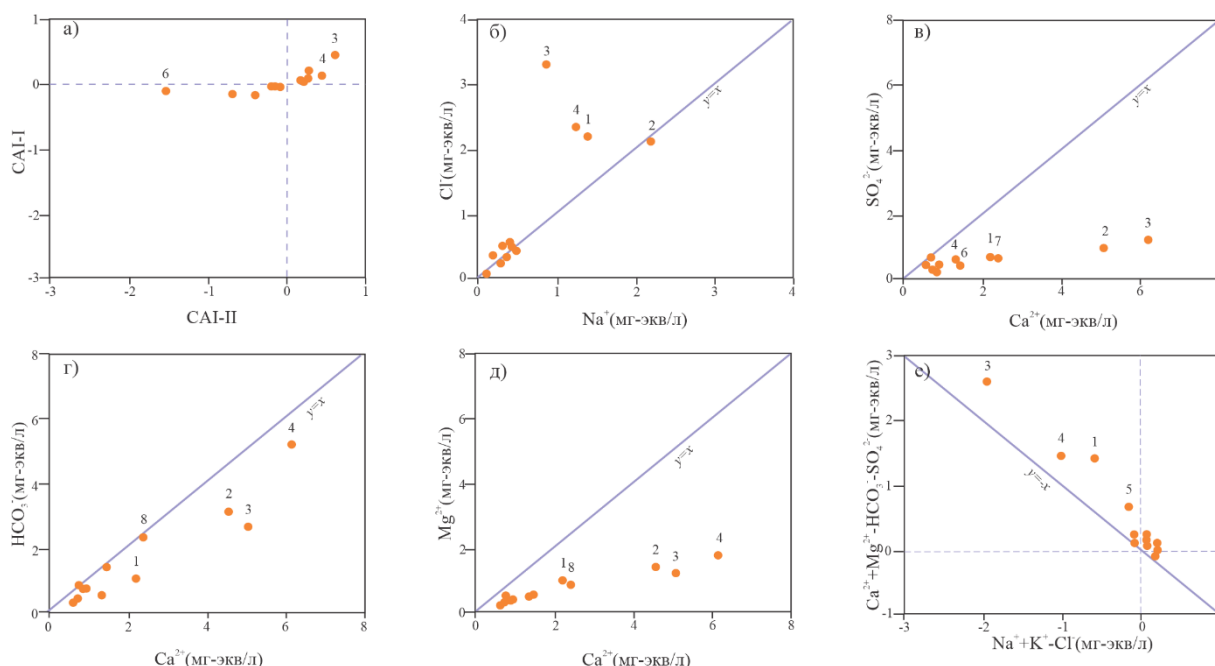


Рисунок 2. Ионные соотношения

Описание направления ионного обмена в водах проводится с помощью расчета индекса CAI-I и CAI-II по следующим формулам (все значения в мг-экв/л):

$$CAI - 1 = \frac{Cl^- - (Na^+ + K^+)}{Cl^-}, \quad CAI - 2 = \frac{Cl^- - (Na^+ + K^+)}{HCO_3^- + SO_4^{2-} + CO_3^{2-} + NO_3^-},$$

Родники разделились в зависимости от положительности или отрицательности индекса CAI (рис. 2а). Данный результат свидетельствует о том, что для исследуемых вод характерна как прямая (1), так и обратная (2) реакция ионного обмена:



Для прямой реакции необходим Ca^{2+} , который характерен для вод исследуемых родников, где состав преимущественно HCO_3^- -Ca. В обратной реакции значимую роль играет исходное преобладание Na^+ в воде, что не типично для подземных вод изучаемой территории.

Расчет соотношения ионов Na и Cl (рис. 2б) показал, что для ряда проб содержание Cl^- превышает линию $y=x$, что свидетельствует о дополнительном источнике хлорид-иона. Если бы содержание Na^+ превышало Cl^- , это указывало бы на естественный процесс поступления натрия за счет выветривания силикатов. Однако в данном случае избытка Na^+ по сравнению с Cl^- не наблюдается.

На диаграмме 2г показано соотношение ионов HCO_3^- и Ca^{2+} , где для части проб содержание Ca^{2+} значительно превышает HCO_3^- . Это может свидетельствовать о поступлении кальция из дополнительных источников, например, растворении гипса.

Диаграмма 2в демонстрирует соотношение ионов Ca^{2+} и SO_4^{2-} , позволяющим учесть фактор растворения гипса при формировании состава вод. Почти для всех проб равновесие

между данными ионами нарушено — содержание кальция выше равновесного в 2-4 раза. Таким образом, можно утверждать о присутствии избыточного количества Ca^{2+} в водах, не связанного с растворением сульфата кальция.

На диаграмме 2д показано соотношение Mg^{2+} и Ca^{2+} . Очевидно, что для большинства проб отношение $\text{Ca}:\text{Mg}$ составляет 2,5–3:1, что значительно выше, чем при растворении доломита, для которого характерно соотношение $\text{Ca}:\text{Mg}$ около 1,6.

На диаграмме 2е представлено соотношение $(\text{Ca}+\text{Mg}-\text{SO}_4-\text{HCO}_3)$ и $(\text{Na}+\text{K}-\text{Cl})$. Большинство проб расположено вблизи начала координат, что свидетельствует о равновесии компонентов. Пробы, попавшие в область отрицательных значений по x , характеризуются избытком Cl^- и Ca^{2+} . Эти же родники попали в область мало возможного в существующих условиях обратного катионного обмена (рис. 2а). На основании анализа диаграмм 2б–д избыток Ca^{2+} и Cl^- можно объяснить техногенным вкладом в формирование состава воды, в частности широким использованием хлористого кальция в качестве противогололёдного реагента и компонента строительных смесей (Аржанухина, 2010).

Техногенный фактор также связан с активным применением азотсодержащих удобрений в сельском хозяйстве и частных хозяйствах Щелковского района, что отражено повышенными концентрациями NO_3^- в родниковых водах (рис.1).

Согласно полученным данным, формирование состава родниковых вод связано с инфильтрацией атмосферных осадков через толщу современных отложений, подверженных техногенной нагрузке в результате деятельности дорожно-коммунального хозяйства, строительной промышленности и агрогенного преобразования почвенного покрова.

Библиография

1. Аржанухина С. П. Отраслевые особенности применения хлорида кальция //Строительные материалы. – 2010. – №. 10. – С. 60-61.
2. Вагнер Б. Б. Манучарянц Б. О. Геология, рельеф и полезные ископаемые Московского региона. Учебное пособие по курсу «География и экология Московского региона». — М.: МГПУ, 2003. — 92 с.
3. Гусарова Д. С., Филатова О. Р., Яблонская Д. А. Эколого-гидрохимическая оценка состояния вод родников Щелковского городского округа Московской области // Молодые – наукам о Земле: Материалы XI Международной научной конференции. — Т. 2. — Российский государственный геологоразведочный университет им С. Орджоникидзе Москва МГРИ: 2024. — С. 7–10.
4. Генеральный план городского округа Щёлково московской области. Том 2. Охрана окружающей среды. <https://shhyolkovo.ru/normativnye-dokumenty/arkhitektura-i-gradostroitelstvo/utverzhdennyu-generalnyy-plan-gorodskogo-okruga-shchyelkovo> Дата доступа: 15.03.2024
5. Карпачевский М. Л., Ярошенко, А. Ю., Зенкевич, Ю. Э., Аксенов, Д. Е., Егоров, А. В., Журавлева, Н. В. Рогова, О. М. Тихомирова, Антонова Т. А., Куракина И. Н., Комарова А.Ф. Природа Подмоскovie: утраты последних двух десятилетий //М.: Издательство Центра охраны дикой природы. – 2009. – 92 с.
6. Лубкова Т.Н., Липатникова О.А., Филатова О.Р., Балыкова И.В. Рентгенофлуоресцентный анализ сульфат-иона в водных растворах по методу высушенной капли с использованием портативного спектрометра // Вестн. Моск. ун-та. -2022. – Сер. 4. Геология. – № 2. – с.59-76.

Особенности определения перхлорат-иона в пробах хлоридных сточных вод методом капиллярного электрофореза

***Филатова О.Р.* (МГУ им. М.В.Ломоносова, filatovaor@my.msu.ru),
Лубкова Т.Н. (МГУ им. М.В.Ломоносова, lubkovatn@my.msu.ru)***

Аннотация

Перхлораты и другие хлорсодержащие анионы (хлорат- и хлорит-ионы) широко используются в различных отраслях промышленности, сельском хозяйстве, медицине и хозяйственно-бытовой сфере; их поступление со сточными водами в окружающую среду приводит к ухудшению качества водных ресурсов и создает опасность для здоровья человека. Одним из методов определения перхлоратов в воде является капиллярный электрофорез (КЭ). Отечественная методика измерений разработана для пресных питьевых вод. Хозяйственно-бытовые стоки могут характеризоваться повышенной минерализацией, в том числе за счет присутствия хлоридов, которые мешают определению. Для снижения влияния хлоридов предложен способ их предварительного осаждения из измеряемой аликвоты раствора эквивалентным количеством фторида серебра. Такой подход позволяет анализировать пробу сточных вод без разбавления, сохраняя предел обнаружения перхлоратов на уровне, установленном для пресных вод.

Ключевые слова

Капиллярный электрофорез, перхлорат-ион, сточные воды, хлориды

Источники финансирования

Исследование выполнено в рамках госбюджетной темы «Развитие комплексных методов физической, прогнозно-поисковой и экологической геохимии» (№ ЦИТИС: 121061600048-7)

Теория

Перхлораты оказывают неблагоприятное воздействие на здоровье человека при попадании в организм вместе с пищей и питьевой водой. Близость ионных радиусов перхлорат-иона и йодида обуславливает возможность замены последнего в щитовидной железе, что приводит к нарушению выработки гормонов и обмена веществ в целом (Urbansky, 2002). В компонентах окружающей среды перхлорат-ион может иметь как природное, так и антропогенное происхождение. К природным источникам ClO_4^- относятся фотохимические реакции в атмосфере, извержения вулканов, трансформация хлорорганических соединений. В условиях засушливого климата возможна аккумуляция перхлората в почвах и растительности из-за жизнедеятельности микроорганизмов, процессов капиллярного поднятия влаги и геоморфологических условий (Cao et al., 2019). Однако антропогенные источники играют первостепенную роль в процессах миграции и накопления перхлоратов в окружающей среде. Поступление ClO_4^- связано со сгоранием ракетного топлива, проведением взрывных работ, запуском сигнальных ракет и фейерверков; аномалии ClO_4^- фиксируются вблизи объектов электрохимической и фармацевтической промышленности, в сельскохозяйственных районах. Кроме того, для обеззараживания воды используют раствор гипохлорита натрия или кальция, содержащий, как правило, хлорат- и перхлорат-ионы.

Перхлораты характеризуются высокой растворимостью и миграционной способностью в водных растворах, при этом слабо сорбируются минеральной фазой почв. Поэтому повышенное содержание перхлорат-иона в сточных водах может приводить к загрязнению подземных и поверхностных вод, используемых для водоснабжения. В РФ ПДК перхлорат-

иона в питьевой воде и воде подземных и поверхностных водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования составляет 0,07 мг/л; дополнительно, согласно СанПиН 1.2.3685-21, нормируется содержание перхлората аммония как компонента ракетного топлива (ПДК 2 мг/л, что составляет 1,7 мг/л в расчете на перхлорат-ион).

Определение содержания перхлорат-иона в объектах окружающей среды проводят методами титриметрии, гравиметрии, спектрофотометрии, потенциометрии, капиллярного электрофореза, ионной хроматографии и масс-спектрометрии. Использование титриметрических и гравиметрических методов обосновано для проб с ожидаемым высоким содержанием перхлоратов ($n \cdot 10$ мг/л). Для анализа вод с низкой ожидаемой концентрацией ClO_4^- ($n \cdot 10^{-3}$ мг/л и ниже), как правило, используют спектрофотометрические методы, ионную хроматографию с предварительным концентрированием и жидкостную хроматографию с масс-спектрометрическим детектированием (Куликов и др., 2014; Sursyakova, Rubaylo, 2018). Использование в спектрофотометрии органических растворителей, проявляющих токсичные свойства и обладающих относительно невысокой селективностью, ограничивает применимость метода. К недостаткам хроматографии с масс-спектрометрическим окончанием можно отнести высокую себестоимость и сложность аналитической процедуры. В настоящее время активно развиваются методы капиллярного электрофореза, которые позволяют определить в анализируемой аликвоте ($n \cdot 10$ нл) содержание хлорат-, перхлорат- и хлорит-ионов. В РФ ведущим производителем систем капиллярного электрофореза является фирма «Люмэкс».

В данном исследовании содержание перхлорат-иона в пробах сточных вод определяли с помощью Системы капиллярного электрофореза со спектрофотометрическим окончанием «Капель-205», приобретенной за счет средств Программы развития Московского университета им. М.В.Ломоносова.

Разделение определяемых компонентов происходит под действием тока высокого напряжения (-20 кВ) в кварцевом капилляре (внутренний диаметр 75 мкм, полная длина 60 см) в течение 4 мин в буферном растворе, содержащем 9 мМ р-р 3-нитробензойной кислоты, 9.7 мМ р-р трис(оксиметил)аминометана (ТРИС) и 0.3 мМ р-р цетилтриметиламмония бромиды (ЦТАБ). Проба вводится в капилляр гидродинамически (давление 30 мбар). Детектирование косвенное фотометрическое в УФ области при 266 нм. Обработка полученных электрофореграмм (ЭФГ) осуществляется с помощью встроенного программного обеспечения «Эльфран». Дополнительно для удаления гидрокарбонат-иона используется катионит КУ-2-8-ЧС, Н-форма. Согласно методике измерений в питьевых водах хлорид-, сульфат- и нитрат-ионы не оказывают существенного мешающего влияния на определение содержания перхлорат-ионов (рис.1).

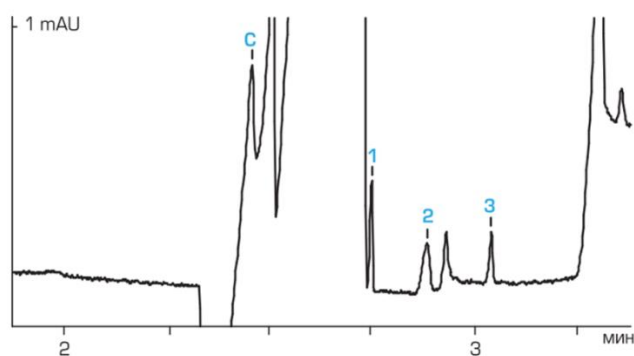


Рисунок 1. Пример ЭФГ водопроводной воды с добавкой: С – сопутствующие анионы (хлорид-, сульфат-, нитрат-ионы); 1 – хлорат-ионы (0,5 мг/л); 2 – перхлорат-ионы (0,5 мг/л); 3 – хлорит-ионы (0,2 мг/л) (Методика..., 2012)

В анализируемых пробах сточных вод содержание Cl^- достигало 2,5 г/л. Вследствие высокой концентрации пик хлорида на ЭФГ перекрывал пик перхлорат-иона (рис.2.а).

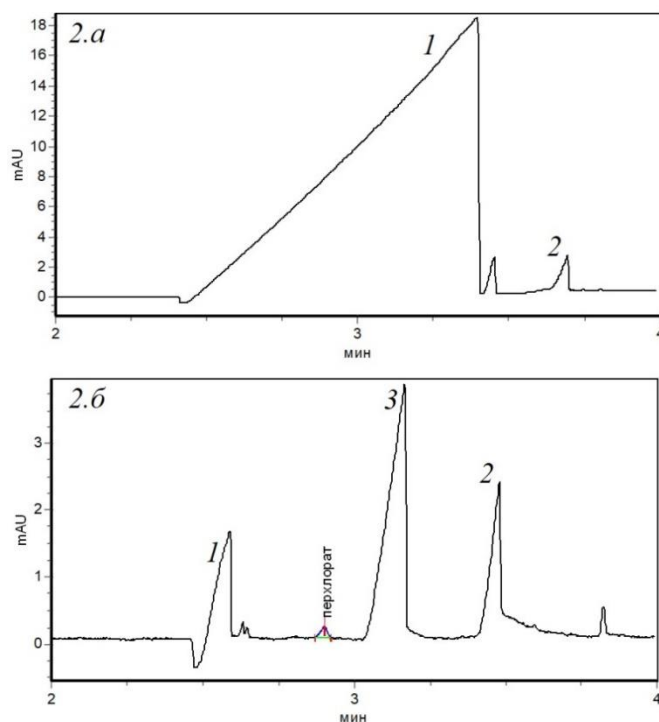


Рисунок 2. ЭФГ пробы сточной воды (содержание хлорид-иона 380 мг/л, перхлорат-иона 1,1 мг/л) до пробоподготовки (2.а) и после удаления хлоридов при внесении AgF с последующим связыванием фторид-ионов добавлением гидроокиси кальция (2.б) : 1 – хлорид-ион; 2 – гидрокарбонат-ион; 3 – фторид-ион

Разбавление пробы для удаления мешающего влияния Cl^- в некоторых случаях приводило к снижению концентрации ClO_4^- ниже предела обнаружения. Удаление из пробы хлорид-ионов проводили путем внесения аликвоты 1М р-ра AgF ($n \cdot 10$ мкл на 1,5 мл анализируемой пробы в зависимости от количества Cl^-) с последующим связыванием фторид-иона в остаток при добавлении $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (не более 10 мкг) и отделением раствора путем центрифугирования. Внесение AgNO_3 не является эффективным из-за невозможности последующего удаления нитрата, который будет мешающим ионом при определении перхлоратов. ЭФГ пробы сточной воды после удаления хлорид-ионов представлена на рис.2.б.

Предварительное удаление хлоридов позволяет определять содержание перхлоратов в сточных водах на уровне 0,2 мг/л и более. При этом использование приведенной схемы пробоподготовки не оказывает существенного влияния на воспроизводимость результатов (ошибка в условиях повторяемости для содержания перхлоратов 1 мг/л не превышает 5%).

Выводы

Прямое определение содержания перхлорат-иона в сточных водах методом капиллярного электрофореза может быть затруднено из-за мешающего влияния хлоридов. Дополнительная двухступенчатая схема подготовки, включающая предварительное удаление хлоридов из измеряемой аликвоты раствора эквивалентным количеством фторида серебра с последующим связыванием фторид-ионов добавлением гидроокиси кальция, позволяет выполнять анализ сточных вод без разбавления, с сохранением нижнего предела обнаружения (0,2 мг/л) и высокой воспроизводимости результатов.

Библиография

1. Куликов П.Н., Наянова Е.В., Елипашева Е.В., Сергеев Г.М. Ионохроматографическое определение перхлоратов в питьевой воде с предварительным микроэкстракционным концентрированием // Аналитика и контроль, 2014. Т.18. №1. С.76-81.
2. М-01-52-20212 «Вода питьевая. Методика измерений массовой концентрации хлорат-, перхлорат- и хлорит-ионов методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель». Санкт-Петербург, 2012. 32 с.
3. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания (с изменениями на 30 декабря 2022 года). Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 26.02.2025).
4. Cao F., Jaunat J., Sturchio N., Cancès B., Morvan X., Devos A., Barbin V., Ollivier P. Worldwide occurrence and origin of perchlorate ion in waters: A review. Science of the Total Environment, 2019. V. 661. P. 737-749.
5. Sursyakova V.V., Rubaylo A.I. Determination of chlorate and perchlorate ions in drinking water using capillary electrophoresis. Journal of Siberian Federal University. Chemistry, 2018. V. 11. P. 361-368.
6. Urbansky E.T. Perchlorate as an environmental contaminant. Environmental Science and Pollution Research, 2002. V.9. P.187-192.

Российско-монгольские полевые эколого-географические практики студентов: опыт сотрудничества МГРИ-MSUE

***Хлебосолова О.А.* (МГРИ, hlebosolovaoa@mgri.ru),
Хадбаатар С. (MSUE, khadbaatar@msue.edu.mn),
Щербакowa К.А. (МГРИ, sherbakova.k5enia@yandex.ru),
Пунцагноров О. (MSUE, khadbaatar@msue.edu.mn)***

Аннотация

В статье рассматривается опыт сотрудничества Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе (МГРИ) и Монгольского государственного университета образования (MSUE) при проведении совместных полевых учебных студенческих практик (2023–2024). Обсуждаются особенности формирования общекультурных и профессиональных компетенций будущих географов и экологов в процессе проведения практик в формате экспедиции и радиальных выездных маршрутов. Первый формат был апробирован в Монголии с 27 мая по 7 июня 2023 г. при проведении практики из Улан-Батора в Восточную Гоби, в ходе которого организованы 7 тематических маршрутов общей протяженностью 80 км, завершившиеся по возвращении обработкой материалов, подготовкой коллекций и зачетом. Второй вариант использован во время практики в России, проходившей с 19 июня по 1 июля 2024 г. в Москве и Московской области, при проведении 8 тематических маршрутов общей протяженностью 62 км, лекционных и камеральных занятий и зачета по ее итогам. Анализ результатов практики и отзывов студентов показал высокую значимость включения в практику, помимо учебной работы, научно-исследовательской деятельности, эколого-волонтерской и общественно-просветительской, а также личного взаимодействия с природным и культурно-историческим наследием стран и их регионов.

Ключевые слова

Учебные полевые практики студентов, общекультурные и профессиональные компетенции, экспедиционный формат, формат радиальных выездных маршрутов, российско-монгольское сотрудничество

Теория

Подготовка кадров высшей квалификации по направлениям «Экология и природопользование» и «География» предусматривает ежегодное проведение учебных полевых студенческих практик, направленных на изучение природных и культурно-исторических объектов территории, закрепление теоретических знаний, овладение методами полевых эколого-географических исследований, оформление отчетной документации и научных коллекций. В ходе проведения полевых практик студенты овладевают основными профессиональными и общекультурными компетенциями, получают ценный опыт социального взаимодействия, командной работы и жизни в окружении природы. Полевые учебные практики следует рассматривать в качестве краеугольного элемента подготовки будущего эколога и географа, проверки его знаний, умений, личных качеств, системы ценностей.

Понимание особой значимости организации полевых учебных практик объединяет вузы России и Монголии, в том числе, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ) и Монгольский государственный университет образования (MSUE). Целью данной статьи служит анализ результатов российско-монгольских полевых учебных студенческих практик, проводившихся МГРИ и MSUE в 2023–2024 гг.

Сотрудничество Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» и Монгольского государственного университета образования (Mongolian National University of Education) началось в 2018 году, когда между вузами был подписан Меморандум о взаимопонимании, академическом обмене и сотрудничестве. В 2023 году он был дополнен Договором о практической подготовке, позволившем организовать совместные полевые учебные практики. По итогам их проведения в июле 2024 года между университетами состоялось подписание Меморандума о сотрудничестве в различных областях:

1. Международные академические обмены (студентами, преподавателями, научным персоналом и т.д., по согласованию обеих Сторон);
2. Разработку и реализацию совместных образовательных программ для получения степеней бакалавра, магистра, кандидата наук и доктора наук;
3. Совместную научно-исследовательскую деятельность;
4. Реализацию других совместных проектов в области образования, научных исследований и издательской деятельности;
5. Программы двух дипломов;
6. Совместные научные мероприятия и выставки;
7. Согласование образовательной деятельности;
8. Направление лекторов для содействия реализации согласованных академических программ;
9. Создание лабораторий или исследовательских центров в области горного дела и геологической инженерии;
10. Совместное руководство научной работой по подготовке научных кадров высшей квалификации.

Перспективы дальнейшей совместной работы базируются на позитивных результатах сотрудничества вузов, прежде всего, в организации совместных полевых учебных студенческих практик. Основные усилия по их проведению были приложены коллективами кафедры экологии и природопользования экологического факультета МГРИ и кафедры географии института математики и естественных наук MSUE, а также руководством двух университетов, обеспечившим возможность направления студентов и преподавателей для прохождения практик. Общими особенностями практик, помимо реализации заявленных в образовательных стандартах и рабочих программах требований, стала совместная работа студентов и преподавателей по следующим направлениям: Учебная работа – Научно-исследовательская деятельность студентов – Эколого-волонтерская работа – Общественно-просветительская деятельность – Изучение природного и культурно-исторического наследия стран и регионов [3].

В 2023 году полевая практика проходила на территории Монголии с 27 мая по 7 июня с участием 43 студентов, включая группу из четырех российских студентов (Галкина А., Наслузова В., Фомичева М., Черняева Д.) под руководством профессора кафедры экологии и природопользования МГРИ О.А. Хлебосоловой (рис. 1). В 2024 году совместная практика была организована в России с 19 июня по 1 июля с участием 45 студентов, включая группу из четырех монгольских студентов (Алтанчимэг Хуслэн, Идэр Намуунзул, Пунцагноров Оюундалай, Ширбазар Мипан) под руководством профессора кафедры географии MSUE Сандага Хадбаатара (рис. 2).



Рисунок 1. Участники совместной полевой учебной практики в Монголии (Восточная Гоби, массив Цагаан-Суварга, 2023)



Рисунок 2. Участники совместной полевой учебной практики в России (Московская область, окрестности Дзержинского карьера, 2024)

Практика в Монголии носила экспедиционный характер и началась в столице страны Улан-Баторе с установочной конференции и подготовки оборудования и транспорта (перемещение осуществлялось на автобусе, проехавшем 2200 км) [2]. В течение следующих дней проводились пешие полевые маршруты по Восточной Гоби с посещением древнего гранитного массива Бага газрын чулуу, разноцветных глинистых склонов Цагаан-Суварга, эрозионной пещеры и обнажения пиллоу-лав (Мандал-Гоби - Даланзадгад - Булган сомон), песчаных обрывов Баяндзаг (сомон Булган), группы плейстоценовых вулканов Хоюр Хайерхан уул, далее по направлению Даланзадгад - Мандал-Гоби к массиву Элсэн тасархай с размещением в Экспериментальном исследовательском центре ЮНЕСКО по борьбе с опустыниванием (Зоргол хайерхан уул) и возвращением в Улан-Батор [4]. Всего было пройдено 7 тематических маршрутов, протяженностью 80 км. В последующие дни проводилась камеральная обработка собранных материалов, коллекций, написание и защита отчетов, зачет.

Практика в России была организована в формате радиальных выездных маршрутов и проходила в пределах ООПТ и других объектов Москвы и Московской области [1]. После установочной конференции и лекционных занятий было проведено 8 маршрутов общей протяженностью 62 км, в ходе которых студенты побывали в государственном природном заказнике «Воробьевы горы», Домодедовском известняковом карьере, государственном музее-заповеднике «Царицыно», музее-заповеднике «Коломенское», национальном парке «Лосиный остров», природном парке «Битцевский лес», Дзержинском песчаном карьере, ландшафтном заказнике «Теплый Стан». По ходу практики была организована камеральная обработка материалов на базе лабораторий МГРИ, а по ее итогам прошла защита полевых дневников и бригадных отчетов, дифференцированного зачета.

Выводы

Анализ итогов проведения российско-монгольских полевых учебных практик и впечатлений участников свидетельствует об их особой роли в расширении знаний и компетенций студентов и преподавателей, мотивации к научному поиску и личностному развитию. Уникальность подобных практик состоит в погружении ее участников в иную природную и социальную среду, освоении культурного кода стран-соседей, что становится прочной основой сотрудничества и взаимопонимания. Радость совместной учебы, общения, путешествий и совместного досуга ощущали все участники практики. Российские студенты во время практики в Монголии особенно отметили посещение музея Чингисхана, путешествие на верблюдах по барханам, участие в интервьюировании пастухов, изучение звездного неба во время ночной экскурсии в пустыне, опыт проживания в палатках во время пыльной бури со скоростью ветра до 36 м/сек, совместное проведение акции РГО «Ночь географии». Монгольские участники экспедиции с особой теплотой вспоминают прогулки на речном трамвайчике по реке Москва, посещение Третьяковской галереи и выставки «Россия» на ВДНХ, знакомство с Дарвинским и Палеонтологическим музеями, посещение арт-пространств и храмов Москвы.

Библиография

1. Москва и Московская область: учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков: учебн. пособие / Хлебосолова О.А., Абрамова Е.А., Буфетова М.В., Гусейнов А.Н., Иванов А.А., Мазаев А.В., Савушкина Е.Ю., Слащева А.В., Щерба В.А. – М.: Изд-во ОнтоПринт, 2020. – 180 с.
2. Хаббаатар С. Учебная полевая практика по физической географии в Восточной Гоби (результаты краткой поездки) / С. Хадбаатар, Ц. Хурэлбаатар, О.А. Хлебосолова, С.Н. Абдульмянов // Туризм и геоэкология горных регионов / Материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Горно-Алтайск, 2024. – С. 126-134.
3. Хлебосолова О.А., Даньшин А.И. Развитие географической науки в России и Монголии: потенциал взаимодействия в современном глобальном и евразийском контексте // География в школе. – 2024. – № 2. – С. 58-61.
4. The Physical Geography of Mongolia / Ed. Batchuluun Yembuu, Springer Nature Switzerland AG. 2021. - 218 p.

**Оценка влияния боковых притоков на экологическое состояние
Краснодарского водохранилища**

**Афанасьева А.А.* (Государственный университет по землеустройству,
afanaasyeva@mail.ru),**

**Курбатова И.Е. (Институт водных проблем РАН, Московский университет геодезии и
картографии, irenkurb@yandex.ru)**

Аннотация

В работе представлена методика изучения влияния боковых притоков на трансформацию Краснодарского водохранилища, разработанная на основе совместного использования картографического и дистанционного методов и ГИС-технологий. В качестве объекта исследования выбрана р. Пшиш, второй по величине приток после р. Белой. В основе проводимых исследований лежит концепция изучения экологического состояния водохранилищ и водосборов боковых притоков как единого геосистемного пространства «водосбор-водоток-устье-приемный водоем». Прослежена сезонная динамика заиления устья р. Пшиш с помощью водного индекса MNDWI. Составлены карты высотной поясности водосбора и антропогенной нагрузки.

Ключевые слова

Водохранилище, заиление, водосбор, спутниковый мониторинг, антропогенное влияние

Источники финансирования

Работа выполнена в рамках темы № FMWZ-2025-0002 Государственного задания ИВП РАН

Теория

Заиление водохранилищ – закономерный естественный процесс, которому подвержены практически все искусственные водоемы, при этом долговечность водохранилища зависит от скорости поступления наносов и их объема [1]. Уникальность ситуации, сложившейся в Краснодарском водохранилище, созданном на р. Кубань в 1975 г. площадью 400 км², заключается в стремительном заилении, результатом которого стало формирование гигантской перемычки из илистых отложений рек Кубани и Белой, разделившей водохранилище на два самостоятельных водоема уже через 20 лет (рис.1). Основные причины, спровоцировавшие активность заиления водоема, рассмотрены в работах [2, 4, 6].

Маловодный период 2020-2024 гг. привел к резкому сокращению общего объема воды, с сентября по декабрь в чаше водохранилища оставалось лишь 6-10% от всего объема. Устьевые области притоков (бывшие эстуарии) также обмелели и заполнились наносами.

Цель данной работы – выявить взаимовлияние второго по величине бокового притока реки Пшиш и его водосбора с Краснодарским водохранилищем в современных условиях. Река Пшиш, длиной 258 км и площадью водосбора 1850 км², берет начало на склонах северного Кавказа на высоте 1839 м. Водный режим р. Пшиш характеризуется интенсивными паводками в осенне-зимний период и довольно устойчивой летне-осенней меженью. Модуль годового стока взвешенных наносов в створе водпоста составляет 260 т/год с 1 км², влекомых – 14 т/год [3]. Такие величины твердого стока определяются водной эрозией, которая особенно сильно проявляется в горных и предгорных частях бассейна.

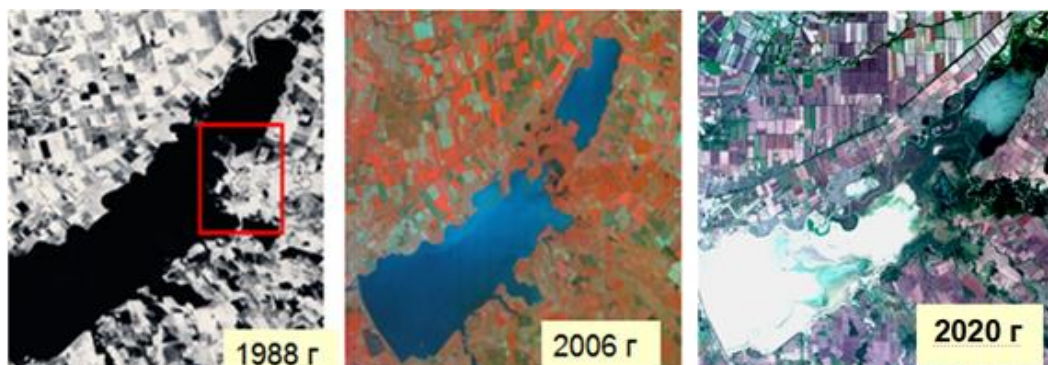


Рисунок 1. Спутниковый мониторинг заиления Краснодарского водохранилища наносами рек Кубань и Белая (спутниковые снимки из архива авторов)

Для определения качественного состава выноса загрязняющих веществ с подстилающей поверхности водосбора р. Пшиш с помощью спутниковой информации было выполнено обновление содержания топографической карты и нанесены контуры хозяйственных объектов (см. легенду рис. 2).

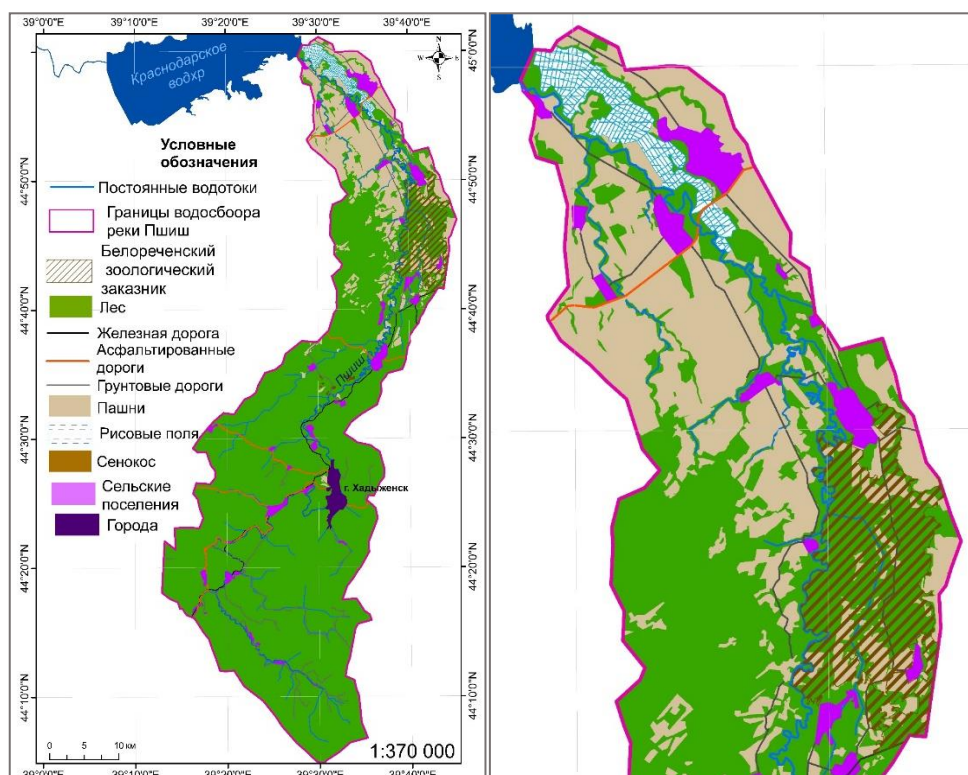


Рисунок 2. Слева – карта антропогенной нагрузки на водосбор; справа – увеличенный фрагмент карты

Основными источниками загрязнения водохранилища являются сельскохозяйственные угодья, приуроченные к территориям с высотой до 100-150 м. В непосредственной близости к водохранилищу расположены рыбозаводы, вдоль реки – рисовые поля, требующие большого количества воды, пестицидов и удобрений. На снимках хорошо видно, что вдоль речной сети лесоперерабатывающими предприятиями полностью сведены лесные массивы. В районе г.

Хадыженск ведется добыча нефти и песчано-гравийной смеси, в сельских населенных пунктах отсутствует канализация. Подавляющая часть загрязняющих веществ (нефтепродукты, сульфаты, хлориды, нитраты, сточные воды и др.) с водосбора поступает в реку и затем транспортируется частицами твердого стока в приемный водоем и в конечном счете накапливается на осыхающих мелководьях и в донных отложениях водохранилища.

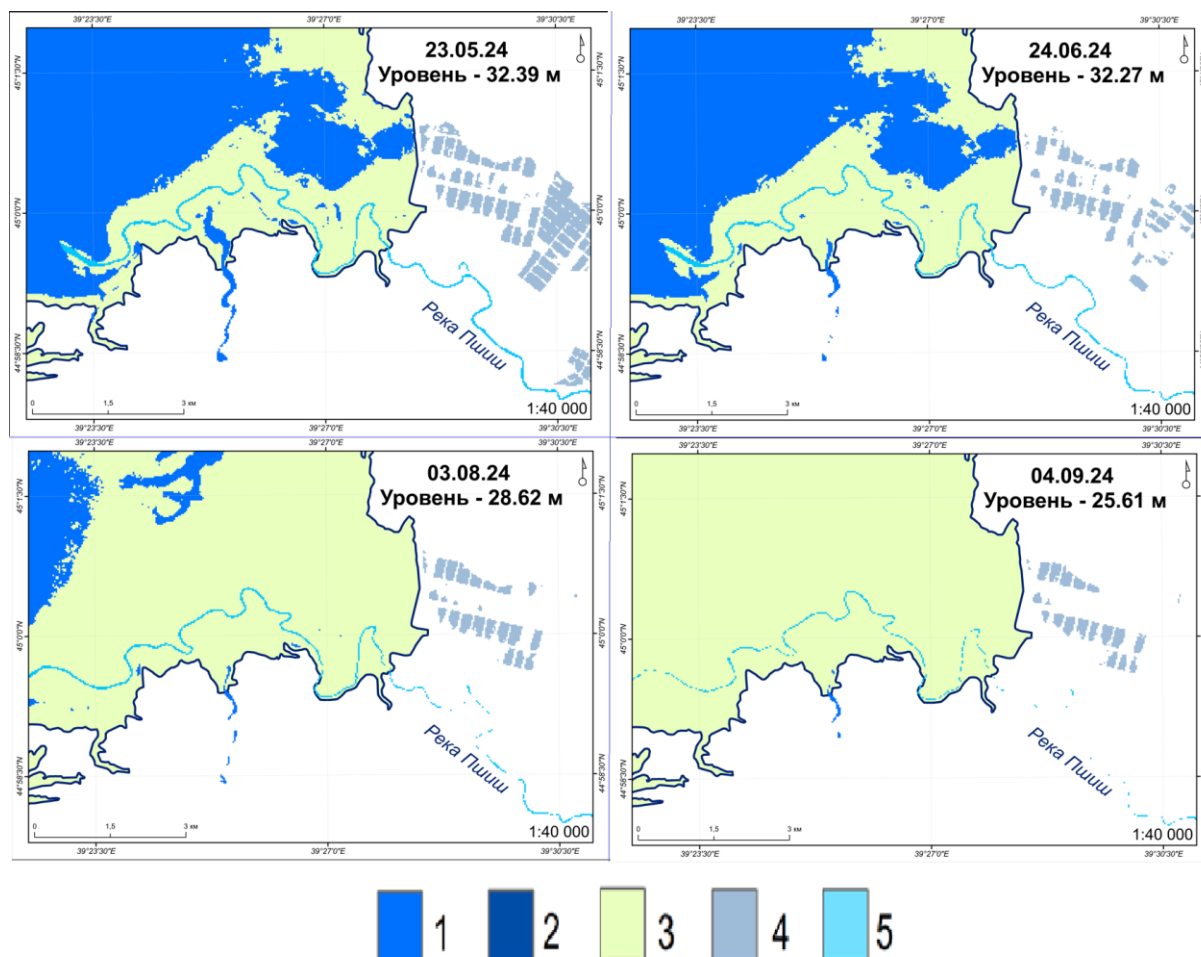


Рисунок 3. Восстановление русла р. Пшиш при разных положениях уровней Краснодарского водохранилища в мае, июне, августе и сентябре 2024 г. Изображения индекса MNDWI Landsat 8-9
1 - водная поверхность; 2 - граница НПУ; 3 - зона осушки; 4 - рисовые поля; 5 - р. Пшиш

Важную роль в изучении поступления речных наносов играет формирование дельты реки в современных нестабильных условиях маловодного периода. Регулярное получение спутниковой информации обеспечивает возможность наблюдения за многолетними и сезонными изменениями уровня водохранилища в зоне переменного подпора на момент съемки [5]. Анализ изображений, полученных с ИСЗ Landsat 8-9 за 2024 г. и использование расчетного водного индекса MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index) позволили получить динамику границы вода-суша для каждой даты съемки с конкретным уровнем водохранилища (по официальным данным Кубанского бассейнового управления).

На рис. 3 наглядно изображен бывший эстуарий р. Пшиш, полностью заполненный наносами реки, зафиксировано восстановление исторического русла р. Пшиш и формирование его дельты выдвигания в сторону открытой водной поверхности при уровне, близком к нормальному подпорному

уровню (32,75 м абс) в мае и июне 2024. Резкое обмеление водохранилища в августе и сентябре ниже уровня мертвого объема (25.85 м абс) на 24 см привело к полному обсыханию мелководной части водохранилища, примыкающей к перемычке. По данным [2] к 2018 г. р. Пшиш сформировала дельту выдвигения площадью 9,32 км², из которых почти 3 км² поверхности находится выше отметки нормального подпорного уровня, что может привести к ее зарастанию. К осени 2024 г. дельта выдвинулась еще на 2 км. Дальнейшее продолжение маловодного периода может привести к значительному сокращению водной поверхности водохранилища и активизации дельтообразования его притоков.

Выводы

При многолетнем формировании устьевых зон боковых притоков попеременно доминируют следующие факторы: аккумуляция наносов за счет волновой переработки берегов, постоянное снижение/повышение уровня водохранилища, отложение речных наносов в верхней части зоны переменного подпора, поступление загрязняющих веществ с водосбора и влияющих на экологическое состояние как устьев, так и самого водоема.

Использование многолетнего архива космических изображений и результатов их преобразований с помощью расчетных индексов позволяет получить важную и зачастую уникальную информацию о трансформации устьевых зон боковых притоков, о взаимовлиянии этих зон и приемного водоема в условиях современных климатических изменений.

Библиография

1. Беркович К.М. Руслые процессы на реках в сфере влияния водохранилищ. М.: Географический факультет МГУ. 2012. 163 с.
2. Лагута А.А., Погорелов А.В. Особенности дельтоформирования рек, впадающих в долинные водохранилища (на примере Краснодарского водохранилища) // Географический вестник = Geographical bulletin. 2019. №3 (50). С. 119–134. doi 10.17072/2079-7877-2019-3-119-134.
3. Лурье П.М. Водные ресурсы и водный баланс Кавказа. – СПб.: Гидрометеиздат, 2010. – 240 с.
4. Курбатова И.Е. Спутниковый мониторинг экологической катастрофы на Краснодарском водохранилище летом 2020 г.: природные и антропогенные предпосылки // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т.18. № 5. с.328-334.
5. Курбатова И.Е., Афанасьева А.А. Спутниковый мониторинг деградации Краснодарского водохранилища за последние 5 лет // Материалы 22-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва: ИКИ РАН, 2024. С. 365. DOI 10.21046/22DZZconf-2024a.
6. Погорелов А.В., Липилин Д.А., Курносова А.С. Спутниковый мониторинг Краснодарского водохранилища // Географический вестник = Geographical bulletin. 2017. №1(40). С. 130–137. doi 10.17072/2079-7877-2017-1-130-137.

***Модернизация городских очистных канализационных сооружений г.о. Самара
при реализации федерального проекта «Оздоровление Волги»***

***Андреева В.А. * (МГРИ, VAAndreevaveronika@yandex.ru),
Комаров Е.И. (МГРИ, e.i.komarov@rambler.ru)***

Аннотация

При реализации федерального проекта «Оздоровление Волги» выполнена модернизация изношенной инфраструктуры дождевой канализации городского округа Самары путем УФ-обеззараживания сточных вод и биологической доочистки от биогенных элементов, в результате чего удалось исключить основные источники негативного воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова

Обеззараживание сточных вод, канализация, реконструкция, федеральный проект, окружающая среда

Теория

Городские очистные канализационные сооружения (ГОКС) являются важнейшей частью всего коммунального хозяйства, требующей проведения мероприятий по техперевооружению для эффективной работы сооружений. ГОКС осуществляют механическую и полную биоочистку, обеззараживание сточных вод, поступающих от населения и промпредприятий, что является непростой задачей и требует не только, поддержания технически исправного состояния приёмных камер, сооружений биологической очистки, системы технологических насосных станций и так далее, но и напряжённого труда и постоянного внимания всего коллектива [1].

Система водоотведения г.о. Самара основана на двух обособленных системах: централизованная система хозяйственно-бытовой канализации и система городской дождевой канализации, которые в настоящий момент требуют комплексной реконструкции так как:

- во-первых, возросло население города,
- во-вторых, очистные сооружения, построенные в 1960-х годах выработали свой ресурс,
- в-третьих, технологии очистки во многом не соответствуют современным требованиям по удалению биогенных элементов [2].

Модернизация ГОКС не только позволяет решить проблемы эффективной работы для обеспечения очистки поступающих сточных вод и утилизации осадков сточных вод, но и способствует сокращению затрат на эксплуатацию систем, что возможно обеспечить путём проектного режима, соответствующей технической и инженерной подготовки, инвестиций и внедрения новейших инновационных технологий. В этой связи, актуальным становится комплексное моделирование систем подачи и распределения воды, которое позволяет в оперативном формате отслеживать изменения и анализировать возникновение возможных ситуаций риска. Инвестиционные программы для модернизации и технического перевооружения ГОКС направлены на экономию энергоресурсов, необходимых для рационального водопользования, снижения аварийности систем и защиту водных и биологических ресурсов.

Согласно Постановлению Правительства Самарской области от 26.07.2019 № 514 «Об утверждении государственной программы Самарской области «Оздоровление Волги. Строительство и реконструкция (модернизация) очистных сооружений централизованных систем водоотведения» и установления отдельного расходного обязательства области в

период с 2019-2024 гг. [3], проводились мероприятия по реконструкции ГОКС, необходимые для обеспечения технико-экономических показателей по снижению аварийности, потерь воды, удельного расхода на водоснабжение и повышению показателей по надёжности и качеству предоставляемых услуг населению и производствам на территории г.о. Самара.

Федеральным проектом делается акцент на мероприятия по улучшению экологической ситуации в акватории реки Волги путём снижения объёма доли загрязнённых сточных вод. Комплексная модернизация ГОКС с привлечением средств из федерального, регионального и местного бюджетов в размере 5,07 млрд. руб. проведена путём заключения концессионного соглашения с ООО «Самарские коммунальные системы» на исполнение двух мероприятий (рис. 1).

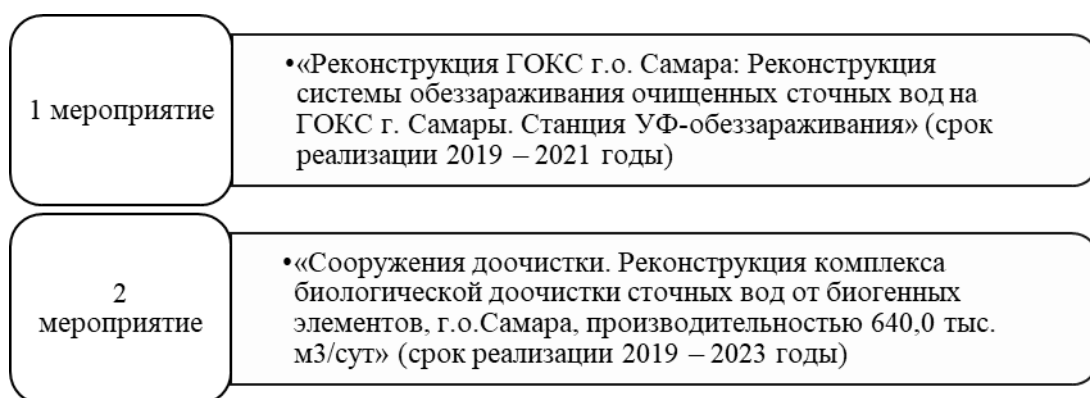


Рисунок 1. Мероприятия в рамках федерального проекта «Оздоровление Волги»

Комплексная реконструкция ГОКС основана на применении современных технологий, оборудования, конструирования и методов расчёта. Для реализации проекта реконструкции были проведены предварительные мероприятия. Впервые за все существование ГОКС г.о. Самара была проведена инвентаризация канализационных стоков, что позволило сформировать общий объём линий канализации, для последующей модернизации. На основании полученных данных разработана проектно-сметная документация по двум мероприятиям и проведены расчёты показателей эффективности использования бюджетных средств в рамках концессионного соглашения с исполнителем проектных решений.

Необходимость реконструкции ГОКС обусловлена необходимостью обеспечения обеззараживания вод, кроме того, производительности в 50 тыс. м³/сутки, ранее построенных сооружений стало недостаточно, в условиях роста населения и производственных мощностей. На конечном этапе очистки сточных вод на ГОКС происходит обеззараживание жидким хлором, что приводит к образованию хлорорганических соединений и хлораминов, а также к наличию остаточного хлора, которые губительно действуют на биоценоз Саратовского водохранилища – приёмника очищенных сточных вод. Следовательно, необходимо привести показатели обеззараживания вод к нормативам на объём почти 160 тыс. м³ в год [4].

Первым этапом в реализации мероприятия стало строительство Станции ультрафиолетового обеззараживания, которое позволяет исключить полностью стадию дехлорирования, что нивелирует негативное влияние на экологию водоёмов. Результатом строительства стало исключение сброса хлорорганических соединений в реку Волгу по показателям:

- хлороформ с 0,0076 мг/дм³ до 0, т.е. отсутствие,
- углерод четыреххлористый с 0,0006 мг/дм³ до 0, т.е. отсутствие.

Реализация второго мероприятия (рис. 2) позволяет улучшить экологическую безопасность населения Самарской области и повысить надёжность Саратовского водохранилища как источника питьевого водоснабжения.



Рисунок 2. Источники финансирования мероприятия «Сооружения доочистки»

Благодаря выделению бюджетом необходимых денежных средств на строительство и модернизацию сооружений доочистки удалось добиться высоких показателей. Выделим основные эффекты от проекта:

- обеспечение бесперебойной работы ГОКС за счёт предотвращения попадания мусора в технологические сооружения и оборудование;
- снижение доли загрязняющих веществ в сбрасываемых очищенных сточных водах за счёт реконструкции аэротенков;
- снижение количества взвешенных веществ и биогенных элементов, сбрасываемых в р. Волга после реконструкции вторичных отстойников;
- автоматизация системы дозирования реагентов для удаления фосфора.

В 2024 году Сооружение доочистки было введено в эксплуатацию и с этого момента эффективность механической очистки стоков возросла на 47%, а также произошло снижение содержания загрязняющих веществ по показателям:

- ион аммония с 4,6 мг/дм³ до 0,5 мг/дм³;
- нитрит-ион с 1,05 мг/дм³ до 0,08 мг/дм³;
- нитрат-ион с 47,9 мг/дм³ до 40,0 мг/дм³;
- фосфат-ион с 2,4 мг/дм³ до 0,2 мг/дм³.

При этом общая масса сбросов стала постепенно сокращаться с 82 451,4 тонн в 2019 году до 57 557,1 тонн в 2023 году и до 18 471,7 тонн в 2024 году.

Выводы

В результате мероприятий по строительству сооружений доочистки и реконструкции ГОКС удалось исключить все источники негативного воздействия на окружающую среду, уменьшить выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух и обеспечить очистку городских канализационных сточных вод [5].

Библиография

1. Комплексный подход ООО «Самарские коммунальные системы» по модернизации систем водоснабжения и водоотведения г. Самары / под ред. М.В. Шувалова,

А.А. Пищулева, А.К. Стрелкова. Самара: Самарский государственный технический университет, - 2018. - С. 295-302.

2. Влияние урбанизации на системы водоотведения и очистки поверхностного стока (на примере г. Самары) / А. К. Стрелков, М. А. Гриднева, Т. Ю. Набок [и др.] // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. - 2014. - № 4(17). - С. 55-62.

3. Пост. Правительства Самарской области от 26.07.2019 № 514 «Об утверждении госпрограммы Самарской области «Оздоровление Волги. Строительство и реконструкция (модернизация) очистных сооружений централизованных систем водоотведения».

4. Нацпроект «Экология»: в Самаре приступили к строительно-монтажным работам по реконструкции системы обеззараживания сточных вод в рамках федпроекта «Оздоровление Волги». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.samara.rf/media/news/21777/> (дата обращения: 22.02.2025)

5. Министерство энергетики и жилищно-коммунального хозяйства Самарской области. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.samregion.ru/> (дата обращения: 22.02.2025)

Вулкан Креницына – уникальное природное явление России

***Баженов Ю.М.* (Российский Университет транспорта (МИИТ), eldorado3@mail.ru),
Савинов И.А. (Российский государственный аграрный университет (МСХА им. К.А.
Тимирязева), savinovia@mail.ru)***

Аннотация

В работе представлено краткое описание острова Онекотан, находящегося в северной части Курильской гряды и уникального природного объекта там расположенного – вулкана Креницына, находящегося в жерле более древней кальдеры Тао-Русыр, заполненной водами, образующими озеро Кольцевое.

Подобный объект – единственный такого рода в России. В связи с этим, содержится предложение по организации в южной части о. Онекотан особо охраняемой природной территории (ООПТ) в форме Национального парка.

Ключевые слова

Вулкан Креницына, кальдера Тао-Русыр, озеро Кольцевое, эндемичная флора, особо охраняемая природная территория, национальный парк

Источники финансирования

Данный материал подготовлен по результатам работ пятого полевого сезона комплексной совместной экспедиции Русского географического общества и Экспедиционного центра Министерства обороны РФ «Восточный Бастион – Курильская гряда»: <https://rgo.ru/activity/expedition-list/vostochnyy-bastion-kurilskaya-gryada-5-y-sezon/>.

Теория

В Сахалинской области из 87,1 тыс. км² её территории только 7,81% приходится на особо охраняемые природные территории (ООПТ) – 2 федеральных заповедника и 1 заказник, регионального значения – 2 природных парка, 11 природных заказников и 40 памятников природы [1].

Большая часть из них находится на самом о. Сахалин, в то время как на островах Курильской гряды таких территорий гораздо меньше. Примером может быть Заповедник Курильский, на о. Кунашир, основанный в 1984 г.

О Средних и Северных Курилах известно гораздо меньше. Они, кроме Парамушира необитаемы, соответственно, гораздо менее доступны, хотя вряд ли можно сказать, что они менее изучены [2,6]. В средней и северной части архипелага в настоящее время существует только одна ООПТ – природный заказник Бухта Кратерная на о. Янкича, при том, что эта часть архипелага, особенно Северные Курилы имеют значительные перспективы в области рекреационной и природоохранной деятельности, которые еще практически не реализованы, на что указывали еще в 1978 г. ведущие специалисты в данной области, Н.Ф. Реймерс и Ф.Р. Штильмарк [7].

В сезоне 2024 г. проведены рекреационно-географические исследования в южной части о. Онекотан Курильской гряды, в т.ч. район оз. Кольцевое, юго-восточное побережье от бухты Нигори до бухты Блакистон, (рис 1.).

Целями исследований являлись оценка рекреационного потенциала острова Онекотан и обоснование организации в южной его части особо охраняемой природной территории (ООПТ) в форме Национального парка.

При проведении исследований применялись как общенаучные, так и специальные методы. Среди общенаучных можно выделить, прежде всего, описание, а также метод

сравнительных аналогий или сравнительный. Из специальных методов предпочтение отдавалось физико-географическому мониторингу территорий, а также визуальному анализу карт (картографический метод).



Рисунок 1. Полевые маршруты в южной части о. Онекотан

Остров Онекотан находится в северной части Курильской гряды, в 180 км от Камчатки и ок. 730 км до Сахалина. Длина острова 43 км, ширина 11-17 км, общая площадь - 425 км².

Остров необитаем, хотя в разные периоды попытки его хозяйственного освоения неоднократно предпринимались. Отделён от ближайшего обитаемого острова Парамушир Четвертым Курильским проливом.

Остров Онекотан известен своими уникальными природными объектами. Здесь насчитывается пять вулканов, три из которых действующие. Прежде всего, это вулкан Креницына (1324 м), один из 68 надводных вулканов Курильской гряды, открытый в 1805 г. великим русским мореплавателем И.Ф. Крузенштерном и названный им в честь другого исследователя Камчатки и Алеутских островов П.К. Креницына (1728 – 1770).

Уникальность данного объекта состоит в том, что он находится в кальдере более древнего вулкана Тао-Русыр, заполненной водой и образующей, таким образом, озеро Кольцевое, посреди которого и возвышается конус вулкана Креницына (рис. 2). Подобное явление не повторяется больше нигде в нашей стране, поэтому входит в список «100 чудес России» – самых уникальных природных объектов. Высота Пика Креницына – 1324 м. Это действующий вулкан. Последний раз извергался в 1952 г.

Озеро Кольцевое достигает глубины 369 м, что выводит его на 4-е место по этому показателю в России и на 2-е на Дальнем Востоке, после оз. Курильского в южной части Камчатки. Его берега обрывисты, высота от 150 до 500 м, зеркало воды находится на высоте 400 м над уровнем моря, вода всегда холодная, температура 3-8°C [4].



Рисунок 2. Вулкан Креницына посреди оз. Кольцевого в кальдере Тао-Русыр – уникальный памятник природы России

Известна активность вулкана в XIX веке, но потом он даже считался потухшим. Новое эксплозивное извержение произошло в 1952 г. Оно началось на восточном склоне через вновь образовавшийся боковой кратер. Затем произошел взрыв у основания конуса, где позже выдавился экструзивный купол [5, с. 588].

Лавы и пирокластика вулкана представлены андезитами и андезитобазальтами, в то время как внешняя кальдера сложена пироксеновыми андезитами, андизито-базальтами и базальтами, образует пологий щитообразный вулкан с углами склонов от 7 до 14°. Диаметр её подножия достигает 15 – 18 км, вершины – 7,5 км. Высота гребня кальдеры достигает в юго-западной части 920 м, снижаясь к северу до 540 м [там же].

Уникален также растительный мир острова. Склоны кальдеры покрыты зарослями кедрового стланника, ольховника, а также шеломайника или лабазника камчатского (*Filipendula kamtschatica* Pall.), а среди наиболее характерных растений здесь встречается эндемик Курильских островов копеечник Нонны (*Hedysarum nonnae* Roskov), а также рододендрон камчатский (*Rhododendron camtschaticum* Pall.), ветреник мохнатеиший (*Anemonastrum villosissimum* (DC.) Starodub.), герань волосистоцветковая (*Geranium erianthum* DC.), арктоцветник арктический (*Arctanthemum arcticum* (L.) Tzvel.), арника уналашкинская (*Arnica unalaschcensis* Less.), колокольчик Шамиссо (*Campanula chamissonis* Fed.), полынь скученная (*Artemisia glomerata* Ledeb.) [3].

С рекреационной точки зрения целесообразно рассматривать возможность организации туристических маршрутов на о. Онекотан. Прежде всего это экотропа от бухты Муссель до кальдеры Тао-Русыр и вулкана Креницына, протяженностью 7,5 км, которая проходит через различные биотопы с большим набором видов растений, при этом пик цветения многих приходится на середину лета, июль и начало августа: приморские луга, заросли ольховника и кедрового стланника, высокотравье, заболоченные лужайки, обводненные канавы, нивальные лужайки, верещатники, вулканические шлаковые поля. Многие виды в пик цветения очень эффектны и формируют целые цветущие «ковры» (аспектируют) [там же].

Выводы

Таким образом, уникальная природа острова делает его крайне привлекательным для туризма, но из-за отдалённости от транспортных путей, его посещение становится неудобным

и крайне дорогим. В тоже время существуют проекты создания на острове туристической инфраструктуры, строительство причала, кемпинга, гостевого центра.

Все это можно обеспечить посредством организации здесь Особо охраняемой природной территории (ООПТ) в форме Национального парка в соответствии со ст. 2 Федерального закона от 14.03.1995 № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях».

Такая форма ООПТ предполагает возможность посещения уникальных природных объектов, причем это посещение будет именно организованным, а не «диким», как это зачастую происходит сейчас.

Таким образом Национальный парк – действенный инструмент для решения большинства экологических, инфраструктурных, правовых, организационных и иных вопросов, связанных с рекреационной деятельностью на о. Онекотан и Северных Курилах. Также не стоит забывать и о вопросах безопасности, к которым должен быть особый подход.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Русскому географическому обществу и Экспедиционному центру Министерства обороны РФ за предоставленную возможность провести данные исследования: <https://rgo.ru/activity/redaction/news/ot-vulkanov-do-yaponskikh-baz-rgo-vnov-issleduet-kurily/>;

<https://rgo.ru/activity/redaction/articles/podzemnyy-yaponskiy-gorod-vulkany-i-endemichnye-rasteniya-uchenyie-rgo-issledovali-ostrova-matua-i-on/>.

Библиография

1. Агентство лесного и охотничьего хозяйства Сахалинской области. Официальный портал. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://les.sakhalin.gov.ru/>. (Дата обращения: 01.03.2025).
2. Баженов Ю. М., Федосова Д.М. Северные Курилы – край вулканов и каланов // Природное и культурное наследие: междисциплинарные исследования, сохранение и развитие. VI Всеросс. научн.-практ. конф. СПб: РГПУ им. А. И. Герцена, 2017. С. 289 – 293.
3. Баженов Ю.М., Савинов И.А. Остров Онекотан - заповедное наследие Северных Курил и Дальнего Востока России ~~каланов~~ // Природное и культурное наследие: междисциплинарные исследования, сохранение и развитие. XII Всеросс. научн.-практ. конф. СПб: РГПУ им. А. И. Герцена, 2024. С. 270 – 274.
4. Вулкан Креницына: уникальное природное явление на Курильских островах. Туроператор Enjoy Kamchatka. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://enjoykamchatka.ru/locations/vulkan-krenitsyna/>. (Дата обращения: 01.03.2025).
5. Горшков Г.С., Мархинин Е.К., Родионова Р.И., Федорченко В.И., Шилов В.Н. Описание вулканов Курильских островов / Геология СССР. Т.31. М.: Недра, 1964. – с. 581 – 604.
6. Карапетянц И.В. и др. Развитие и перспективы транспортной системы Сахалинской области // Вестник транспорта, 2021, № 9, с. 28 – 33.
7. Реймерс Н.Ф., Штильмарк Ф.Р. Особо охраняемые природные территории. М.: Мысль, 1978. – 295 с.

Оценка экологического состояния водных объектов ООПТ «Ландшафтного заказника Тропарёвский»

**Брюханова С.А. *(МГРИ, sofabruhanova02@gmail.com),
Машин Е.Д. (МГРИ, edmashin@gmail.com),
Серебренникова З.С. (МГРИ, zlataserebro4@mail.ru),
Бузин А.А. (МГРИ, buzinaa@mgri.ru)**

Аннотация

Статья посвящена изучению и анализу водных объектов особо охраняемой природной территории «Ландшафтный заказник Тропарёвский», а также поиску наилучшего способа очистки Большого Востряковского пруда и река Очаковки.

По результатам проведённых исследований были выявлены превышения химических элементов такие как железо и фосфаты, а также большого количества ила и нефтяных пятен. Поэтому были предложены четыре способа очистки реки и пруда от загрязнений.

Ключевые слова

Особо охраняемая природная территория Ландшафтный заказник «Тропарёвский», загрязнение водного объекта, фосфаты, железо, нефтяные пятна

Теория

В современном мире люди с каждым годом всё сильнее загрязняют окружающую среду. Любая территория, расположенная вблизи таких техногенных загрязнителей, как энергетика, промышленность, транспорт, жилищно-коммунальное хозяйство, сельское хозяйство - подвержена различным негативным воздействиям. Одним из таких примеров является особо охраняемая природная территория Ландшафтный заказник «Тропарёвский».

Ландшафтный заказник «Тропарёвский» или как его ещё называют — Тропарёвский лесопарк, был заложен в 1961 году. Он расположен в Западном округе Москвы и непосредственно примыкает к МКАДу. В лесопарковой зоне расположен Большой Востряковский пруд, а также река Очаковка и впадающий в неё ручей. Пруд и река являются основными источниками воды для местной флоры и фауны. Поэтому их сохранение важная задача для поддержания местной экологической системы.

Для анализа водных объектов парка были отобраны пять проб (рисунок 1) и проведены исследования переносной химической лабораторией и индикаторными тест полосками, так же во время взятия проб были отмечены ярко выраженные органолептические свойства. Во всех образцах вода была мутная, тёплая, имела сильно выраженный запах тухлости и затхлости. Вовремя обора пробы №1 из Большого Востряковского пруда, были замечены нефтяные пятна, а также различный мусор. Река в некоторых местах имела ярко выраженную окраску, что характерно для большого скопления железобактерий.

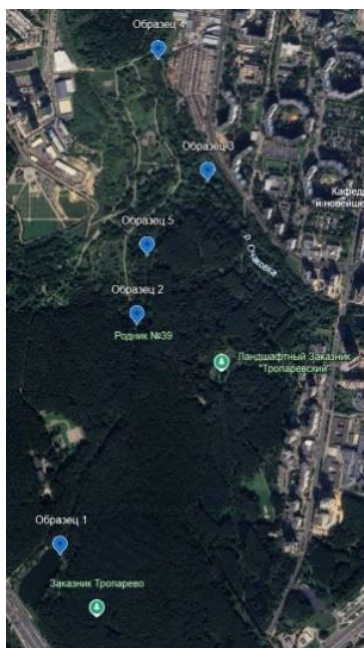


Рисунок 5. Места отбора проб

По результатам исследования была составлена таблица содержания химических элементов в воде – таблица 1.

Таблица 1. Содержание химических элементов в воде

Индикаторные тест полоски (Test 6 in 1)											
Хим. Элемент/ № образца	1		2		3		4		5		Норма
NO_3^-	5		5		0		0		0		40 мг/дм ³
NO_2^-	1		2,5		0,5		0		0		3 мг/дм ³
pH	7,8		8		8		7,8		8		6,5-8,5
Cl	0		0		0		0,2		0		0,3 – 0,5 мг/дм ³
Жёсткость воды (PPM)	924	18,5	179	3,6	256	5,1	463	9,3	310	6,2	Мягкая вода 1,6-4°Ж; Вода средней жесткости 5-12°Ж; Жесткая вода более 13°Ж
Переносная лаборатория											
pH	7,5		8		7,7		7,5		7,5		6,5-8,5
Cl	0,1		0,02		0,1		0,2		0,05		0,3 – 0,5 мг/дм ³
NO_3	0		1		5		2		3		40 мг/дм ³
NO_2	0		0,2		0,1		0,05		0,1		0,08 мг/дм ³
Cu	0		0		0		0		0		0,001 мг/дм ³
PO_4	0,3		0,15		0		0		0,25		0,15 мг/дм ³
Fe	1		0,2		0,2		0,5		0,4		0,1 мг/дм ³

NH₃	0,1	0,3	0,5	0,5	0	2,0 мг/дм ³
NH₄	0	0	0,054	0,018	0	2,0 мг/дм ³

Проанализировав таблицу и органолептические свойства, которые были получены в ходе исследований анализа воды долины реки Очаковка, можно сделать следующие выводы:

1. В основном вся вода средней жесткости;
2. pH показатель не превышает норму, и характеризует слабощелочную среду;
3. Значения аммония, аммиака, нитритов и нитратов не превышают нормы;
4. В больше половине отобранных проб наблюдается превышение фосфатов;
5. Хлор и медь отсутствуют;
6. Содержание железа сильно превышает норму, что доказывает наличие вредного воздействия от системы водоснабжения жилых домов;
7. Наличие нефтяных пятен, доказывает наличие вредного воздействия дороги на рассматриваемую речную систему.

Проанализировав полученные выводы, а также изучив близлежащие объекты, можно сказать, что основными источниками загрязнения являются дорога и жилые дома. Поэтому следует рассмотреть способы очистки воды от химических элементов, которые были превышены (железо, фосфаты), а также от большого количества ила и нефтяных пятен.

Первым способом является «полная замена воды», она производится в пять этапов. На первом этапе, с целью сохранения животного и растительного мира, все живые организмы перемещают в специальные контейнеры с водой. На втором этапе полностью осушают водоём. Третий этап представляет собой очистку дна и стен пруда от ила и мусора. Во время четвёртого этапа водоём заполняется чистой и свежей водой. После формирования стабильной микрофлоры на пятом этапе производится обратное возвращение обитателей.

Вторым способом является метод обезжелезивания природных вод, основанный на пропускании воды через взвешенный слой высокодисперсной суспензии, состоящей из мела и гидроокиси алюминия [1]. При содержании в воде большого количества трехвалентного железа рекомендуется применять системы ультрафильтрации [2].

Третьим способом является очистка воды от взвешенных веществ и фосфат-ионов смесевыми коагулянтами. Данный способ характерен высокой эффективностью дефосфотизации с использованием железозалюминиевого коагулянта для очистки воды. Эффективность удаления фосфат-ионов до 88%, что соответствует извлечению из неё около 7,51 мг/дм³ фосфатов [3].

Четвёртым способом является физико-химический метод с использованием сорбентов. В настоящее время этот метод признан наиболее эффективным и безопасным. Выбор того или иного сорбента зависит от ряда факторов, в том числе от масштаба загрязнения, этапа очистки, требуемого качества очистки, а также от состояния загрязняющих нефтепродуктов. В этом направлении происходит активный поиск путей улучшения качества уже существующих веществ и разработка новых. Наиболее перспективными считаются природные сорбенты и сорбенты из растительных остатков [4].

Все вышеуказанные способы предназначены для очистки рассматриваемых водных объектов как полностью, так и отдельно по загрязнениям. Но самым действенным будет способ «полной замены воды». Так как он позволит очистить и обновить весь водоём. Но это лишь кратковременная помощь природе. Следует так же рассмотреть различные варианты по защите окружающей среды от основных источников загрязнения. Например, использование фильтров в речной системе позволит сократить количество превышаемых химических элементов. Установка вдоль дороги ливневых стоков и защитных экранов позволит значительно уменьшить попадание вредных веществ от проезжающего мимо транспорта. Модернизация

хозяйственно-бытового водоснабжения позволит так же сократить вредное воздействие от близлежащих домов.

Выводы

Проведя исследования водных объектов особо охраняемой природной территории «Ландшафтный заказник Тропарёвский» были выявлены различные загрязнения, которые оказывают негативное воздействие на окружающую среду. Были предложены способы по очистке пруда и речной системы от железа, фосфатов, ила и нефтяных пятен. Так же были рассмотрены основные источники загрязнения и различные варианты по защите окружающей среды от них.

Так же необходимо провести дополнительные полноценные анализы проб воды и почвы в лаборатории для подбора оптимальных средств очистки вытекающих вод в последствии, загрязняющих реки Очаковку, Раменку, Сетунь и Москву.

Библиография

1. Бусарев, А. В. К вопросу обезжелезивания природных вод / А. В. Бусарев, И. Г. Шешегова, А. В. Харламов // Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения : Материалы XI Национальной конференции с международным участием, Саратов, 22–23 апреля 2021 года. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2021. – С. 19-22. – EDN MPNIIA.
2. Конев М. Д. СОДЕРЖАНИЕ ЖЕЛЕЗА В ВОДЕ, ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ОРГАНИЗМ И СПОСОБЫ УДАЛЕНИЯ // Экономика и социум. 2018. №5 (48). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/soderzhanie-zheleza-v-vode-ego-vliyanie-na-organizm-i-sposoby-udaleniya> (дата обращения: 28.02.2025).
3. Очистка воды от взвешенных веществ и фосфат-ионов смесевыми коагулянтами / А. Б. Ярошевский, Г. А. Гайнанова, К. А. Алексеева [и др.] // Инновационные пути решения актуальных проблем природопользования и защиты окружающей среды : Международная научно-техническая конференция, Алушта, 04–08 июня 2018 года / Отв. ред. И.В. Старостина. Том Часть II. – Алушта: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. – С. 273-278. – EDN YNZFNB.
4. Привалова Наталья Михайловна, Двадненко Марина Владимировна, Некрасова Алина Александровна, Попова Ольга Сергеевна, Привалов Дмитрий Михайлович Исследование методов очистки вод от загрязнений нефтью и нефтепродуктами // Научный журнал КубГАУ. 2015. №113. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-metodov-ochistki-vod-ot-zagryazneniy-neftyu-i-nefteproduktami> (дата обращения: 28.02.2025).

Совершенствование технологий сбора и обезвреживания свалочного газа на полигонах ТКО

***Буга М.В.*(МГРИ, buga_marina@rambler.ru),
Комаров Е.И. (МГРИ, e.i.komarov@rambler.ru)***

Аннотация

В условиях современного общества вопрос эффективного управления твердыми коммунальными отходами (ТКО) и утилизацией свалочных газов имеет особую актуальность. Высокотемпературная факельная установка (ВФУ) для обезвреживания свалочного газа представляет собой инновационное решение, направленное на минимизацию экологического воздействия свалочных полигонов. Установка сжигания свалочного газа при температурах, превышающих 1000°C, обеспечивает полное разрушение химических веществ и выбросы вредных веществ в атмосферу.

Ключевые слова

Загрязнения, атмосфера, биогаз, метан, полигоны ТКО, высокотемпературная факельная установка

Теория

В России 95% бытовых отходов, возникающих в результате жизнедеятельности человека, размещаются на полигонах без предварительной переработки. Эти полигоны представляют собой источник загрязнения почвы, поверхностной воды и атмосферы, поскольку в их теле образуется свалочный газ (биогаз), выделение которого происходит в течение 15-25 лет. Основная составляющая биогаза - метан обладает более выраженным парниковым эффектом, чем углекислый газ и в зависимости от различных добавок он в 25-84 раза сильнее углекислого газа. Полигоны ТКО ответственны примерно за 10% чистого метана.

Кроме того, образование биогаза повышает риск возгораний свалок на полигонах, что может привести к неконтролируемым пожарам и выбросам различных веществ, включая диоксины и фураны. Утилизация биогаза позволит не только решить экологические проблемы, но и обеспечить производство солнечной и электрической энергии, что поможет снизить дефицит природного топлива.

Объем образующегося полигона биогаза зависит от стадии биохимических процессов и значительного прогресса влиянию возраста полигона, а также типов и методов утилизации отходов. Исследования, проведенные на действующих российских полигонах, выявили существенную неравномерность в выделении биогаза и значительные колебания содержания метана в нем.

В теле твердых коммунальных отходов, захороненных на полигоне, происходит биотермический анаэробный процесс разложения органической составляющей. В результате этого процесса образуется свалочный газ, основную массу которого составляют метан и диоксид углерода. Также в составе свалочного газа присутствуют оксид углерода, оксиды азота, аммиак, углеводороды и другие примеси, представляющие вредное воздействие на здоровье человека и окружающую среду.

Количество и качество свалочного газа зависят от множества факторов, таких как климатические и геологические условия, морфологический и химический состав складируемых отходов, условия складирования (площадь, объем, глубина захоронения), влажность и плотность отходов. Эти параметры необходимо уточнять для каждого конкретного случая, но не ранее чем через 2 года с начала эксплуатации полигона ТКО.

Одним из известных способов является термическое дожигание углеводородсодержащих газов, при котором восстановительный газ (свалочный газ) и окислительный газ (воздух) подаются отдельно в камере сгорания. В этом процессе предварительный подогрев генераторного газа происходит рекуперативным способом с использованием горячего чистого газа, полученного в результате термического дожигания. Однако недостатком данного метода являются значительные капитальные затраты на создание оборудования из-за необходимости установки сложных теплообменных систем.

Также известен метод очистки потоков газов, образующихся при сжигании отходов. Этот метод предполагает использование выделившихся газов, содержащих загрязняющие вещества, такие как оксиды азота с переходом в экономическую зону, где они взаимодействуют с озоном. Однако данный подход не обеспечивает интенсификации процесса сгорания, что делает использование озона неэффективным только для очистки выходящих газов.

Главная задача высокотемпературной факельной установки заключается в обеспечении высокой эффективности утилизации биогаза при снижении уровня загрязнения окружающей среды. Технические результаты данного изобретения направлены на повышение эффективности утилизации биогаза и снижение вредных выбросов в окружающую среду. Данный результат получен благодаря специфическому конструктивному решению самой установки (рисунок 1).

Высокотемпературная факельная установка включает в себя факельную трубу с горелкой, расположенную над конфоркой, установленной в нижней части конструкции. Установка оборудована открытыми трубопроводами для подачи свалочного газа и воздуха. В трубопроводе подачи воздуха последовательно расположены вентилятор, эжектор с регулируемым коэффициентом избытка воздуха и озонатор. Длина участка трубопровода от озонатора до горелки оптимизирует процесс горения.

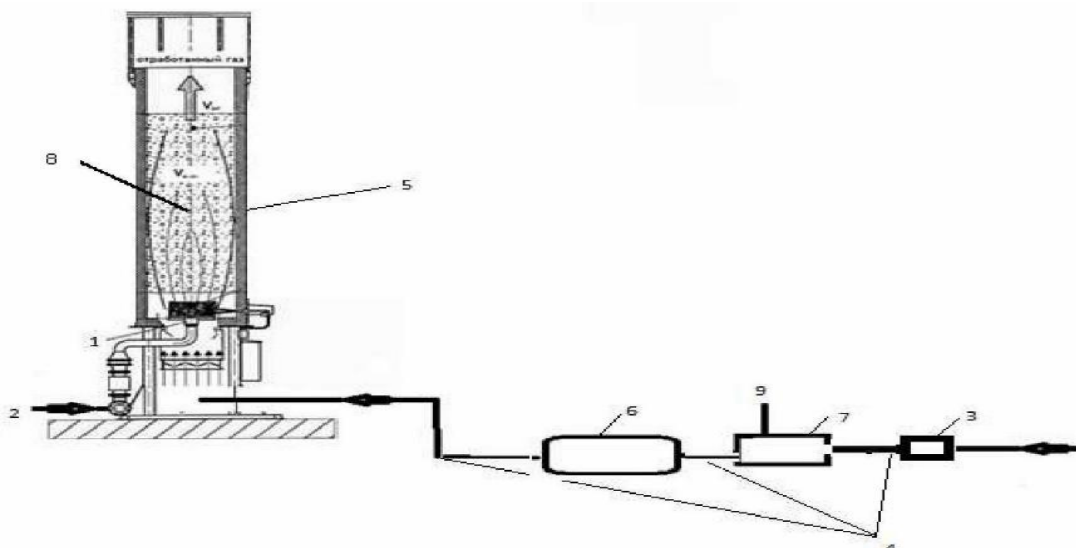


Рисунок 1. Высокотемпературная факельная установка: 1 - горелка; 2 - трубопровод подачи свалочного газа; 3 - вентилятор; 4 - трубопровод подачи газа; 5 - факельная труба; 6 - озонатор; 7 - эжектор; 8 - камера сгорания; 9 - канал подачи вторичного воздуха

Система сбора и обезвреживания свалочного газа на полигоне ТКО, представленная на рисунке 2, включает в себя следующие основные элементы:

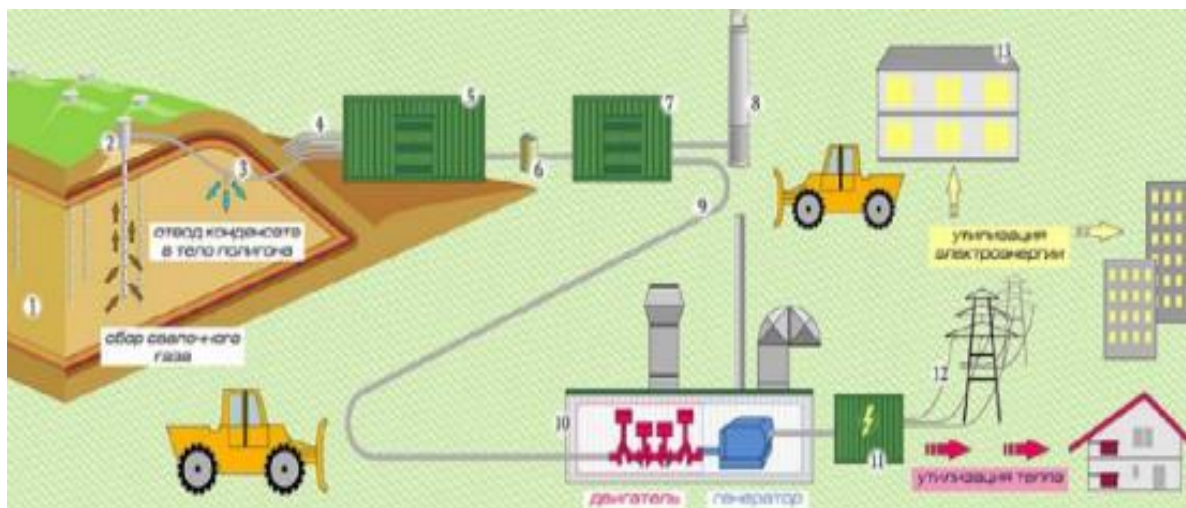


Рисунок 2. Схема системы сбора и обезвреживания свалочного газа на полигоне ТКО: 1 - тело полигона; 2 - газовая скважина; 3 - конденсатоотводчик; 4 - газосборный трубопровод; 5 - ГСС; 6 - сборник конденсата; 7 - ГКС с модулем очистки свалочного газа; 8 - ВФУ; 9 - газовый трубопровод; 10 - БТЭС (опционально); 11 - трансформаторная станция (опционально); 12 - линия электропередач; 13 - административное здание.

- газовые скважины;
- газосборные трубопроводы;
- газотранспортные трубопроводы;
- газосборные станции;
- конденсатоотводчики;
- сборники конденсата;
- газокomppressorные станции;
- модули очистки свалочного газа;
- высокотемпературные факельные установки.

Эффективная интеграция этих компонентов позволяет значительно повысить эффективность системы использования свалочного газа и минимизировать его воздействие на экосистему.

Выводы

В современных методах утилизации биогаза и очистки выделяющихся газов большое значение имеет создание эффективных технологических систем, таких как высокотемпературная факельная установка (ВФУ), которая имеет свои сложности и недостатки при термическом дожигании и очистке оксидов азота, однако поддерживает общую эффективность и снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Библиография

1. Установки утилизации биогаза для свалочных полигонов [электронный ресурс] – режим доступа: <https://convesco.ru/>
2. Научный журнал ВЕСТНИК МАГИСТРАТУРЫ 2021/О необходимости утилизации свалочного газа на полигонах твердых бытовых отходов Подмосковья / М.В. Шеногин, Р.В. Карташов [электронный ресурс] – режим доступа: magisterjournal.ru
3. MULTRIWELL описание системы [электронный ресурс] – режим доступа: www.multriwell.com

4. Администрация Талдомского городского округа «Дегазация полигона «Ядрово»» [электронный ресурс] – режим доступа: vk.com
5. ОВОС. Устройство системы для активной дегазации полигонов ТКО «Multriwell» с покрытием газо- водо- непроницаемым барьером TRISOPLAST [электронный ресурс] – режим доступа: eco-profi.info
6. Проектирование и строительство систем сбора, обезвреживания и утилизации свалочного газа [электронный ресурс] – режим доступа: ecosom.at
7. Очистка свалочного газа [электронный ресурс] – режим доступа: studfile.net

Аэромобильная технология оперативного контроля радиационной обстановки на объектах нефтегазовой отрасли

***Ефимов Н.А.* (МГРИ, 4208610@gmail.ru),
Комаров Е.И. (МГРИ, e.i.komarov@rambler.ru)***

Аннотация

Рассматривается возможность и целесообразность применения аэромобильной технологии оперативного контроля радиационной обстановки на объектах нефтегазовой отрасли (нефтегазовых промыслах), в том числе при определении мощности экспозиционной дозы гамма-излучения на территории объектов. Отдельное внимание уделяется основным параметрам измерения мощности дозы с использованием рассматриваемой технологии: высоте расположения дозиметра над поверхностью земли и плотности (шаг сетки) измерений.

Ключевые слова

Аэромобильная технология, беспилотный летательный аппарат (БПЛА), радиационный контроль, природные радионуклиды, нефтегазовая отрасль

Теория

Увеличение антропогенной радиационной нагрузки на окружающую среду напрямую связано с непрерывным ростом объемов добычи и переработки полезных ископаемых, особенно нефти и газа, извлекаемых из недр. В процессе разработки месторождений и переработки углеводородов в окружающую среду попадают природные радионуклиды, такие как радий-226, радий-228, уран-238, торий-232 и калий-40, которые содержатся в пластовых водах, шламах и отложениях на оборудовании. Эти вещества могут накапливаться в почве, воде и атмосфере, создавая долгосрочные риски для экосистем и здоровья человека. Рост объемов добычи нефти и газа, особенно в регионах с высоким содержанием природных радионуклидов в горных породах, усугубляет эту проблему.

На земной поверхности и оборудовании промыслов возникают определенные уровни радиоактивного загрязнения, зависящие от количества и состава радионуклидов. Основная причина загрязнения окружающей среды большинства нефтедобывающих регионов России вызвана природными радионуклидами радий-226, торий-232 и продуктами их распада, которые содержатся в нефти и попутной воде и в процессе добычи нефти поступают на технологическое оборудование, где отлагаются в виде осадков.

Особую опасность представляют попутные воды, которые зачастую содержат повышенные концентрации радионуклидов. При неправильной утилизации они могут загрязнять грунтовые воды и почву, а также способствовать накоплению радиоактивных веществ в растениях и животных. Кроме того, в процессе бурения и эксплуатации скважин образуются радиоактивные отходы, которые требуют специальных условий хранения и утилизации. На уровень загрязнения окружающей среды (радиационно-экологическую обстановку) влияют проливы нефти и пластовых вод на почву и попадание их в поверхностные водоемы.

Нормативная правовая база в области радиационной безопасности и радиационного контроля на объектах добычи нефти и газа представлена ФЗ от 09.01.1996 № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения» [1], Нормами радиационной безопасности НРБ-99/2009 (СанПиН 2.6.1.2523-09) [2], СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99/2010) [3], а также рядом документов рекомендательного характера, отражающих специфику радиационной безопасности и радиационного контроля на предприятиях топливно-энергетического комплекса России.

Получение информации о радиационной обстановке необходимо для: оценки радиационного воздействия на работников; решения вопросов локализации радиоактивных загрязнений, обращения с загрязненным радионуклидами оборудованием и образующимися радиоактивными отходами; осуществления мероприятий по снижению дозовых нагрузок на людей; выработки и проведения мероприятий по снижению последствий вредного воздействия на окружающую среду.

В соответствии с Методическими указаниями [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] радиационный контроль на объектах нефтегазодобычи включает, помимо прочего, определение мощности дозы гамма-излучения на местности в районе добычи нефти и газа, складирования топлива и отходов при дезактивации, в рабочих помещениях и на рабочих местах, местах выбросов и сбросов с объектов нефтегазодобычи. Именно определение мощности дозы гамма-излучения является первоначальным и основным исследованием радиационного контроля, позволяющим выявить объекты с неблагоприятной радиационной обстановкой, произвести локализацию загрязненных участков, прогнозировать дозы внешнего облучения работников. На результатах определения мощности дозы гамма-излучения строится дальнейший план работы по радиационному мониторингу.

Определение мощности экспозиционной дозы (далее – МЭД) гамма-излучения на объектах и местности производится для оценки радиационной обстановки, контроля за ее изменением и прогноза дозы облучения работников. Повышение МЭД является основным обнаруживаемым в практике эксплуатации объектов фактором, свидетельствующим о появлении радиоактивного загрязнения. Если обследование предприятия с целью выявления радиационного фактора не выявило радиоактивного загрязнения, то его следует повторять с периодичностью не реже одного раза в год, поскольку радиационная обстановка может изменяться в процессе эксплуатации месторождения.

Согласно Методическим указаниям измерения МЭД проводят на высоте 1 м и 3 - 10 см над поверхностью земли (пола) и на поверхности оборудования не менее 5 раз в каждой точке с вычислением среднего результата. Измерение МЭД гамма-излучения на территории объекта проводят по сетке с соответствующим шагом в зависимости от площади объекта и количества мест с повышенными уровнями излучения. Шаг при замерах должен быть равномерным, не менее 1 м и не более 200 м. В любом случае количество измерений должно быть таким, чтобы охватить не менее 3-х точек по каждой стороне объекта и его диагоналям. Кроме того, измерение проводят в характерных местах пребывания людей, а также в местах наиболее вероятных ухудшений радиационной обстановки.

Для повышения точности измерения МЭД гамма-излучения на территории объектов нефтегазовой отрасли с одновременным повышением оперативности и эффективности выполнения работ предлагается использовать аэромобильную технологию на базе беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Это современный и перспективный подход, который активно внедряется в различных отраслях, связанных с радиационной безопасностью и экологическим мониторингом. Еще одним немаловажным преимуществом данной технологии является возможность работы в труднодоступных и/или опасных местах.

При измерении МЭД гамма-излучения на территории с использованием БПЛА существует вариативность по высоте, на которой будет производиться измерение. При первоначальном обследовании территории можно рассмотреть вопрос увеличения высоты производства измерений относительно высоты расположения дозиметра при обследовании пешим порядком, с соответствующим пересчетом показаний. Следует при этом учитывать, что с увеличением высоты (расстояния до источника) происходит ослабление мощности дозы, которое приближенно описывается законом обратных квадратов: мощность дозы уменьшается пропорционально квадрату расстояния от источника. На высоте дозиметр «видит» не точечный (условно) источник, а участок поверхности. С увеличением высоты площадь этого

участка увеличивается, а удельная мощность дозы от каждого элемента поверхности уменьшается. Это приводит к тому, что измеряемая мощность дозы становится усредненной и снижается.

Для безусловного определения единичного условно точечного источника (в качестве источника принимаем горизонтальную поверхность диаметром 1 м) необходимо, чтобы измеренная мощность гамма-излучения была не менее 0,03 мкЗв/час. Данный уровень, с учетом погрешности измерений фона 10 – 20 %, будет свидетельствовать о наличии радиоактивного загрязнения. Мощность дозы от минимального источника загрязнения, который требуется определить, на высоте 1 м составляет 0,5 мкЗв/час. В результате расчета ослабления излучения с увеличением высоты и удаления от источника излучения получены зависимости, представленные на рисунке (в логарифмическом масштабе).

Из полученных результатов расчета следует, что предельной высотой измерения мощности дозы гамма-излучения является уровень 4 м. На данной высоте наличие единичного источника можно зафиксировать лишь на расстоянии (в плане) 1,5 м от него. В таблице в зависимости от высоты производства измерений мощности дозы гамма-излучения определен шаг сетки измерений на обследуемой территории, необходимый для безусловной локализации единичного источника радиоактивного загрязнения, мощность дозы от которого на высоте 1 м составляет 0,5 мкЗв/час и более.

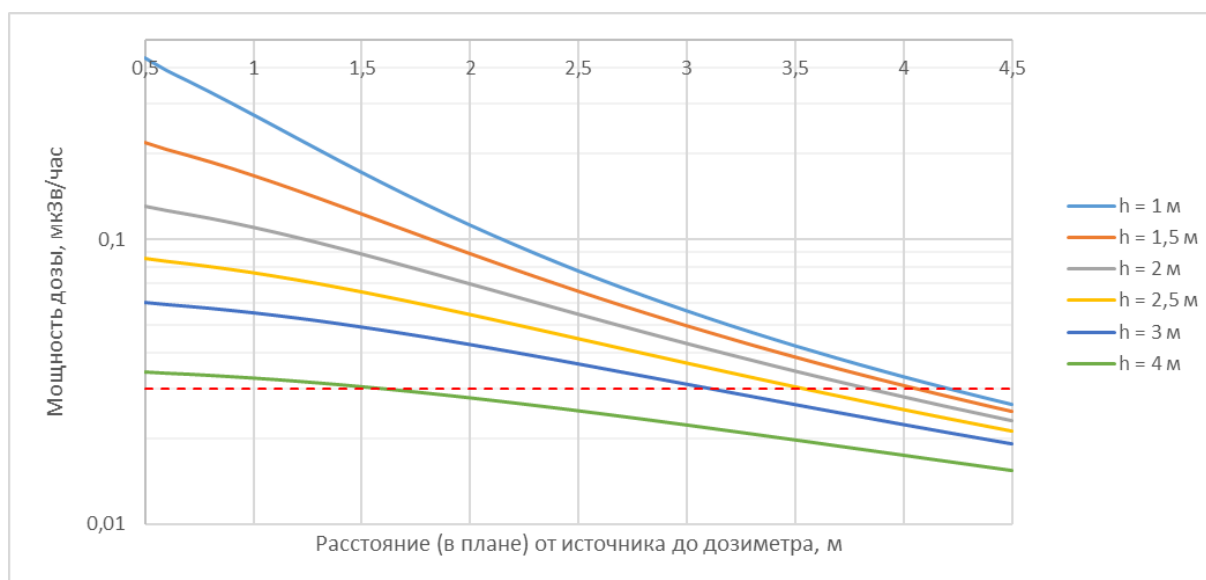


Рисунок 1. Зависимость показания мощности дозы от расстояния до источника для различной высоты расположения дозиметра

Таблица 1. Шаг сетки измерений в зависимости от высоты измерений

Высота измерения, м	Предельное расстояние, на котором определяется источник загрязнения, м	Шаг сетки измерений, м
1,0	4,2	5,9
1,5	4,0	5,7
2,0	3,8	5,4
2,5	3,5	4,9
3,0	3,1	4,4

4,0	1,5	2,1

Выводы

Использование аэромобильной технологии оперативного контроля радиационной обстановки на объектах нефтегазовой отрасли путем измерения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения, проводимой в рамках радиационного контроля, может повысить эффективность и точность измерений, а также обеспечит наибольшую безопасность при выполнении работ. Это современный и перспективный подход, который активно внедряется в различных отраслях, связанных с радиационной безопасностью и экологическим мониторингом. С учетом предоставляемых рассматриваемой технологией новых возможностей требуется разработка (уточнение) методики радиационного контроля на объектах нефтегазовых промыслов. В частности, должны определяться такие параметры обследования, как высота измерения мощности дозы гамма-излучения и шаг сетки измерений.

Библиография

1. ФЗ от 09.01.1996 № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения».
2. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009.
3. СП 2.6.1.2612-10 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010).
4. Радиационный контроль и пробоотбор на нефтегазовых промыслах России. Методические указания Минэнерго России от 20.11.1996.

Экологическая трагедия Усолье-Сибирского: наследие Усольехимпрома

Каматова К.Ж.* (МГРИ, kamatovakamila@gmail.ru),
Коматов М.М.* (МГРИ, sorry_adzume@yandex.ru),
Аскарров Р.А. (МГРИ, askarovra@mgri.ru),
Петраш Е.П. (МГРИ, petrashep@mgri.ru)

Аннотация

Усольехимпром, основанный в 1936 году в Иркутской области, вырос из завода по производству этиловой жидкости в гиганта советской химической промышленности, особенно во время Великой Отечественной войны. После распада СССР предприятие пришло в упадок, к середине 2010-х было признано банкротом и ликвидировано, тысячи сотрудников уволены. Завод остался заброшенным с отходами, ртутными хранилищами и опасными реагентами, что привело к режиму ЧС в Усолье-Сибирском с 2018 года.

Ключевые слова

Усольехимпром, Усолье-Сибирское, «Nitol Solar», экологическая катастрофа, решение проблемы

Теория

История завода «Усольехимпром»

В течение длительного времени одним из значимых предприятий с негативным воздействием на окружающую среду в Иркутской области являлся химический комбинат «Усольехимпром», использующий в технологическом процессе металлическую ртуть при производстве хлора и каустика. Усолье-Сибирское расположено в 77 км от Иркутска на берегу Ангары.

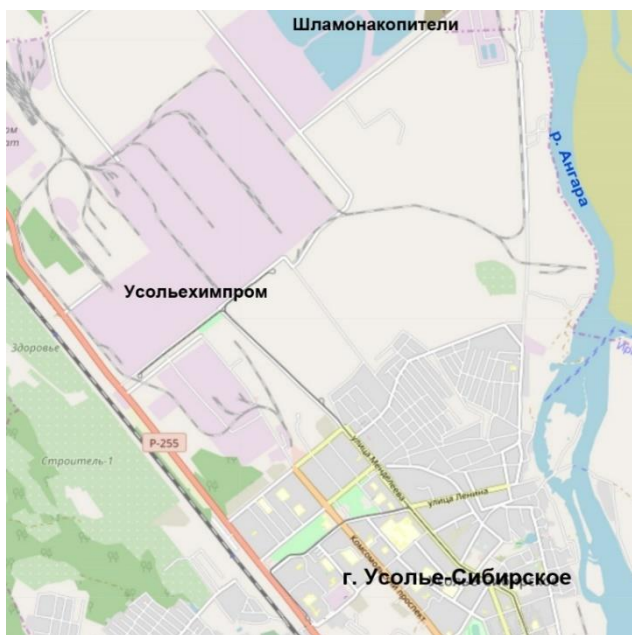


Рисунок 1. Расположение завода на карте города

Последствия «Nitol Solar»
После остановки производства "Усольехимпром" почва и подземные воды оказались загрязнены опасными химическими веществами. Объекты со специализированным оборудованием, трубопроводы, накопители отходов, железнодорожная станция и емкости с химотходами остались без охраны. Особую опасность представляет очаг ртутного загрязнения и большие объемы химотходов.

На территории расположено более 300 объектов, 24 из которых содержат опасные вещества I и II класса опасности и подлежат ликвидации [1]. Загрязненные корпуса, здания с емкостями и сооружения подлежат демонтажу. Схема расположения основных мест загрязнения представлена на рисунке.

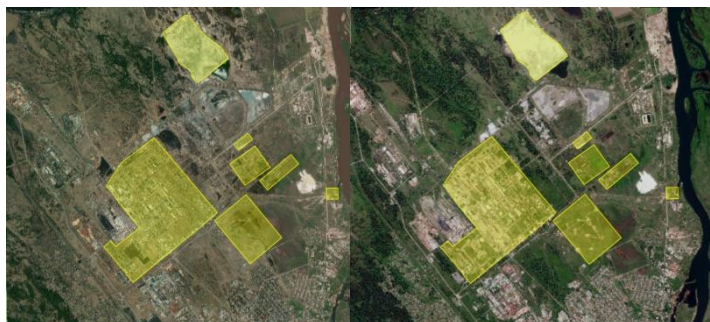


Рисунок 2. Снимки мест загрязнений в 2018 и 2022 гг.

Цех ртутного электролиза «Усольехимпром» является значительным источником ртутного загрязнения. Долгосрочная эксплуатация привела к накоплению более 1200 тонн ртути; загрязнены как территория цеха, так и грунты. Площадь цеха составляет 1,24 га. Прошла рекультивация: демонтированы наземные и подземные части, установлена противифльтрационная завеса. В 2021 году здание цеха полностью демонтировано, локализован очаг загрязнения, исключена миграция ртути. Участок приведен в безопасное состояние, в 2022 году работы не проводились.



Рисунок 3. Снимки цеха ртутного электролиза в 2018 и 2022 гг.

Равнинный шламонакопитель в 2,5 км от «Усольехимпром» содержит отходы ртутного электролиза. В 2017 году зафиксирован слив 725 тонн ртутьсодержащих отходов, накопленных предприятием за десятилетия. Это все равно, что вылить на землю содержимое сотни железнодорожных цистерн. На начало рекультивации превышение ПДК по ртути составляло 238 раз.

Рекультивация включает создание геохимического барьера для предотвращения попадания подземных вод в полигон и образования новых загрязнений. Тело полигона формируется из инертных материалов, полученных при дроблении демонтированных сооружений, и укрывается непроницаемым покрытием [2].



Рисунок 4. Усольские шламохранилища

Очистные сооружения предприятия состоят из камер с перфорированными трубами и горизонтальных отстойников для отделения взвешенных веществ. Осадок собирается в резервуар и перекачивается в шламонакопитель. Кислотные и щелочные сточные воды поступают на станцию нейтрализации, где в отстойниках происходит осаждение и усреднение pH. В 2022 году проводился мониторинг и контроль химического состава сточных вод для предотвращения загрязнения поверхностных водоемов [3]

Линза нефтепродуктов располагалась у русла реки Ангара и станции водозабора, загрязняя её с 1992 года из-за использования нефтепродуктов на «Усольехимпром». Ликвидация линзы началась в 2020 году и завершилась в 2021 году. Для предотвращения эрозии и сброса опасных веществ в реку было построено герметичное ограждение из противофильтрационных экранов.



Рисунок 5. Снимки линзы нефтепродуктов в 2018 и 2022 гг.

Цистерны и емкости с опасными веществами.

На территории «Усольехимпром» располагалось 17 аварийных емкостей с токсичными веществами (бочки, цистерны, контейнеры). Большая часть емкостей содержала в себе отходы I и II класса опасности и создавали угрозу химического заражения большой территории вокруг комбината. На данный момент все объекты, в которых были емкости перезатарены и приведены в безопасное состояние. Дальше они будут отправлены на переработку.



Компонент	Содержание (масс.%) пл данным СПБТИ
Аллил хлористый	0.3
Бутил хлористый	0.4
Цис-1, 1-дихлорпропен	14.9
Транс-1, 1-дихлорпропен	9.2
1, 1-дихлорпропен	12.4
1, 2-дихлорпропен	12.0
1, 3-дихлорпропен	4.3
1, 2, 3-дихлорпропен	46.5

Рисунок 6. Данные о обследовании скважин

12 Скважин рассолопромысла.

Одна из важных работ касалась консервации стволов и околоствольных пространств скважин рассолопромысла, где проводилось захоронение продуктов химического производства на глубине около 1150 м. Рассолопромысел «Усольехимпром» включает 12 законсервированных скважин с нефтепродуктами и отходами эпихлоргидрина, представляющими собой сложную смесь изомеров хлорпроизводных углеводородов. В таблице приведены данные обследования скважины с массовой долей компонентов отходов [4].

Методы защиты реки Ангары от химических отходов:

1. Системы очистки: Установка очистных сооружений, которые могут эффективно обрабатывать сточные воды и удалять вредные химические вещества перед сбросом в реку.
2. Биоинженерия: Использование микроорганизмов и растений для биоремедиации, которые способны расщеплять или поглощать токсичные вещества из сточных вод.
3. Рециклинг: Внедрение системы повторного использования отходов, где возможные полезные компоненты из химических отходов извлекаются и перерабатываются.
4. Контроль и мониторинг: Установление системы регулярного контроля за качеством воды в реке и рядом с заводом для быстрого реагирования на любые загрязнения.

Некоторые решения, которые предлагается реализовать на территории бывшего «Усольехимпрома»:

1. Демонтаж зданий и сооружений. На площадке необходимо демонтировать надземные и подземные части зданий и сооружений.
2. Ликвидация источников загрязнения. Необходимо устранить все источники загрязнения окружающей среды и подготовить площадку к дальнейшей хозяйственной деятельности.
3. Создание запланированного экотехнопарка «Восток». Основная специализация парка будет переработка ртутьсодержащих отходов.
4. Полноценный проект рекультивации и демеркуризации территории, затрагивающий все сферы (почву, атмосферу и водную среду), а также постоянный мониторинг за концентрациями опасных химических веществ.

Выводы

После распада СССР Усольехимпром был ликвидирован, оставив после себя опасные отходы. С 2018 года в Усолье-Сибирском был введен режим ЧС. В 2024 году был проведен ряд мероприятий по очистке города. В нашей статье мы показали причины загрязнения и их возможные способы решения.

Библиография

1. Григорьев, С. А. (2020). Проблемы загрязнения почвы и подземных вод в усольском регионе. Иркутск: Издательство ИГУ.
2. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (2022). Отчет о состоянии окружающей среды в Иркутской области. Иркутск: Росприроднадзор.
3. Фролов, А. П., Рябов, С. О. (2019). Устойчивое развитие и экология: оценка влияния промышленных предприятий на окружающую среду. Иркутск: Сибирское университетское издательство.
4. Мельников, В. И. (2017). История химической промышленности России. Санкт-Петербург: БГТУ.

***Перспективы аэромобильной технологии оперативного контроля
утечек на нефтегазовых предприятиях***

***Короткова К.М. *(МГРИ, sablina_98_21@mail.ru),
Кайдалов О.С. (МГРИ, kaydalov.o@list.ru),
Комаров Е.И. (МГРИ, e.i.komarov@rambler.ru)***

Аннотация

Аэромобильная технология оперативного контроля утечек на объектах нефтегазовых предприятий, основанная на использовании группы квадрокоптеров под централизованным управлением, оснащенных инфракрасными и телевизионными камерами, в отличие от мониторинга одним беспилотным летательным аппаратом (БПЛА) или индивидуального управления несколькими, позволяет значительно повысить скорость и эффективность обследования протяженных и труднодоступных территорий, снизить риски столкновений и упростить обработку данных, обеспечивая своевременное выявление утечек и других нарушений для повышения безопасности нефтегазовых объектов. Дополнительное оснащение БПЛА газоанализаторами, пробоотборщиками воды и почв будет раскрывать полную картину воздействия на окружающую среду любых предприятий горного и нефтегазового профилей.

Ключевые слова

Нефтегазовые предприятия, утечки, оперативный контроль, аэромобильная технология, безопасность, квадрокоптер

Теория

Проблема обеспечения безопасности объектов нефтегазовой отрасли является актуальной, особенно в труднодоступных районах, при значительном износе инфраструктуры и возрастающем риске аварий. В этих условиях обоснование и внедрение аэромобильной технологии оперативного контроля и обнаружения загрязнений прилегающих почв, водной и воздушной среды считаются первоочередными задачами, решение которых возможно путем использования группы квадрокоптеров, в совокупности представляющих летающую лабораторию.

Децентрализованное управление группой беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) позволяет эффективно охватить обширные и протяженные территории, оперативно собирать данные и выявлять проблемы с помощью инфракрасных и телевизионных камер. Полученные снимки обрабатываются для создания полных обзоров местности и своевременного обнаружения потенциальных утечек и других нарушений [1,2].

На рисунке 1 представлен снимок подозрения на разлив трубопровода при облёте одиночного квадрокоптера.



Рисунок 1. Снимок подозрения на разлив трубопровода при облёте БПЛА

В случае если площадь мониторинга окажется достаточно большой (например, нужно проверить целое месторождение), тогда целесообразно будет применить группу квадрокоптеров (рисунок 2).

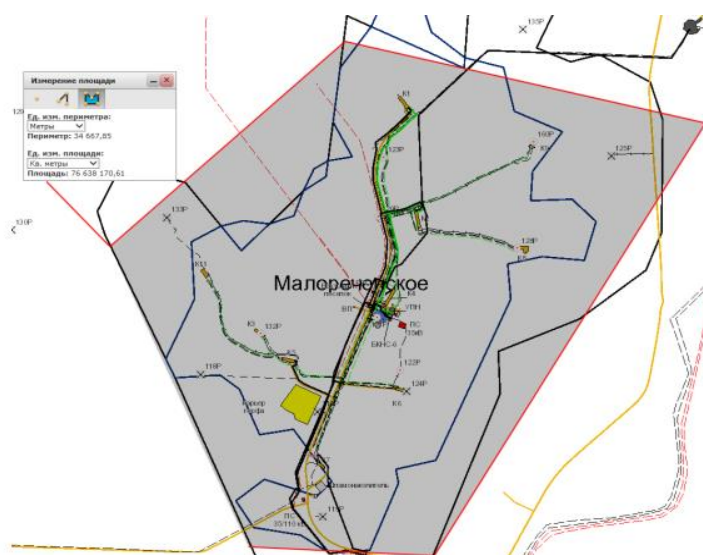


Рисунок 2. Месторождение Малореченское для мониторинга БПЛА

Использование БПЛА для мониторинга в нефтегазовой отрасли предпочтительнее спутниковых снимков благодаря более высокому разрешению и оперативности данных. Это упрощает анализ, позволяет быстрее реагировать на аварии и точнее прогнозировать нештатные ситуации, тем более что применение БПЛА более экономичнее и эффективнее спутников [3,4].

Поскольку квадрокоптеры востребованы для мониторинга, но ограничены в дальности полета, требует использование дополнительных опорных пунктов и группы квадрокоптеров под управлением одного оператора, что ускорит сбор данных, повысит надежность и позволит оптимизировать процесс за счет разделения задач и специализированного оборудования на каждом БПЛА [5].

На рисунке 3 иллюстрируется планирование полета БПЛА для эффективного обследования нефтегазовых объектов.

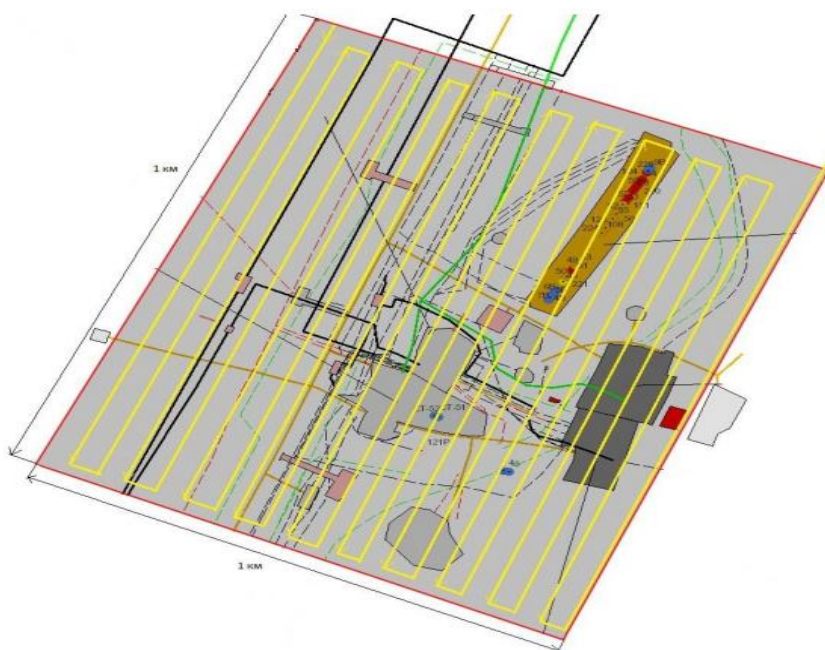


Рисунок 3. Пример планирования полета БПЛА для обследования нефтегазовых объектов

Квадрокоптер с камерой Sony UMC-R10C используется для мониторинга квадратного поля 1x1 км с высоты 60 метров. Камера с углом обзора 45° захватывает полосу 50 метров при полете со скоростью 3 м/с. Для полного облета поля требуется более 20 км полета, что из-за ограничений батареи (дальность 4 км) требует нескольких подзарядок. Полный мониторинг занимает более 5 часов, включая время подзарядки при 4-х возвратах на базу [4].

В нефтегазовой отрасли используются различные БПЛА, например, 3DR Solo и DJI Phantom 4, а также дроны с фиксированным крылом, например, senseFly eBee Ag. Стоимость таких аппаратов варьируется от 1,5 до 25 тысяч долларов.

Десять квадрокоптеров, работая вместе, значительно ускорят выполнение задачи. Выстроившись в линию с общим охватом 500 метров, они смогут обработать поле за один пролёт в обе стороны. Каждый дрон пролетит около 2,5 км, а общее время работы составит менее 15 минут.

Индивидуальное управление каждым квадрокоптером для мониторинга возможно, но значительно менее эффективно, чем групповое.

Во-первых, оператору придется разрабатывать отдельные маршруты для каждого из десяти аппаратов, что значительно увеличивает сложность и трудоемкость задачи, особенно при необходимости охвата большого количества различных участков.

Во-вторых, существующие авиационные правила, предписывающие БПЛА перемещаться на фиксированной высоте, повышают риск столкновений между квадрокоптерами при индивидуальном управлении, так как сложнее координировать их движение и избегать пересечений траекторий.

В-третьих, управление каждым БПЛА отдельно затрудняет процесс объединения и синхронизации полученных снимков. Это усложнение может стать значительным препятствием для оперативного и точного анализа данных.

Таким образом, групповое управление БПЛА может значительно оптимизировать процесс производственного мониторинга, особенно при наблюдении за объектами в

нефтегазовой отрасли. Оно обеспечивает более эффективную координацию действий, снижает риск аварий и упрощает обработку данных, полученных с нескольких аппаратов.

Выводы

Предлагается аэромобильная технология оперативного контроля утечек на магистральных трубопроводах, основанная на использовании группы квадрокоптеров под централизованным управлением, оснащенных инфракрасными и телевизионными камерами. Данный подход, в отличие от мониторинга одним дроном или индивидуального управления несколькими, позволяет значительно повысить скорость и эффективность обследования протяженных и труднодоступных территорий, снизить риски столкновений и упростить обработку данных, обеспечивая своевременное выявление утечек и других нарушений для повышения безопасности нефтегазовых объектов.

Библиография

1. Федосеева Н.А. Перспективные области применения беспилотных летательных аппаратов / Н.А. Федосеева, М.В. Загвоздкин // Научный журнал. – 2017. – № 9. – С. 26-29.
2. Иванов А.А. Обнаружение утечек газа на магистральных трубопроводах с использованием беспилотных летательных аппаратов / А.А. Иванов. // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2019. – № 1. – С. 45-50.
3. Аковецкий В.Г. Аэрокосмический мониторинг месторождений нефти и газа. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2008. – 454 с.
4. Жужгов Ю.В., Калач Е.В. Краткая характеристика БПЛА, применяемых для проведения воздушного мониторинга объектов нефтегазового комплекса // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – 2018. – С. 1025-1028.
5. Гольянов А.А. Системы контроля утечек из магистральных трубопроводов: материалы научно-методической конференции / А.А. Гольянов, А.И. Гольянов // Проблемы нефтегазовой отрасли. – Уфа, 2010. – С. 174-176.

***Переработка твердых коммунальных отходов как часть экономики замкнутого цикла:
исторический опыт и современность***

***Лямкин Р.И. * (НИТУ МИСИС, rodion.lyamkin@gmail.com),
Сильвестрова В.А. (РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, var.silvestr@gmail.com)***

Аннотация

Проведено исследование на основе сравнительного анализа переработки ТКО советских времен и современности. Были выяснены причины успешности программ переработки вторсырья в СССР, состояние отрасли переработки ТКО в современной России, и проведена оценка возможности и целесообразности принятия советского опыта для улучшения результатов методик рециклинга в настоящее время. На основе социального опроса были собраны данные о заинтересованности населения и об их ожиданиях о системе. На основе этого были сделаны выводы о том, каким образом стоит улучшить ныне существующую систему.

Ключевые слова

Мусор, твердые коммунальные отходы, экономика замкнутого цикла, сбор вторсырья

Введение

Переработка мусора — одна из ключевых частей экономики замкнутого цикла (далее — ЭЗЦ, циклическая экономика), переход к такому формату экономики в России был закреплён на государственном уровне после принятия федерального проекта «Экономика Замкнутого Цикла» в 2022 году. Шесть лет назад, до принятия федпроекта «Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами», по всей стране даже сортировке подвергался лишь 1% от всех ТКО домохозяйств. Согласно официальному отчёту Росприроднадзора за 2023 год, сортировке подверглось уже 50%, а рециклинг прошло лишь 2,4% от общей массы за отчетный год [6]. В то же время среднее по миру значение — 19% [9]. Однако согласно исследованиям в СССР, уже к 1989 году на вторичную переработку ТКО приходилось 25% [2], что и сейчас бы являлось отличным показателем. Для анализа текущих показателей по объемам ТКО были использованы отчеты Росприроднадзора за 2023 год [6]. Также был проведен соцопрос среди 205 человек с помощью платформы Google Формы. Респонденты отвечали на вопросы, касаемые сортировки мусора.

Целью работы является поиск причин эффективности сбора и переработки вторсырья в СССР, анализ состояния отрасли переработки ТКО в современной России, а также рассмотрение возможности принятия советского опыта для улучшения результатов методик рециклинга.

Теория

Для начала мы решили выяснить, каким был советский опыт обращения с отходами домохозяйств. Высокие показатели переработки ТКО достигались благодаря пяти факторам: нормативно-правовая база; инфраструктура; органы управления; культурно-воспитательный фактор; иной морфологический состав ТКО.

Созданная в СССР нормативно-правовая база позволила сформировать и регулировать успешно функционирующую структуру организации процессов переработки под управлением Госнаба СССР. Создавались специальные пункты приёма по фракциям, куда население могло сдавать отходы. Кроме того, велась активная культурно-воспитательная работа. Подростков стимулировали собирать металлолом, сдавать в школах макулатуру — каждый школьник обязан был сдать 15 кг макулатуры за год [7]. Также государство передавало идею о том, что

отходы — важный для государства ресурс, что повышало вовлеченность граждан в процесс сдачи ТКО. В добавок использовались и материально-экономические методы вознаграждения: например, за сдачу 20 кг макулатуры взрослый гражданин мог получить талон на приобретение дефицитных книг. Всё это привело к тому, что в 1980-х гг. более 22% всей производимой бумаги и картона в СССР производились из вторичного сырья.

Ещё одной возможной причиной является то, что состав ТКО с 70ых-80ых годов серьёзно изменился в сторону тех фракций, переработка которых более дорога и комплексна, чем, например, переработка макулатуры.

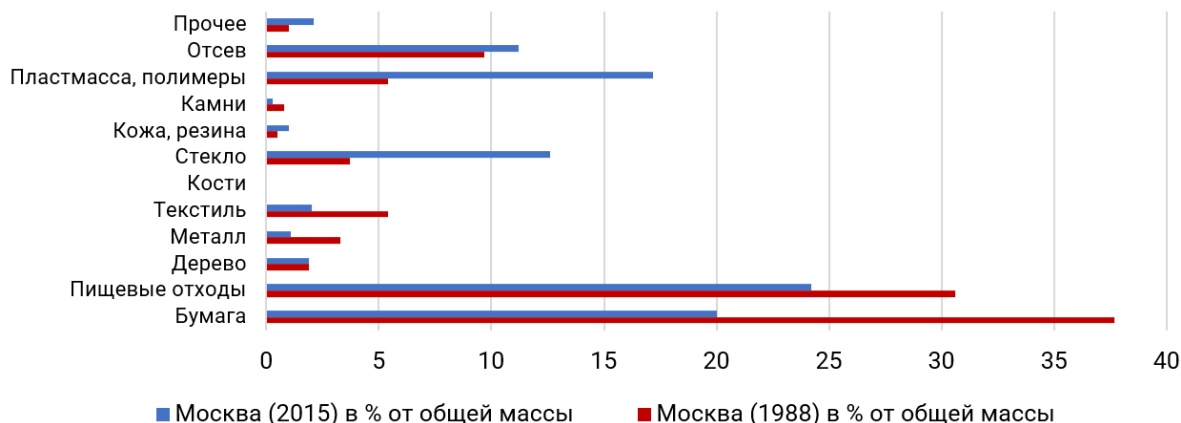


Рисунок 1. Морфологический состав ТКО г. Москвы в 1988 и 2015гг. [8]

Анализируя график, значительно изменилось следующее: выросла доля: стекла (+8,9%); пластмасса, полимеры (+11,8%); снизилась доля: бумаги (-17,7%); пищевых отходов (-6,4%). Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что действительно состав ТКО серьёзно изменился за прошедшие 30 лет в сторону увеличения доли полимеров и стеклотары.

Итак, высоких показателей переработки ТКО в СССР удалось добиться благодаря: социальной ответственности населения; легкодоступности пунктов приёма; развитой системы переработки; грамотного материального стимулирования граждан. Вдобавок состав ТКО в России значительно отличается от состава ТКО в СССР, в следствие чего процесс переработки также осложнен.

Общее положение в современной России. Благодаря завершившемуся федпроекту «Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами» был заложен фундамент системы для достижения дальнейших целей в сфере обращения с ТКО. Был создан и активно развивается управляющий орган — Российский Экологический Оператор, была создана правовая база, а также активно вкладывались средства (более 300 млрд руб., из которых 116 млрд. привлечены от государства) на реализацию 89 проектов в 48 регионах страны [5].

Минприроды отчиталось об успешном завершении проекта «Экология» с выполнением большей части поставленных задач. Однако аудит Счётной Палаты отметил снижение заявленных показателей, отсутствие прозрачности в предоставленных министерством данных и расхождение статистики в различных источниках [4]. Кроме того, Генпрокуратура выявила 20 тыс. нарушений законодательства и завела 151 уголовное дело. Т.е. результаты федпроекта стоит трактовать как неоднозначные.

В современной России процесс вторичного использования ТКО предприятиями осложнен, в первую очередь, множеством производителей, использующих разные форм-

факторы и материалы для производства товаров соответствующих фракций. В следствии чего воспроизвести аналогичные объёмы вторичного использования, например, стеклотары проблематично — на сортировочных пунктах придётся распределять стеклотару как минимум по материалам, что усложняет процесс переработки. Подобная проблема в СССР не наблюдалась в силу унификации стандартов производства

По результатам социального опроса, выяснилось, что 62% респондентов сортируют мусор. На вопрос «Где вам удобнее всего было бы сдавать мусор?» самым популярным вариантом стал «точки маркетплейсов» — его выбрали 108 человек. 101 человек указали – «в магазинах», «метро» стал третьим по популярности вариант (72 человека). Из собственных вариантов респонденты предложили систему прямо в подъездах домов, а также в государственных учреждениях (например, в ВУЗах или школах). Стоит отметить, что основным критерием выбора, конечно, стала близость к месту проживания. В то же время по данным Российского экологического оператора, в Москве и Московской области на 2024 год существовало 17788 пунктов приема сбора вторсырья [5]. В соцопросе большинство респондентов выбрало, что для них это было бы наиболее удобное место для сдачи вторсырья. Наше предложение — это установка в каждом пункте выдачи от маркетплейсов специальных терминалов. Такая тенденция уже существует по столице, но ее следует расширить и впоследствии добавить новые точки сбора на карты в уже существующие приложения.

Выводы

Выполнено исследование об эффективности программ переработки вторсырья при СССР, а также выяснены причины низкой результативности показателей в современной России. Для достижения лучших показателей в переработке необходимо сочетать советский опыт (социальное воспитание, систему материальных вознаграждений) с современными технологиями и принятием нынешних реалий жизни граждан (смена упора на расположение пунктов приёма с административных зданий на ПВЗ).

Библиография

1. Козлов Григорий Владимирович, Ивахнюк Григорий Константинович **МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ ПО РЕГИОНАМ МИРА В XX И НАЧАЛЕ XXI ВЕКА (ОБЗОР)** // Известия СПбГТИ (ТУ). 2014. №24 (50). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/morfologicheskij-sostav-tverdyh-kommunalnyh-othodov-po-regionam-mira-v-xx-i-nachale-xxi-veka-obzor> (дата обращения: 25.02.2025).
2. Колдобская, Н. А. Проблема переработки мусора в постсоветских столицах: прошлое, настоящее, будущее / Н. А. Колдобская // Геоурбанистика и градостроительство: теоретические и прикладные исследования : Сборник статей / Отв. редактор А.Г. Махрова. – Москва : Географический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, 2021. – С. 293-304. – EDN GNWZWI.
3. Комитет Государственной Думы по экологии, природным ресурсам и охране окружающей среды. <http://komitet-ekol.duma.gov.ru/novosti/19d709c5-685d-4c1e-a0fb-867ee2805954>
4. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Сегодня в России работает 262 мусороперерабатывающих завода, ещё 29 появится до конца года. https://www.mnr.gov.ru/press/news/segodnya_v_rossii_rabotaet_262_musoropererabatyvayushchik_h_zavoda_eshchye_29_poyavitsya_do_kontsa_go/
5. Российский экологический оператор. <https://reo.ru/>
6. Росприроднадзор, Отчет по форме 2-ТП (отходы) за 2023 год. <https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/production-consumption-waste/>

7. Сираждинов Р. Ж. ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЫТА СОВЕТСКОГО СОЮЗА В УПРАВЛЕНИИ ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ // Вестник ГУУ. 2021. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-opyta-sovetskogo-soyuza-v-upravlenii-othodami-proizvodstva-i-potrebleniya> (дата обращения: 21.02.2025).
8. Сотнезов А. В., Зайцев В. А., Тарасова Н. П. Морфологический состав твердых коммунальных отходов // Безопасность в техносфере. 2015. №. 4. С. 10-15. DOI: <https://doi.org/10.12737/14429> (дата обращения: 25.02.2025).
9. Global Waste Management Outlook 2024. <https://www.unep.org/resources/global-waste-management-outlook-2024>

Обоснование внедрения комплексной автоматизированной системы мониторинга нефтяных загрязнений на Нижегородском НПЗ

***Макарова К.С.* (МГРИ, embraer-70@mail.ru),
Комаров Е.И. (МГРИ, e.i.komarov@rambler.ru)***

Аннотация

На основе анализа текущего состояния системы мониторинга загрязнений и колоссальных объемов штрафных санкций Нижегородского НПЗ обоснована необходимость внедрения комплексной автоматизированной системы, интегрирующей сеть оптических датчиков контроля нефтепродуктов в сточных водах и выбросах, геоинформационную систему визуализации данных, блок прогностических моделей и поддержки управленческих решений, обеспечивающей повышение оперативности реагирования на инциденты и минимизацию экологических рисков.

Ключевые слова

Нефтяные загрязнения, сточные воды, атмосферные выбросы, экологический мониторинг, автоматизированные системы, датчики, моделирование

Теория

Невозможность получения в настоящее время объективных и своевременных данных о фактическом нефтяном загрязнении со стороны Нижегородского НПЗ уже сегодня оборачивается для предприятия существенными проблемами и потерями:

1 - *Риск несанкционированных залповых сбросов и инцидентов.* Отсутствие оперативной информации о нарушениях технологических режимов, переполнении дренажных емкостей, авариях на канализационных коллекторах и очистных сооружениях не позволяет вовремя принять меры по локализации и ликвидации последствий нефтяного загрязнения. С учетом сложности и инерционности производства любое промедление неизбежно ведет к увеличению масштабов ущерба и затрат на ликвидацию [1]; - *Штрафы и санкции со стороны надзорных органов.* По результатам плановых и внеплановых проверок госорганы регулярно фиксируют факты превышения установленных нормативов ПДС и ПДВ по нефтепродуктам. При этом возможности предприятия доказательно оспорить эти факты ограничены из-за неполноты собственных данных мониторинга. В результате НПЗ вынужден оплачивать многомиллионные штрафы и реализовывать дорогостоящие мероприятия по предписаниям надзорных органов [2];

2 - *Судебные издержки и компенсационные выплаты.* Ежегодно Нижегородский НПЗ сталкивается с судебными исками от местных жителей, общественных экологических организаций и муниципальных органов власти с требованием компенсации вреда здоровью и имуществу граждан, ущерба рыбному хозяйству в связи с загрязнением реки Волга. В условиях повышения экологической сознательности населения и поддержки «зеленой» повестки со стороны федеральных властей, любое освещение в СМИ таких инцидентов наносит серьезный урон репутации компании [3];

3 - *Риск приостановки деятельности.* Сегодня в условиях бескомпромиссной борьбы за экологию ни одно предприятие не может чувствовать себя в безопасности. НПЗ, расположенный практически в черте города-миллионника, в водоохранной зоне крупнейшей реки Европы, стоит первым в очереди на ужесточение государственного и общественного экологического контроля. Недостаточно эффективная, система экологического мониторинга может стать поводом для приостановки деятельности предприятия по решению судебных органов до момента устранения всех нарушений [4];

4 - Сложности долгосрочного инвестиционного и технологического планирования. Фактическое отсутствие достоверных данных о величине и динамике нефтяного загрязнения со стороны НПЗ не позволяет строить обоснованные прогнозные модели поведения загрязнений в компонентах окружающей среды (поверхностных водах, атмосфере, почвах, биоте). Без таких моделей невозможно эффективное среднесрочное и долгосрочное планирование природоохранных мероприятий, оценка предельной мощности производства по фактору экологической емкости территории [5].

Все эти обстоятельства с очевидностью свидетельствуют о необходимости скорейшей модернизации системы экологического мониторинга на Нижегородском НПЗ, прежде всего - в части контроля нефтяных загрязнений. При этом современный уровень развития технологий автоматизированного контроля позволяет реализовать качественно новую концепцию непрерывного мониторинга нефтяных загрязнений в режиме, близком к реальному времени.

Для преодоления указанных недостатков существующей системы контроля предлагается внедрить на Нижегородском НПЗ комплексную автоматизированную систему непрерывного мониторинга нефтяных загрязнений (КАСНМ). Предлагаемая система должна интегрировать следующие ключевые компоненты:

1. *Блок автоматических стационарных датчиков контроля содержания нефтепродуктов в сточных водах.* В ключевых точках промливневой канализации (на коллекторах, входах/выходах очистных установок, колодцах перед сбросом стоков в Волгу) предлагается установить оптические датчики и анализаторы in-situ, работающие в режиме автоматических измерений с частотой 1 раз в 10-15 мин. В качестве измерительного принципа целесообразно использовать флуоресценцию растворенных нефтепродуктов при облучении УФ-светом с регистрацией сигнала на характеристической длине волны. Автономное исполнение датчиков обеспечивает возможность монтажа в труднодоступных местах, а наличие автоматических систем очистки оптики и калибровки гарантирует стабильность и достоверность измерений [6, 7];

2. *Блок автоматических стационарных датчиков контроля углеводородов в промышленных выбросах.* На основных организованных источниках выбросов (дыхательные клапаны резервуаров, факельные установки, выхлопы печей и котлов) следует установить газоанализаторы углеводородов, работающие на принципе ИК-спектроскопии или фотоионизационной детекции (рис 1). Приборы должны обеспечивать измерение концентраций в непрерывном режиме (не реже 1 раза в минуту) с чувствительностью на уровне 1 ppm и передачу данных в единую систему мониторинга [8, 9];

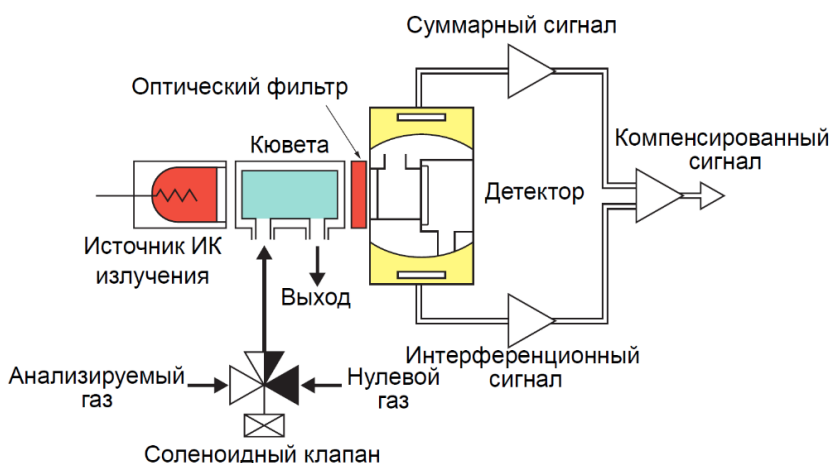


Рисунок 1. Схема газоанализатора, работающего на принципе ИК-спектроскопии

3. *Распределенная сеть портативных устройств оперативного контроля.* Для возможности мобильного мониторинга неорганизованных утечек выбросов, обследования ливневой канализации и скрытых коллекторов, верификации работы стационарных датчиков необходимо оснастить службы экологического мониторинга НПЗ портативными анализаторами нефтепродуктов на базе переносных флуориметров и фотоионизаторов. Малогабаритные приборы со встроенным GPS-трекингом и передачей данных по GSM позволят оперативно выявлять и контролировать неучтенные источники нефтяного загрязнения;

4. *Геоинформационная система экологического мониторинга НПЗ.* Вся информация о результатах измерений нефтяных загрязнений от различных средств должна поступать в единую геоинформационную систему (ГИС) экологического мониторинга. ГИС должна обеспечивать on-line визуализацию распределения загрязнения на электронной карте предприятия, формировать тренды концентраций в контрольных точках, сигнализировать о нарушениях ПДК, идентифицировать потенциальные источники сверхнормативных сбросов и выбросов;

5. *Блок прогностического моделирования и поддержки управленческих решений.* На основе накопленных данных непрерывного мониторинга должны быть разработаны матмодели распространения нефтяных загрязнений в поверхностных водах от точки сброса и в атмосфере от высотных источников с учетом гидрометеорологических факторов. Эти модели должны обеспечить прогноз экологических последствий для различных сценариев производственной деятельности и нештатных ситуаций, а также представлять данные для обоснования управленческих решений по планированию режимов работы оборудования, выбору приоритетов модернизации, определению оптимальных точек и способов локализации аварийных разливов.

Оценка необходимых затрат на создание и внедрение КАСНМ на Нижегородском НПЗ с учетом текущих рыночных цен составляющих компонентов показывает объем единовременных затрат в сумме около 40 млн. руб. При этом ожидаемые положительные экономические эффекты, связанные со снижением экологических рисков, штрафов, компенсационных выплат, судебных издержек, потерь от остановки производства, а также с оптимизацией программ и инвестиций в природоохранные мероприятия могут достигать сотен миллионов рублей в год.

Выводы

Широкий спектр финансово-экономических и репутационных угроз от штрафов и компенсационных выплат до приостановки производственной деятельности в случае расширения претензий со стороны надзорных органов и общественности предопределяет необходимость скорейшей разработки на НПЗ автоматизированной системы непрерывного мониторинга нефтяных загрязнений в составе стационарных и переносных датчиков, геоинформационной системы обработки и визуализации данных, блоков прогностических моделей и поддержки управленческих решений.

Библиография

1. Иванкин А.Н., Галкин А.А., Неклюдов А.Д., Прошина О.П. Экологические аспекты техногенного воздействия нефтяной промышленности на акваторию // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 1. С. 30-34.
2. Prabhakar S. Optical sensors for monitoring marine environment // Marine Pollution and Microbial Remediation. Springer, Singapore, 2017. P. 159-182.

3. Albergamo V., Helmus R., De Voogt P. Direct injection analysis of polar micropollutants in natural drinking water sources with biphenyl liquid chromatography coupled to high-resolution time-of-... spectrometry // Journal of Chromatography A. 2018. V. 1569. P. 53-61.
4. Терентьева Д.Г. Оценка и ликвидация последствий разливов нефти и нефтепродуктов с поверхности водных объектов // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. 2018. № 1 (33). С. 66-72.
5. Кошелев В.Н., Коршак А.А. Предупреждение аварийных разливов нефти в системе экол. безопасности нефтегазовых объектов // Нефтегазовое дело. 2015. № 3. С. 185-192.
6. Алексеева Т.А., Масаева Л.М. Проблемы защиты водной среды от загрязнения нефтью и нефтепродуктами // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2008. – № 5. – С. 21–24.
7. Боев А.Г., Матвеев Д.В., Бородин А.Н. Радиолокационные методы выявления нефтяных загрязнений на морской поверхности // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 3. С. 200-207.
8. Буренин В.В. Очистка и обезвреживание нефтесодержащих сточных вод нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-техн. достижения и передовой опыт. – 2008. – № 12. – С. 39–47.
9. Галкин А. В. Мониторинг нефтегенных загрязнений вод : автореф. дис. ... канд. хим. наук / Академия нефти и газа. – Москва, 1992. – 24 с.

***Совершенствование баромембранных процессов очистки воды
от углеводов на газоперерабатывающих предприятиях***

***Петрова В.Н.* (МГРИ, ikaleria0@gmail.com),
Комаров Е.И. (МГРИ, e.i.komarov@rambler.ru),
Исаев О.Н. (МГРИ, isaevon@mgri.ru)***

Аннотация

Разработана методика создания устойчивых к загрязнениям гидрофильно-олеофобных мембран для разделения водонефтяных эмульсий. Проведены исследования влияния гидролиза и введения нанокристаллической целлюлозы (НКЦ) на фильтрационные и эксплуатационные свойства мембран. Показано, что комбинированная модификация позволяет значительно увеличить гидрофильность, проницаемость и устойчивость мембран к загрязнениям.

Ключевые слова

Баромембранные процессы, очистка сточных вод, углеводороды, полиакрилонитрил, нанокристаллическая целлюлоза

Теория

Газоперерабатывающие предприятия сталкиваются с проблемой очистки сточных вод, загрязненных углеводородами. Актуальность исследований обусловлена образованием больших объемов водонефтяных эмульсий, которые являются токсичными и опасными для окружающей среды [1].

Традиционные методы очистки, такие как флотация, адсорбция и биологическая очистка, не всегда обеспечивают необходимую степень очистки и могут быть экономически невыгодными.

Баромембранные процессы основаны на использовании полупроницаемых мембран, которые разделяют компоненты жидкости под действием давления [2]. Основные типы мембран, используемых для очистки воды от углеводородов, включают микрофильтрацию, ультрафильтрацию, нанофильтрацию и обратный осмос [3]. Каждый из этих методов имеет свои особенности и применяется в зависимости от степени загрязнения и требуемого качества очистки. Считается что баромембранные процессы являются перспективным методом очистки сточных вод от углеводородов [4, 5].

В работе использован полиакрилонитрил (ПАН) как основной мембранный полимер. Для улучшения свойств мембран проведена их модификация гидролизом щелочью и введением нанокристаллической целлюлозы (НКЦ).

Формовка мембран проводится методом инверсии фаз. Полученный формовочный раствор полимера наносится на чистую и ровную поверхность – стекло с помощью ракля с зазором 0,2 мм. Стекло с нанесенным раствором опускается в осаждающую ванну с нерастворителем. В качестве нерастворителя использованы: вода, 10% раствор гидроксида натрия (NaOH). После осаждения мембраны в щелочном растворе, мембрана промывается дистиллированной водой. На рисунке 1 представлена схема формирования мембран методом инверсии фаз [6, 7].

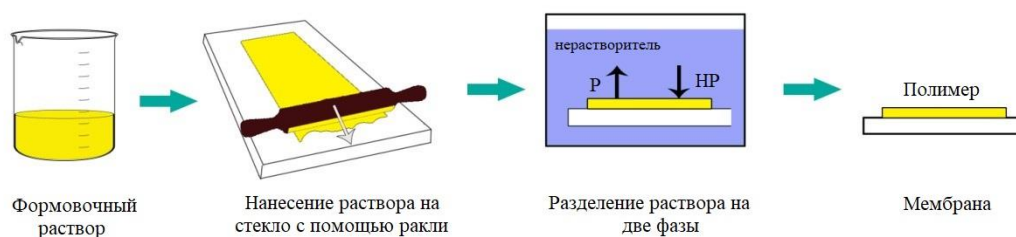


Рисунок 1. Схема формирования мембран методом инверсии фаз

Гидролиз ПАН щелочью приводит к преобразованию нитрильных групп ($-C\equiv N$) в карбоксильные ($-COO$) и нитрозные ($-N=O$), что увеличивает гидрофильность мембран и демонстративно можно увидеть на ИК-спектроскопии (рисунок 2) [8].

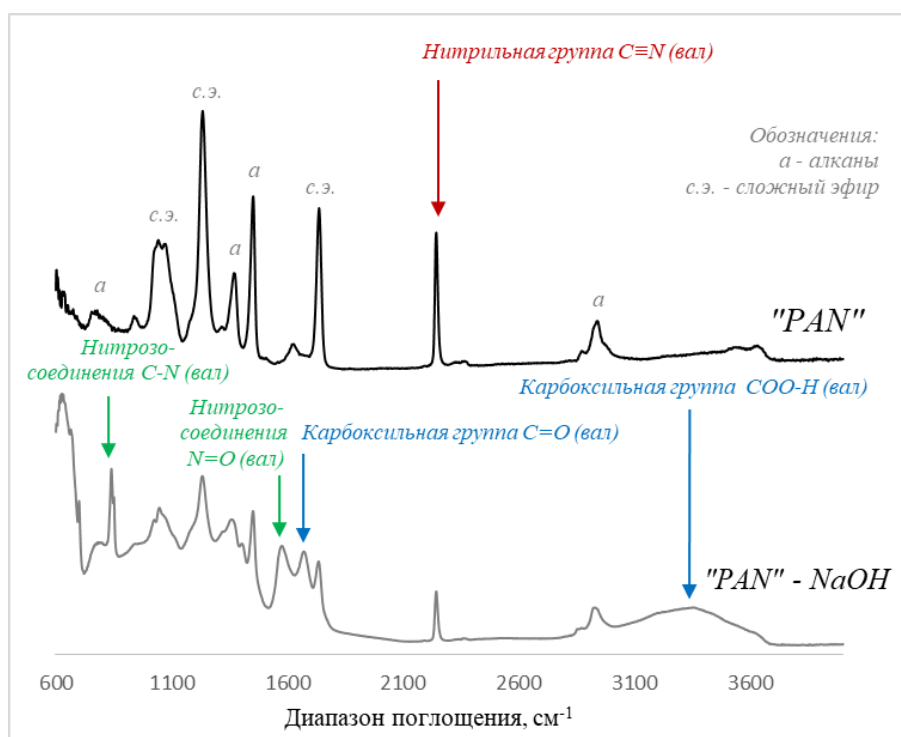


Рисунок 2. ИК-спектроскопия ПАН мембран

Для приготовления эмульсии использованы: дистиллированная вода, нефть концентрации 1 г/л, поверхностно-активные вещества концентрации 0,1 г/л, соли металлов 0,01 г/л.

Изучение транспортных свойств полученных мембран были проведены в ячейках тупикового типа при трансмембранном давлении 1 атм.

Модифицированные ПАН мембраны становятся устойчивыми к воздействию агрессивных органических растворителей. Мембрана, осажденная в воде, проявляет свойства подводной олеофобности, препятствуя их загрязнению нефтью и увеличивая коэффициент устойчивости (FRR) мембран с 20 до 55 %. Поскольку гидролиз приводит к уменьшению размера пор и небольшому снижению проницаемости была рассмотрена другая модификация – добавление наноцеллюлозы в формовочный раствор.

Использование в качестве модификатора НКЦ позволяет увеличить гидрофильность и пористость практически в 2 раза. С введением НКЦ в 3 раза увеличивается проницаемость, что покрывает недостаток при гидролизе ПАН мембраны.

Применение комбинированного метода модификации позволяет значительно увеличить гидрофильность мембраны, одновременно увеличивая ее проницаемость и устойчивость к загрязнениям. Результаты расчетов, представленные в таблице 1, показали, что гидролиз ПАН щелочью уменьшает краевой угол смачивания с 65° до 30°, что свидетельствует о повышении гидрофильности мембран, а введение НКЦ в формовочный раствор увеличивает проницаемость мембран в 3 раза.

Таблица 1 – Расчеты фильтрационных свойств мембран

Мембрана	$\omega_{\text{НКЦ}}$	Осадитель	$P_{\text{в}}$	$P_{\text{э}}$	$R_{\text{э}}$	$P_{\text{в-2}}$	FRR
10% ПАН в ДМСО	0	Вода	576	55	98	115	20
		NaOH	140	52	95	77	55
	0,5	Вода	1875	290	51	1134	60
		NaOH	2045	340	68	1513	74
	1	Вода	1532	265	54	897	59
		NaOH	1744	305	67	1116	64
	5	Вода	4721	2065	58	559	12
		NaOH	4856	2342	63	636	13
	10	Вода	3356	734	41	1052	31
		NaOH	3561	841	45	1235	35
	20	Вода	3415	1585	43	1385	40
		NaOH	3978	1732	47	1789	45

$\omega_{\text{НКЦ}}$ – массовая концентрация НКЦ в формовочном растворе, %; $P_{\text{в}}$ – проницаемость мембраны по воде, кг/(м²·ч·атм); $P_{\text{э}}$ – проницаемость мембраны по эмульсии, кг/(м²·ч·атм); $R_{\text{э}}$ – разделительная способность, %; $P_{\text{в-2}}$ – проницаемость мембраны по воде после первого цикла фильтрации, кг/(м²·ч·атм); FRR – показатель устойчивости к загрязнениям, %

Так как в сточных водах содержатся примеси в виде различных ПАВ и неорганических солей, была проведена фильтрация сложных систем мембранами, модифицированными комбинированным методом. По фильтрационным свойствам наилучший результат был показан мембраной 10% ПАН в ДМСО + 0,5% НКЦ, сформованной в NaOH. Данная мембрана показала хорошие фильтрационные свойства: проницаемость, разделительные характеристики и устойчивость к загрязнениям.

Выводы

Как показали исследования, баромембранные процессы становятся перспективной альтернативой для решения задач очистки воды от углеводородов на газоперерабатывающих предприятиях, преимуществами которых являются высокая степень очистки, компактность оборудования, возможность автоматизации и снижение затрат на утилизацию отходов.

Библиография

1. Issaka S. A., Nour A. H., Yunus R. M. Review on the fundamental aspects of petroleum oil emulsions and techniques of demulsification //Journal of Petroleum & Environmental Biotechnology. – 2015. – Т. 6. – №. 2. – С. 1.
2. Dong X., Al-Jumaily A., Escobar I. C. Investigation of the use of a bio-derived solvent for non-solvent-induced phase separation (NIPS) fabrication of polysulfone membranes //Membranes. – 2018. – Т. 8. – №. 2. – С. 23
3. Moskvina L. N. A classification of separation methods //Separation & Purification Reviews. – 2016. – Т. 45. – №. 1. – С. 1-27.
4. Ghaouar N., Baroudi M., Othman T. Contribution to the explanation of the association process of two triblock poly (ethylene oxide)-poly (propylene oxide)-poly (ethylene oxide)(PEO-PPO-PEO) copolymers and their mixtures in an aqueous solution //Journal of Molecular Liquids. – 2016. – Т. 224. – С. 279-283.
5. Li H. et al. High-efficiency separation performance of oil-water emulsions of polyacrylonitrile nanofibrous membrane decorated with metal-organic frameworks //Applied Surface Science. – 2019. – Т. 476. – С. 61-69.
6. Polotskaya G. et al. Asymmetric Membranes Based on Copolyheteroarylenes with Imide, Biquinoline, and Oxazinone Units: Formation and Characterization //Polymers. – 2019. – Т. 11. – №. 10. – С. 1542.
7. Wong S. F., Lim J. S., Dol S. S. Crude oil emulsion: A review on formation, classification and stability of water-in-oil emulsions //Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2015. – Т. 135. – С. 498-504.
8. Yushkin A. A. et al. Modification of polyacrylonitrile membranes by incoherent IR radiation //Petroleum Chemistry. – 2017. – Т. 57. – №. 4. – С. 341-346.

***Совершенствование системы водоочистки от нефтепродуктов
на Ленинградском РНУ ООО «Транснефть-Балтика»***

***Полунина Е.И. * (МГРИ elisbudarina@gmail.com),
Комаров Е.И. (МГРИ, e.i.komarov@rambler.ru),
Долгополова О.Н. (МГРИ ondolgopolova@mail.ru)***

Аннотация

Повышение эффективности системы водоочистки от нефтепродуктов обеспечивается путем устройства фильтрующей установки для непрерывной механической очистки вод от загрязнений с емкостью-накопителем, совершенствования технологической схемы глубокой очистки с применением метода напорной флотации и внедрения отечественных биополимеров для очистки промстоков от различных загрязнений.

Ключевые слова

Нефтепродукты, сточные воды, системы, водоочистка, фильтрация, флотация, предельно допустимая концентрация, станции, биополимеры

Теория

В настоящее время актуальным является вопрос техносферной безопасности большинства предприятий нефтегазовой отрасли, включая охрану водных объектов от загрязнений нефтепродуктами, которые наиболее опасны для окружающей среды. Попадая в воду, нефтепродукты скапливаются в основном на поверхности, образуя плотную плёнку, не пропускающую кислород, что препятствует нормальной жизнедеятельности водных обитателей. Для природных водоемов с поступлением в них недостаточно очищенных сточных вод, содержащих нефтепродукты, можно выделить следующие формы содержания нефти в водной среде: плавающую (свободную), растворенную и эмульгированную. Требуется проводить очистку сточных вод до такой степени, чтобы при смешивании сбрасываемых очищенных сточных вод с водой водоема ПДК вредных веществ не превышали установленных норм.

Перед сливом производственных сточных вод в канализационные системы, системы оборотного водоснабжения, водоемы или рельеф местности должны быть очищены до требуемых предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ. Крупнодисперсные, свободные нефтепродукты удаляются в результате отстаивания. Для удаления мелкодисперсных и связанных нефтепродуктов традиционно используют флотационные способы очистки, методы электрокоагуляции и электрофлотации. В результате этих процессов в воде остаются нефтепродукты до 20 мг/л. Более глубокая очистка от мелкодисперсных, особенно эмульгированных, нефтепродуктов до 10 мг/л достигается в процессах фильтрования. Удаление растворенных примесей до 0,5 – 1 мг/л происходит на стадии сорбционной доочистки [2,3]

Магистральные трубопроводы пересекают множество водных объектов и с целью обеспечения экологической безопасности и повышения надежности в местах их пересечения с водотоками ООО «Транснефть-Балтика» выполняет работы по реконструкции и капитальному ремонту подводных переходов участков магистральных трубопроводов. Ежегодно, в рамках контроля за техническим состоянием трубопроводов, осуществляется диагностическое обследование подводных переходов магистральных трубопроводов через водные преграды. В свою очередь, для повышения эффективности очистки сточных вод своевременно проводятся реконструкции очистных сооружений хозяйственно-бытовых и производственно-дождевых сточных вод. Вводятся в эксплуатацию новые станции

биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод. Например, в Ленинградской области введена станция с применением биореактора с биопленочным подвижным слоем — биочипами производительностью 10 м³/сутки, на территории Ярославской области установлены станции биологической очистки сточных вод производительностью 15 м³/сутки, в работе которых используется принцип сочетания механической и биологической очистки с применением методов глубокой доочистки.

Механическая очистка позволяет извлекать из сточных вод взвешенные твердые и пластичные частицы различных веществ, а также нефтепродукты в грубодисперсном (капельном) состоянии. Увеличенным сроком непрерывной механической очистки агрессивных производственных сточных вод от взвешенных частиц загрязнений отличается фильтрующая установка, содержащая корпус в виде станины 1 (рис. 1) [4].

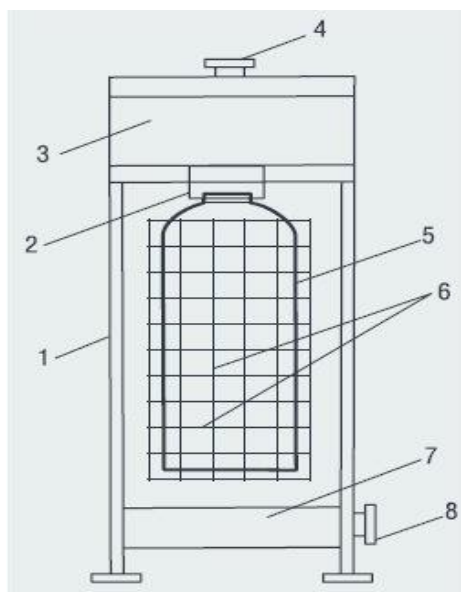


Рисунок 1. Фильтрующая установка для непрерывной механической очистки вод от загрязнений с емкостью-накопителем

В верхней части установки располагается емкость-накопитель 3, снабженная горловиной 4 для подвода сточных вод на очистку. Между емкостью-накопителем 3 и фильтровальной перегородкой в виде нетканых гидрофобных полимерных мешков 5 располагается соединительный трубопровод 2. Фильтрующие мешки 5 установлены в металлических поддерживающих сетках 6, закрепленных в станине 1 в вертикальном положении. Очищенные сточные воды собираются в поддоне 7 и отводятся потребителю через патрубок 8.

К физико-химическим видам очистки сточных вод от нефтепродуктов и других загрязнений относят коагуляцию, флотацию, флокуляцию и адсорбцию. Коагуляция наиболее эффективна для удаления из сточных вод коллоидно-дисперсных частиц размером 1–100 мкм. Применение процесса флотации позволяет интенсифицировать всплывание нефтепродуктов за счет обволакивания их пузырьками воздуха, который подается в сточные воды.

Технологическая схема глубокой очистки нефтесодержащих сточных вод (рисунок 2) включает трубопровод подачи нефтесодержащих сточных вод на очистку 1, блоки механо-химической 2 и биологической очистки 3, установку напорной флотации 4, трубопроводы подачи очищенных сточных вод в оборотную систему водоснабжения 5, подачи биогенной

добавки 6, воздуха 7, флокулянта 8, нефтепродуктов на утилизацию 9, осадка на обезвоживание 10 и избыточного активного ила на обезвоживание и компостирование 11[3].

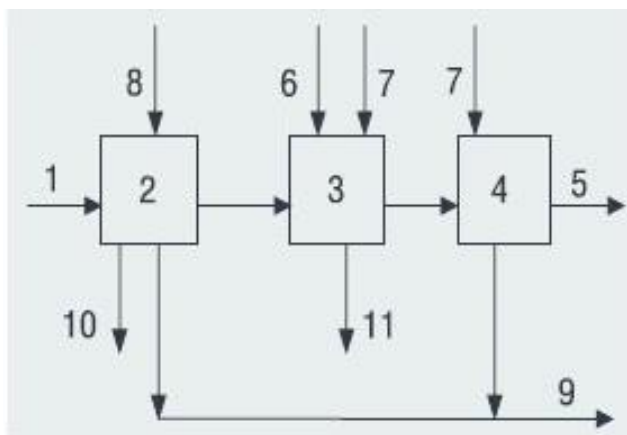


Рисунок 2. Технологическая схема глубокой очистки нефтесодержащих сточных вод с применением метода напорной флотации

Применение метода напорной флотации не только повышает эффективность выделения мелкодисперсных взвешенных веществ, эмульгированных нефтепродуктов, коллоидных органических загрязнений и частично растворенных органических соединений из сточных вод на завершающем этапе механической очистки, но и сокращает время пребывания очищаемых сточных вод с 1,5–2 ч при отстаивании до 30–40 мин.

НПО "БиоМикроГели" разработали аналог синтетического флокулянта на основе биополимеров для очищения промышленных стоков от различных загрязнений, в том числе от нефтепродуктов, масел и жиров. Такая разработка не уступает синтетическим по эффективности, а также имеет большее преимущество за счет биоразлагаемости.

Разработанные новые российские модификации биополимеров стали альтернативой импортным полимерам, их преимущество заключается в том, что они производятся из биоразлагаемого растительного сырья. Кроме того, использование биоразлагаемых реагентов позволит без дорогостоящих модернизаций оборудования достичь нормативов ПДК, а также исключить штрафы за превышение содержания твердых взвешенных частиц в сточной воде. Развитие отечественных технологий способствует снижению риска срыва поставок и зависимости от иностранных партнеров, которые отказались от сотрудничества с Россией из-за введенных западными странами санкций.

Выводы

Представленные в работе технологии ложатся в основу совершенствования технологических систем очистки сточных вод от нефтепродуктов на Ленинградском РНУ ООО «Транснефть-Балтика». Предлагаемые способы водоочистки в системе комплексного применения с уже существующими технологиями способны обеспечить качественную очистку от нефтепродуктов, а также защиту водных экосистем от токсичного воздействия вредных соединений. В дальнейшем планируется исследовать альтернативные способы очистки сточных вод от нефтепродуктов, всесторонне проанализировать имеющиеся технологии для комплексной оценки и теоретической оптимизации систем водоочистки на предприятиях нефтегазовой отрасли.

Библиография

1. Некрасова А.А., Привалов Д.М., Попова О.С. и др. Воздействие нефти и нефтепродуктов на окружающую среду // Политематический сетевой электрон. науч. журн. КГАУ, 2017. № 125. С. 309–318.
2. Патент 2564997 Россия. МПК CO2F. Установка для обезвоживания и утилизации осадков сточных вод / Г.В. Шишло. Опубл. 10.10.2013. Бюл. № 28.
3. Андреев С.Ю., Петрунин А.А. Повышение эффективности флотационной очистки сточных вод за счет использования гидродинамических устройств // Энциклопедия инженера-химика. 2014, № 10, с. 30–34.
4. Перспективное направление развития средств фильтрации жидкостей /Н.Е. Сыроедов, В.Е. Консантинов, Ф.Е. Шарыкин, Г.Е. Шарыкин // Наука и технологии: материалы XXXV Всероссийской конференции, посвященной 70-летию Победы 16-18 июня 2015 г.; под ред. Н.П. Ершова. М.: РАН, 2015. Т. 1. С. 117-121.
5. Идрисов Р.Х. Повышение безопасности объектов нефтедобычи совершенствованием технологии обезвреживания нефтесодержащих отходов [Текст]: / Р.Х. Идрисов // Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет — 2016. — С. 56–61.

Особенности вариаций массовой концентрации PM_{2.5} и их связь с температурой воздуха в Берлине в теплый период 2022 и 2023 годов

Рябова С.А. (Институт динамики геосфер имени академика М.А. Садовского Российской академии наук, Институт физики Земли О.Ю. Шмидта Российской академии наук, riabovasa@mail.ru)

Аннотация

В ходе настоящего исследования выполнялся анализ особенностей временных вариаций массовой концентрации PM_{2,5} и температуры воздуха в приземном слое атмосферы в теплый период в Берлине. Выявлены сутки, характеризующиеся превышением среднесуточной концентрации PM_{2,5} по двум нормам ВОЗ, 2006 и 2021 гг. При анализе суточного хода концентрации PM_{2,5} и корреляционной связи между PM_{2,5} и температурой воздуха рассматривались дни без осадков и сильного тумана. Установлено, что суточный ход характеризуется двумя максимумами, в ночное и утреннее время. В ходе корреляционного анализа выявлена положительная высокая корреляционная зависимость между среднесуточными значениями PM_{2,5} и температуры воздуха. Коэффициент Пирсона составляет 0,74.

Ключевые слова

PM_{2,5}, температура воздуха, суточный ход, корреляционная связь

Источники финансирования

Исследования выполнены в рамках государственного задания ИДГ РАН «Преобразование геофизических полей как основной фактор межгеосферных взаимодействий» (№ 125012700798-8) и в рамках государственного задания ИФЗ РАН.

Введение

В условиях современной урбанизации проблемы мониторинга экологического состояния городской среды неизменно сохраняют высокую актуальность. Уплотнение городской застройки в крупных промышленно развитых городах, рост загрязнения атмосферы и почвы способствовали снижению качества городской среды, что проявилось в ответных реакциях угнетения развития древесных растений и росте заболеваемости населения [1]. Аэрозольные частицы диаметром менее 2,5 мкм (PM_{2,5}) приносят угрозу здоровью людей, повышая количество респираторных и сердечно-сосудистых заболеваний и смертность [5, 8].

Аэрозоли влияют на климатическую систему путем изменения облачных характеристик во многих отношениях: выступают в качестве ядер конденсации и ледяных ядер в облаках, могут оказывать влияние на гидрологический цикл, солнечную радиацию, свойства облаков [4]. В связи с повышенным интересом в последнее время к проблеме изменения климата также представление о величинах и динамике концентрации аэрозольных частиц и их связи с температурой воздуха представляется весьма важным.

Цель настоящего исследования заключается в выявлении особенностей временных вариаций массовой концентрации PM_{2,5} и температуры в приземном слое атмосферы и установлении корреляционной связи между массовой концентрацией PM_{2,5}.

Исходные данные

При проведении исследований для обработки и анализа привлекались данные инструментальных наблюдений за вариациями температуры воздуха и массовой концентрации частиц PM_{2,5} в приземном слое атмосферы, выполненные в теплый период

2022 и 2023 гг. в Берлине. Координаты датчика регистрации концентрации частиц PM_{2,5}: 52,50° с.ш., 13,36° в.д. Координаты метеостанции: 52,46° с.ш., 13,40° в.д.

Особенности временных вариаций массовой концентрации PM_{2,5}

На рис. 1 представлены вариации среднесуточных значений массовой концентрации PM_{2,5} за период с мая по сентябрь 2023 г. Данные рис. 1 свидетельствуют о том, что минимальная среднесуточная концентрация PM_{2,5} (1,9 мкг/м³) наблюдалась 3 августа, максимальная концентрация PM_{2,5} (25,6 мкг/м³) наблюдалась 20 июня. В теплый период 2023 г. наблюдалось незначительное превышение старой нормы ВОЗ среднесуточной концентрации PM_{2,5} (25 мкг/м³) [6] только 20 июня (25,6 мкг/м³). В 2021 г. ВОЗ пересмотрела нормативы концентрации загрязнителей воздуха и снизила допустимую среднесуточную концентрацию PM_{2,5} до 15 мкг/м³ [7]. Превышение новой среднесуточной нормы по ВОЗ в Берлине отмечалось кроме 20 июня еще 21 июня и 27 сентября.

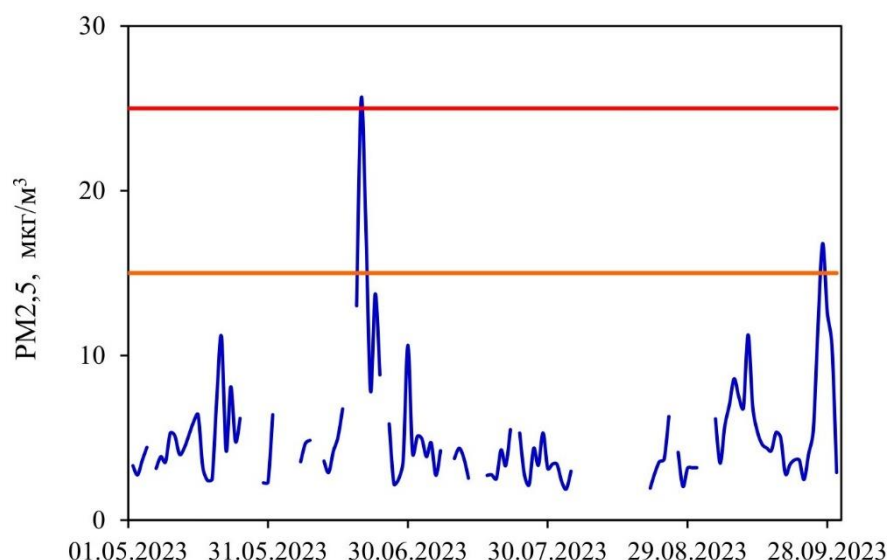


Рисунок 1. Вариации среднесуточных значений массовой концентрации PM_{2,5} за период с мая по сентябрь 2023 г. Красная линия – среднесуточная норма массовой концентрации PM_{2,5} по ВОЗ 2006 г.; оранжевая линия – среднесуточная норма массовой концентрации PM_{2,5} по ВОЗ 2021 г.

На рис. 2 представлены вариации среднесуточных значений массовой концентрации PM_{2,5} за период с мая по сентябрь 2022 г. Из рис. 2 следует, что минимальная среднесуточная концентрация PM_{2,5} (1,2 мкг/м³) наблюдалась 6 августа, максимальная концентрация PM_{2,5} (17,9 мкг/м³) наблюдалась 19 августа. В теплый период 2022 г. не зарегистрировано превышение старой нормы ВОЗ среднесуточной концентрации PM_{2,5}. Превышение новой среднесуточной нормы по ВОЗ в Берлине отмечалось 25 июня, 19 и 20 августа.

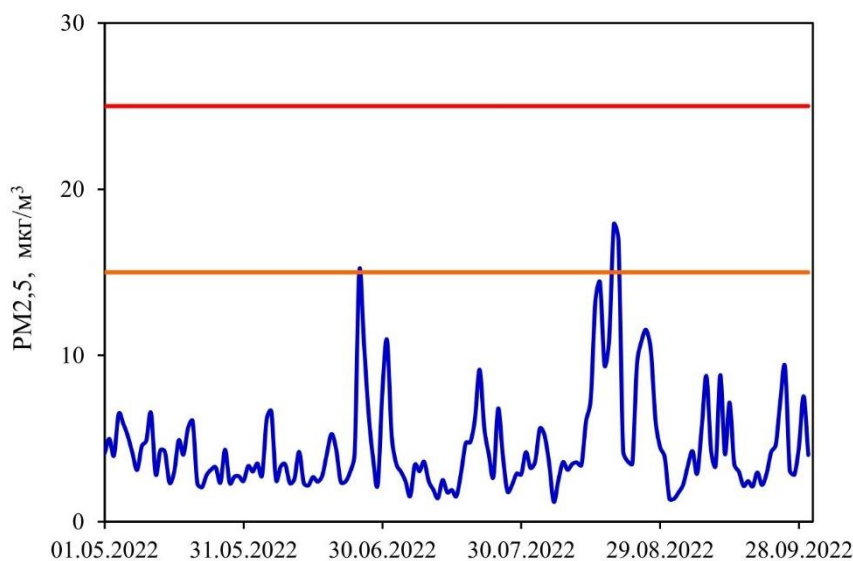


Рисунок 2. Вариации среднесуточных значений массовой концентрации $PM_{2,5}$ за период с мая по сентябрь 2022 г. Красная линия – среднесуточная норма массовой концентрации $PM_{2,5}$ по ВОЗ 2006 г.; оранжевая линия – среднесуточная норма массовой концентрации $PM_{2,5}$ по ВОЗ 2021 г.

Средняя за теплый период 2022 г. среднесуточная концентрация $PM_{2,5}$ составила $4,6 \text{ мкг/м}^3$. Средняя за теплый период 2023 г. среднесуточная концентрация $PM_{2,5}$ составила $5,5 \text{ мкг/м}^3$.

Поскольку осадки и туман – это одни из факторов, оказывающих существенное воздействие на концентрацию $PM_{2,5}$, при анализе суточного хода концентрации $PM_{2,5}$ рассматривались дни без осадков и сильного тумана. Получено, что суточный ход (с исключением суток, где были неполные данные) для периода с мая по сентябрь 2023 г. характеризуется двумя максимумами в ночное и утреннее время, что соответствует динамике аэрозолей для теплого периода в средних широтах, отмеченной, например, в работах [2, 3].

Связь вариаций $PM_{2,5}$ и температуры воздуха

В ходе корреляционного анализа среднесуточных значений концентраций $PM_{2,5}$ и температуры воздуха (с исключением дней, где были неполные данные) выявлена положительная умеренная корреляционная зависимость между рассматриваемыми параметрами. Коэффициент Пирсона составляет 0,36 для периода с мая по сентябрь 2022 г. и 0,45 для периода с мая по сентябрь 2023 г.

Анализ корреляции без учета дней с осадками и сильным туманом для теплого периода 2023 г. позволил выявить положительную высокую корреляцию между среднесуточными значениями концентрации $PM_{2,5}$ и температуры воздуха. Зависимость среднесуточных значений концентрации $PM_{2,5}$ от температуры воздуха (для дней с полными данными и когда над Берлином не наблюдались осадки и туман) близка к линейной. Коэффициент Пирсона составляет 0,74.

Выводы

В ходе анализа особенностей временных вариаций массовой концентрации $PM_{2,5}$ и температуры воздуха в приземном слое атмосферы в теплый период 2022 и 2023 гг. выявлены сутки, характеризующиеся превышением среднесуточной концентрации $PM_{2,5}$ по двум нормам ВОЗ 2006 и 2021 гг. Установлено, что в период с мая по сентябрь 2023 г. суточный ход в дни без осадков и сильного тумана характеризуется двумя максимумами, в ночное и утреннее время. В ходе корреляционного анализа выявлена положительная высокая

корреляционная зависимость между среднесуточными значениями PM_{2,5} и температуры воздуха. Коэффициент Пирсона составляет 0,74.

Библиография

1. Битюкова В.Р. Экология города М.: Изд. МГУ им. М.В. Ломоносова Teach-in, 2022. 173 с.
2. Губанова Д.П., Беликов И.Б., Еланский Н.Ф., Скороход А.И., Чубарова Н.Е. Изменчивость приземной концентрации аэрозолей PM_{2.5} в г. Москве по наблюдениям в Метеорологической обсерватории МГУ // Оптика атмосферы и океана. 2017. Т. 30. № 12. С. 1033–1042.
3. Рябова С.А., Крашенинников А.В., Локтев Д.Н., Соловьев С.П. Вариации концентрации микрочастиц в приземном слое атмосферы в летние периоды 2021 и 2022 годов по данным обсерватории «Михнево» // Геофизические процессы и биосфера. 2023. Т. 22, № 4. С. 5–12. <https://doi.org/10.21455/GPB2023.4-1>.
4. Anderson H. R., Derwent R. G., Stedman J. Air pollution and climate change // Health effects of climate change in the UK. London: UK Department of Health, 2001. P. 193–217.
5. Murray C.J.L., Aravkin A.Y., Zheng P., Abbafati C., Abbas K.M., Abbasi-Kangevari M., Abd-Allah F., Abdelalim A., Abdollahi M., Abdollahpour I., Abegaz K.H., Abolhassani H., Aboyans V., Abreu Z.-J., Zhao J.T., Zhao X.-J.G., Zhao Y., Zhou M., Ziapour A., Zimsen S.R.M., Brauer M., Afshin A., Lim S.S. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 // Lancet. 2020. Vol. 396. № 10258. P. 1223–1249.
6. World Health Organization. Air Quality Guidelines: Global Update 2005: Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide, and Sulfur Dioxide. Geneva: World Health Organization, 2006. 22 p.
7. WHO Global Air Quality Guidelines: Particulate Matter PM_{2.5} and PM₁₀, Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide. Geneva: World Health Organization, 2021. 290 p.
8. Xing Y.F., Xu Y.H., Shi M.H., Lian Y.X. The impact of PM_{2.5} on the human respiratory system // Journal of Thoracic Disease. 2016. Vol. 8. No. 1. P. E69–E74. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2016.01.19>.

Образование нефтешламов и их воздействие на окружающую среду и существующие технологии переработки

***Салимов Б.Ю.* (МГРИ, salimovbakhtovar02@gmail.com),
Сырчина А.С. (МГРИ, syrchinaas@mgri.ru)***

Аннотация

На современном уровне развития нефтяной промышленности невозможно полностью исключить ее отрицательное воздействие на окружающую среду. При этом значительный вклад в загрязнение экосистем вносят нефтесодержащие отходы, которые образуются на всех этапах добычи, транспортировки и переработки нефти, при очистке сточных вод, содержащих нефтепродукты, чистке резервуаров и другого оборудования и т.д., что обусловлено как несовершенством техники и технологии, так и человеческим фактором.

Наиболее актуальной экологической проблемой человечества является переработка отходов нефтехимических производств и нефтеперерабатывающих предприятий. Так как наиболее опасными загрязнителями окружающей природы являются нефтесодержащие отходы – нефтяные шламы.

Нефтешламы представляют собой сложные физико-химические составы, в которых содержатся нефтепродукты, вода, механические примеси (глина, песок, окислы металлов). Процентное соотношение указанных элементов зависит от источника образования, условий и длительности хранения смесей.

Ключевые слова

Нефтяные шламы, нефтепродукт, окружающая среда, переработка нефтешламов

Теория

Нефтешламы, образуются на всех этапах «жизненного цикла» нефти, начиная от разведки месторождений и кончая ее переработкой. При этом образуются нефтезагрязненные твердые и жидкие отходы – нефтешлам и сточные воды. Нефтешлам образуется при бурении скважин, промысловой эксплуатации месторождений, непосредственно, при добыче, транспортировке, переработке нефти, очистке резервуаров, трубопроводов и другого оборудования [1].

Наиболее существенное влияние на образование шлама оказывает процесс рафинирования, поскольку на каждом этапе процесса рафинирования образуется различные типы остатков, в том числе сложные трехфазные смеси.

Нефтешламы разделяются на несколько групп: грунтовые, донные и пластовые. Грунтовые шламы могут возникать в результате разливов нефти на землю при авариях или эксплуатационной деятельности. На образование резервуарного шлама в резервуарах для хранения нефти влияет взаимодействие различных факторов, в том числе нефтяных углеводородов, резервуарных металлов, воды, кислорода и механических примесей.

Состав шлама имеет заметные вариации усредненных значений и состоит из воды, нефтепродуктов и механических примесей. Концентрация механических примесей оценивается исходя из среднегодового загрязнения сточных вод (около 250 мг/л). Принято считать, что на каждые 1000 м³ общезаводских сточных вод образуется 3,0–3,5 м³ нефтешламов [2].

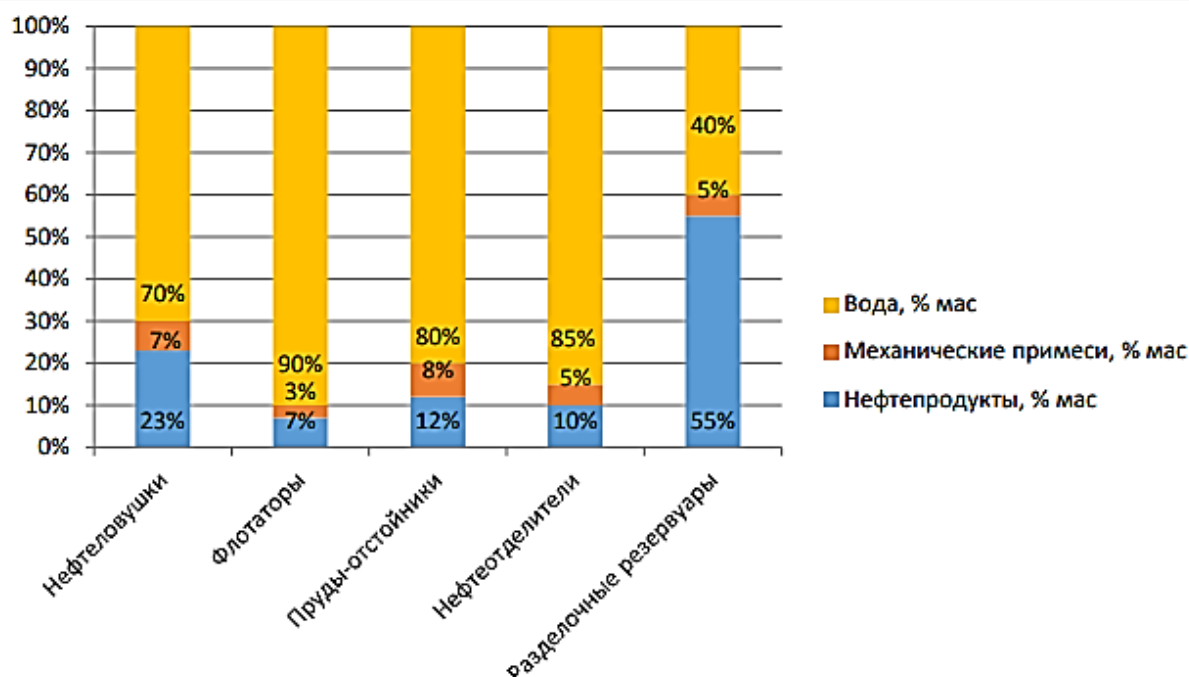


Рисунок 1. Состав нефтешламов в зависимости от источников образования

Состав нефтешлама полидисперсен и зависит от определенных технологических процессов. В шламах содержатся нефтепродукты, механические примеси и воды.

Типовой состав нефтяного шлама представлен в таблице 1.

Таблица 1. Типовой состав нефтяного шлама

Место образования нефтяного шлама	Фазовый состав, % масс		
	нефтяная фаза	водная фаза	механические примеси
Донный нефтяной шлам	35 – 75	20 – 60	До 5
Нефтяной шлам в установках	10 – 40	20 – 80	10 – 40
Нефтяной шлам в сепараторах	15 – 45	25 – 80	5 – 30

Воздействие нефтешламов на природные комплексы обусловлено токсичностью добываемых углеводородов и их спутников, большим разнообразием химических веществ, используемых в технологических процессах, недостаточной экологической безопасностью процессов. Для загрязняющих веществ, присутствующих в нефтешламах, характерна высокая растворимость в воде и летучесть, кроме того, они сами являются растворителями и могут концентрировать другие вещества. Все это представляет опасность контакта нефтешламов с природной средой, особенно - с экологическими системами. [2].

Постоянными источниками загрязнения атмосферы, почвы, подземных и поверхностных вод являются шламовые амбары, которые представляют собой природоохранные сооружения, предназначенные для централизованного сбора,

обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов бурения нефтяных скважин.

Нефте содержащие отходы представляют чрезвычайную опасность для природных систем. Отсюда следует, что необходимо строго контролировать содержание нефтепродуктов в окружающей среде, а при размещении таких отходов особое внимание уделять содержанию таких токсичных компонентов, как гетероциклические, полиароматические соединения, ионы тяжелых металлов.

В настоящее время отсутствует какой-либо один универсальный, экологически чистый, экономически оправданный и ресурсосберегающий способ переработки нефте содержащих отходов. В каждом конкретном случае это зависит от состава источника образования, времени складирования, количества механических примесей и пр.[3].

Переработка и утилизация нефтешламов — это важная экологическая и экономическая задача, так как данный вид отходов представляет огромную опасность для окружающей среды.

Утилизация нефтешламов – необходимая мера для защиты окружающей среды и повышения экономической целесообразности производства нефтепродуктов. Переработка и утилизация нефтешламов направлена на использование рентабельных и экологически безопасных технологий, применение типового оборудования и безотходной технологии очистки и утилизации [4].

Существует множество подходов для классификации методов переработки нефтяных отходов. Обычно методы переработки шламов можно разделить на неdestructивные и destructивные [4].

Неdestructивные методы:

- контролируемая открытая выгрузка;
- захоронение;
- применение маслянистых шламов в сельском хозяйстве;
- внесение шлама в качестве органического удобрения.

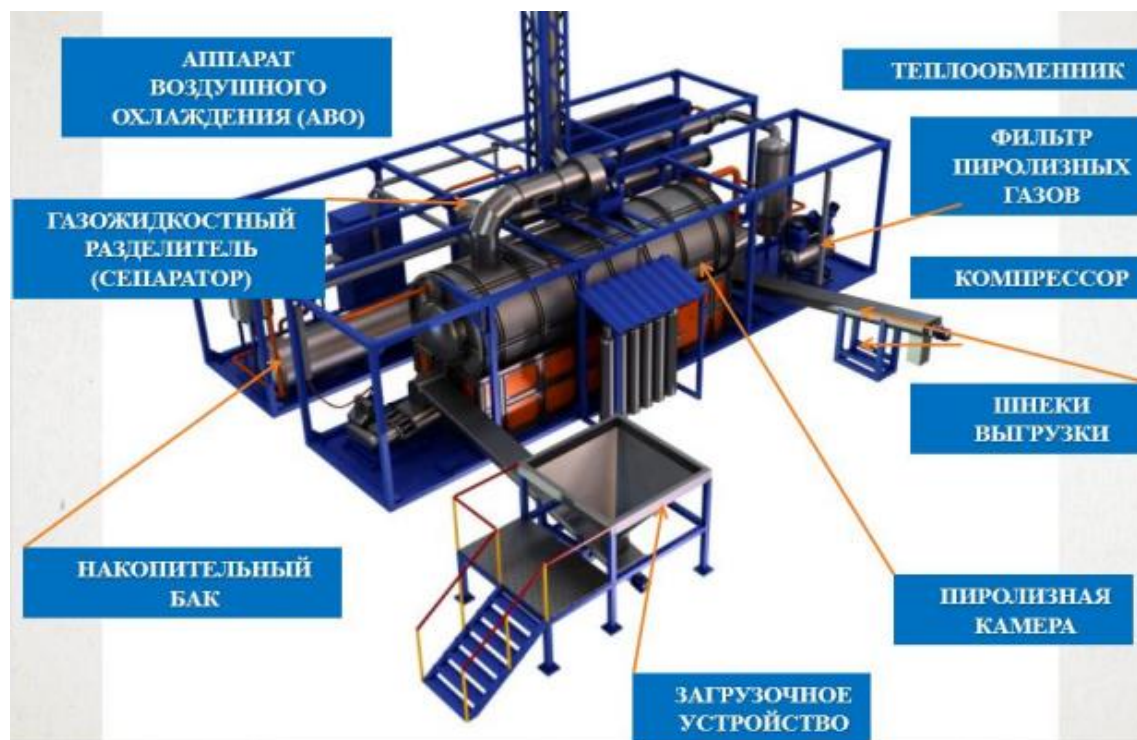
Это применение физических (отстаивание, центрифугирование) и физико-химических (экстракция) методов, при которых производится извлечение из нефтешламов нефтепродуктов и впоследствии могут быть возвращены в производственный цикл.

Destructивные методы включают в себя:

- сжигание на месте или вместе с бытовыми отходами с предварительным обезвоживанием;
- включение в цемент при его производстве влажным путем;
- аэробная обработка.

Это термические, химические и биологические методы, при реализации которых, содержащиеся в нефтешлавах нефтепродукты, сжигаются, капсулируются или усваиваются углеродоводородоокисляющими микроорганизмами, т.е. практически теряются безвозвратно.

Одним из наиболее эффективных и широко используемых способов переработки нефте содержащих отходов является термический. Для сжигания нефтешламов широко применяются печи различных типов и конструкций: камерные, барботажные, многоподовые, вращающиеся и печи с кипящим слоем. Термический метод позволяет совместно с нефтешлавами сжигать загрязненные фильтры, промасленную ветошь, твердые бытовые отходы.



Риснок 1. Установка термической деструкции - 2

Исследование компонентного состава нефтешлама имеет ключевое значение при обосновании выбора метода утилизации. Подход к качественному анализу компонентного состава нефтешлама повышает эффективность применения методов утилизации и, соответственно, улучшает экологическую ситуацию в районе размещения шламового амбара.

Выводы

Проведен анализ проблемы образования нефтешламов, их размещения и воздействие на окружающую среду. Анализ источников показал, что нефтесодержащие отходы являются одним из основных факторов загрязнения окружающей среды, что обосновывает необходимость их переработки. На 1 тонну перерабатываемой нефти приходится 7 кг нефтешламов, что приводит к большому скоплению последних в земляных амбарах нефтеперерабатывающих предприятий.

Библиография

1. Р. А. Семеновский. Нефтяная промышленность России – сценарии сбалансированного развития / Р. А. Семеновский. – М.: ИЦ Энергия, 2014. – 160 с.
2. Т.Ю. Коршунова, О.Н.Логинов. «Нефтешламы: состояние проблемы в РФ и методы снижения их воздействия»/ ЭКОБИОТЕХ, 2019
3. Э.А. Петровский, Е.А. Соловьев. «Современные технологии переработки нефтешламов»/ Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова
4. Р.А. Семеновский, Нефтяная промышленность России – сценарии сбалансированного развития / Р. А. Семеновский. – М.: ИЦ Энергия, 2014. – 160 с.

**Оптимизация процесса водоподготовки на Амурском
газохимическом комплексе**

**Сизов Д.Ю.* (МГРИ, danya.azaza.sizov@mail.ru),
Комаров Е.И. (МГРИ, e.i.komarov@rambler.ru)**

Аннотация

Проектируемый процесс водоподготовки на Амурском газохимическом комплексе включает в себя несколько этапов, каждый из которых требует применения современных специализированных систем для очистки воды. В рамках проекта предполагается использование таких систем как ActiveFlow от Veolia, безнапорных песчаных DynaSand и угольных DynaCarbon фильтров от Nordic Water, а также ультрафильтрации.

Оптимизация процесса водоподготовки включать в себя внедрение автоматизированных систем контроля и управления процессами фильтрации, что позволяет снизить эксплуатационные затраты и минимизировать воздействие на окружающую среду.

Ключевые слова

Проектирование, водоподготовка, газохимический комплекс, песчаные и угольные фильтры, ультрафильтрация, оптимизация

Теория

Амурский газохимический комплекс (АГК) представляет собой масштабное строящееся предприятие, требующее проектирования и внедрения современных технологий водоподготовки, которые способны обеспечить эффективную очистку воды для производственных нужд. Вода для нужд комплекса будет очищаться от органических и неорганических загрязнителей, в том числе взвешенных частиц, нефтепродуктов, а также микроорганизмов, что требует использования передовых фильтрационных технологий.

В рамках этого проекта предполагается использование передовых систем, таких как ActiveFlow от Veolia, безнапорные песчаные DynaSand и угольные DynaCarbon фильтры от Nordic Water, а также ультрафильтрация:

ActiveFlow от Veolia представляет собой инновационную систему фильтрации, которая интегрирует несколько этапов очистки воды с использованием её потока под давлением и активных механизмов очистки. ActiveFlow позволяет существенно повысить эффективность процесса очистки при меньшем потреблении химических реагентов и воды [3]. Она эффективно удаляет взвешенные вещества и органические загрязнители, а также позволяет минимизировать износ фильтрующих материалов, что увеличивает срок службы оборудования. Схема проектируемой установки осветления воды представлена на рисунке 1.

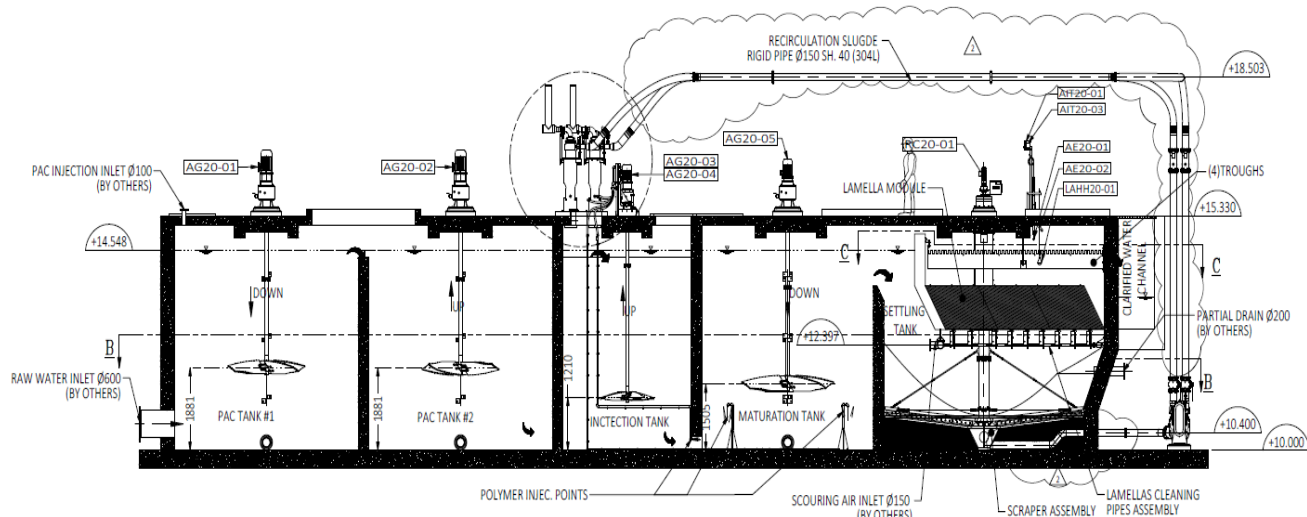


Рисунок 1. Схема проектируемого осветлителя

Безнапорные песчаные фильтры DynaSand от Nordic Water являются одним из наиболее эффективных решений для очистки воды от твердых частиц и взвешенных веществ. В отличие от традиционных фильтров, DynaSand работает на основе непрерывного фильтровального процесса, при котором песчаная фильтрующая загрузка поддерживается в движении, что предотвращает образование пробок и ускоряет фильтрацию. Данная система идеально подходит для работы с большими объемами воды и позволяет значительно снизить потребление энергии по сравнению с напорными системами фильтрации. Конструкция фильтра изображена на рисунке 2 [4].

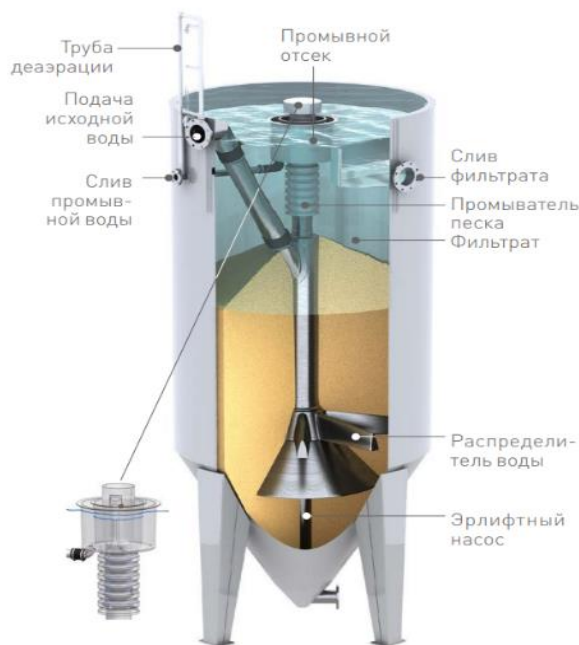


Рисунок 2. Внешний вид безнапорного фильтра

Безнапорные угольные фильтры DynaCarbon от Nordic Water работают безнапорно, но вместо песчаной загрузки используют активированный уголь для адсорбции органических загрязнителей, нефтепродуктов и других химических веществ, находящихся в воде. Активированный уголь имеет высокую пористость, что позволяет эффективно поглощать различные загрязняющие вещества, улучшая качество очищенной воды. Эти фильтры также обеспечивают стабильную производительность и экономичны в эксплуатации. Монтаж фильтров в бетонных бассейнах представлен на рисунке 3 [5].

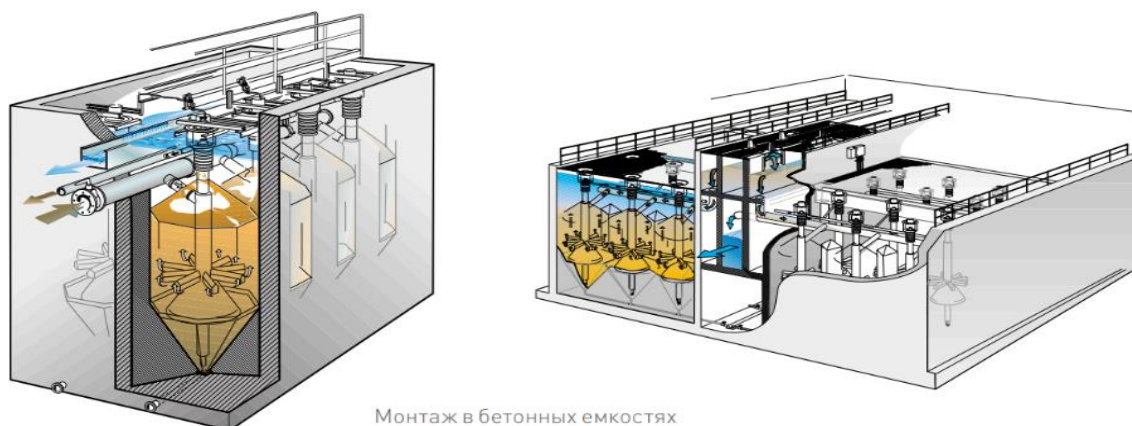


Рисунок 3. Внешний вид комплекса безнапорных фильтров в бетонном исполнении

Ультрафильтрация представляет собой мембранную систему, используемую для удаления из воды микроорганизмов, коллоидных частиц и органических молекул, размер которых больше, чем у молекул воды, но меньше, чем у загрязнителей, удаляемых традиционными методами. Ультрафильтрация обеспечивает глубокую очистку воды, позволяя получать продукт с высоким качеством и без содержания взвешенных частиц. Мембраны ультрафильтрации обладают высокой устойчивостью к загрязнению и могут эффективно работать в условиях переменных качеств исходной воды [6].

Процесс проектирования системы водоподготовки на Амурском газохимическом комплексе включает несколько ключевых этапов:

1. **Оценка водных ресурсов** — анализ химического состава и качества водных источников, а также определение объемов потребления.
2. **Разработка схемы водоснабжения** — проектирование водозабора и распределительных трубопроводов.
3. **Выбор технологий очистки** — исходя из состава и характеристик воды, выбираются наиболее эффективные и экономичные методы очистки.
4. **Проектирование очистных сооружений** — расчет мощности установок для каждого этапа очистки, подбор оборудования, материалов и технологии.
5. **Интеграция с существующими системами** — важным моментом является интеграция проектируемой системы водоподготовки с общей инфраструктурой комплекса.

Каждая из используемых систем требует тщательного проектирования, включая выбор оптимального оборудования, расчет необходимой мощности фильтрующих установок и выбор подходящих материалов, что позволит достичь высокого качества очищенной воды.

Оптимизация процессов водоподготовки будет включать в себя внедрение автоматизированных систем контроля и управления процессами фильтрации. Использование интеллектуальных датчиков и системы мониторинга позволит оперативно контролировать параметры воды, такие как pH, содержание загрязняющих веществ и уровень фильтрации, а также автоматически регулировать параметры работы оборудования, такие как скорость фильтрации и расход реагентов. Кроме того, предполагается внедрение системы обратной связи, которая позволит быстро адаптировать режим работы фильтрационных установок в ответ на изменения качества воды на входе. Это позволит снизить расход реагентов и энергии, что сделает процесс более экономичным и экологически безопасным.

Выводы

Проектирование и оптимизация системы водоподготовки на Амурском газохимическом комплексе направлено на обеспечение стабильной работы предприятия и соблюдения экологических норм. Использование современных систем, таких как ActiveFlow, фильтрация на безнапорных фильтрах DynaSand и DynaCarbon, а также ультрафильтрация, позволит обеспечить высокое качество воды для нужд производства, снизить эксплуатационные затраты и минимизировать воздействие на окружающую среду. Интеграция с автоматизированными системами управления и мониторинга обеспечит эффективность и надежность системы водоподготовки.

Библиография

1. Иванов И.И., Петров П.П. Основы водоподготовки на крупных промышленных предприятиях. – М.: Энергоатомиздат, 2015.
2. Михайлов Н.В. Экологические аспекты водоснабжения и водоотведения. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2016.
3. Veolia, ActiveFlow: A Smart Approach to Water Filtration. – 2020.
4. Nordic Water, DynaSand: Continuous Sand Filtration Technology. – 2017.
5. Nordic Water, DynaCarbon: Advanced Activated Carbon Filtration. – 2016.
6. Никитин А.Ю., Смирнов Д.А. Мембранные технологии в водоочистке. – СПб.: Наука, 2018.

Экологические аспекты внедрения водогазового воздействия на пласт

Скударь И.Д.* (РУДН им Патриса Лумумбы, iv1scud@gmail.com)

Аннотация

Водогазовое воздействие (ВГВ) является перспективным методом увеличения нефтеотдачи, который сочетает закачку воды и газа в пласт. Однако его внедрение требует тщательной оценки экологических последствий, включая воздействие на почву, водные ресурсы и атмосферу. В тезисе рассматриваются ключевые экологические аспекты ВГВ, такие как использование углекислого газа (CO_2) для снижения выбросов парниковых газов, минимизация нарушения почвенных покровов и рециклинг попутного нефтяного газа. Особое внимание уделено рискам, связанным с утечками CO_2 и загрязнением подземных вод, а также технологиям мониторинга для их предотвращения.

Ключевые слова

Водогазовое воздействие (ВГВ), экологические аспекты, снижение углеродного следа, минимизация нарушения экосистем, рециклинг попутного газа и пластовой воды

Теория

Реализация водогазового воздействия посредством закачки водогазовой смеси является перспективным методом увеличения нефтеотдачи. Использование попутно добываемого нефтяного газа как газовой компоненты в водогазовой смеси позволяет кратно уменьшить количество нерационально потребляемого газа и снизить углеродный след. [1] Технология водогазового воздействия (ВГВ) решает ключевую экологическую проблему нефтедобычи — утилизацию попутного газа и пластовой воды. Вместо традиционного сжигания газа на факелах, что приводит к выбросам CO_2 и токсинов, ВГВ позволяет очищать и повторно использовать газ для энергоснабжения месторождений или генерации электроэнергии, сокращая углеродный след. Водогазовое воздействие (ВГВ) представляет собой инновационный метод повышения нефтеотдачи, обладающий значительным экологическим потенциалом. С экологической точки зрения, ключевые преимущества ВГВ включают:

- Снижение углеродного следа за счёт использования углекислого газа (CO_2) для закачки в пласт, что способствует утилизации промышленных выбросов и сокращению парниковых газов в атмосфере. Водогазовое воздействие (ВГВ) превращает углекислый газ из экологической угрозы в инструмент повышения нефтеотдачи, одновременно сокращая выбросы парниковых газов. Технология предполагает закачку промышленного CO_2 в нефтяные пласты, где газ вытесняет нефть, замещая традиционное заводнение. Это не только увеличивает добычу, но и обеспечивает долгосрочное хранение CO_2 , предотвращая его попадание в атмосферу.

- Минимизацию нарушения экосистем благодаря уменьшению потребности в бурении новых скважин (в сравнении с традиционными методами) и сохранению целостности почвенных покровов и водных ресурсов. Технология водогазового воздействия (ВГВ) существенно снижает антропогенную нагрузку на экосистемы, сокращая потребность в бурении новых скважин на 20–40% по сравнению с традиционными методами. Это достигается за счёт высокой эффективности вытеснения нефти газовой-водяной смесью, что позволяет использовать существующую инфраструктуру. Уменьшение числа скважин сохраняет целостность почвенных покровов, предотвращает эрозию и фрагментацию местообитаний, критически важную для биоразнообразия в уязвимых регионах, таких как Западная Сибирь или тропические леса. Кроме того, ВГВ минимизирует риски загрязнения водных ресурсов: отсутствие массового бурения снижает вероятность утечек буровых

растворов и нарушения гидрологического режима подземных вод. Технология также снижает затраты на рекультивацию и компенсационные мероприятия, усиливая экономическую привлекательность проектов.

- Рециклинг попутного газа и пластовой воды, что сокращает объёмы отходов и снижает нагрузку на окружающую среду. Пластовая вода, насыщенная солями и металлами, не сбрасывается в окружающую среду, а проходит многоступенчатую фильтрацию и закачивается обратно в пласт, предотвращая загрязнение водоносных горизонтов и засоление почв. Этот подход не только минимизирует экологические риски, но и повышает экономическую эффективность добычи за счёт сокращения затрат на воду и энергию, что соответствует целям устойчивого развития. Таким образом, рециклинг в рамках ВГВ становится критически важным элементом «зелёного» перехода нефтегазовой отрасли. [2,3]

Применение ВГВ не только повышает эффективность разработки месторождений, но и соответствует глобальным экологическим трендам, таким как декарбонизация и устойчивое развитие. Технология демонстрирует, что инновации в нефтяной отрасли могут сочетать экономическую целесообразность с экологической ответственностью.

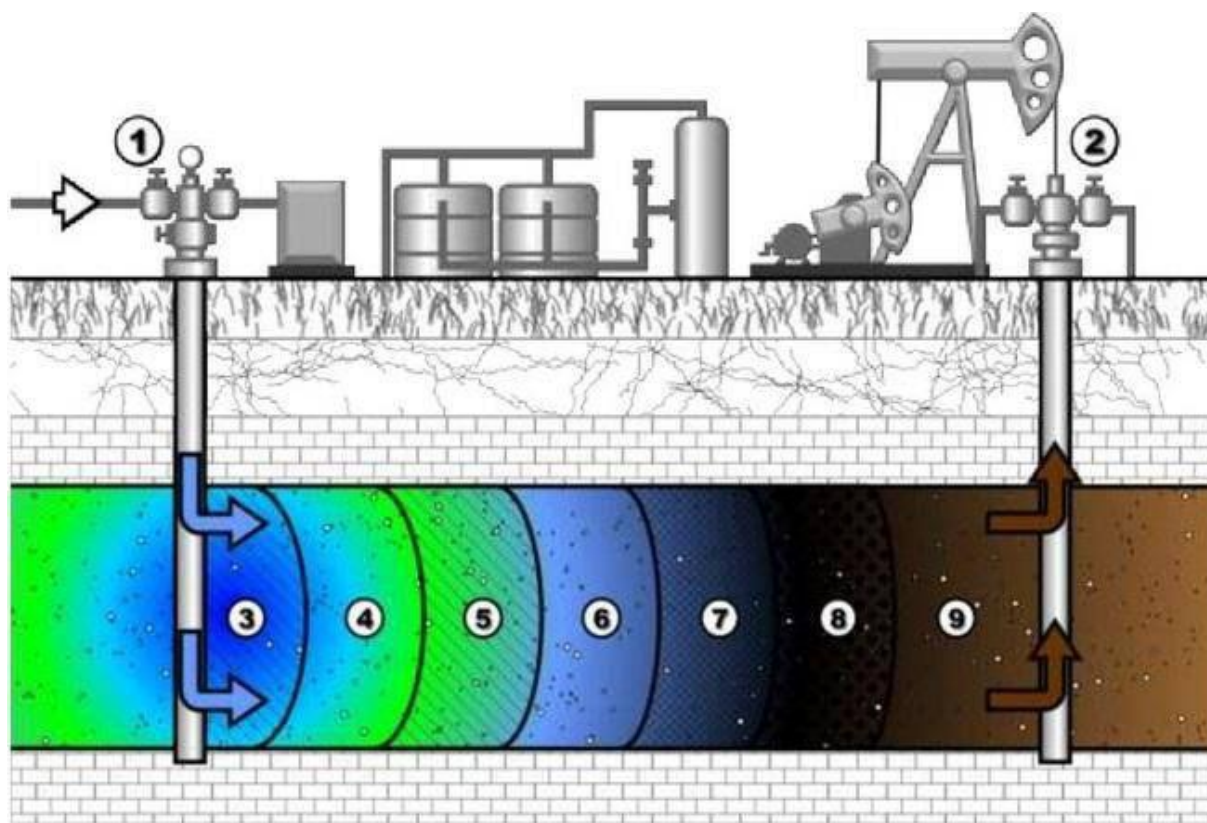


Рисунок 1. Схема вытеснения нефти водогазовым воздействием: 1 - нагнетательная система; 2 - добывающая скважина; 3- водогазовая зона; 4 – газ (CO₂); 5 – водогазовая зона; 6- газ; 7 – зона смешения; 8 – вал нефти; 9 – зона начального состояния пласта. [4]

Выводы

Водогазовое воздействие (ВГВ) демонстрирует значительный экологический потенциал за счёт утилизации CO₂, снижения выбросов парниковых газов и минимизации нарушения экосистем через рециклинг ресурсов и сокращение новых скважин. Однако его внедрение требует управления рисками утечек газа и загрязнения подземных вод, что решается современными технологиями мониторинга. Для масштабирования метода

необходимы междисциплинарные исследования, адаптация нормативной базы и инвестиции в «зелёные» технологии, обеспечивающие баланс между инновациями и устойчивым развитием отрасли.

Библиография

1. Дроздов А. Н., Горелкина Е. И. Разработка насосно-эжекторной системы для реализации водогазового воздействия на пласт с использованием попутного нефтяного газа из затрубных пространств добывающих скважин // [Записки Горного института]. — 2022. — Т. 254. — С. 191–201.
2. Дроздов А.Н., Горелкина Е.И., Калинин В.Н., Пасюта А.А. Комплексный подход к повышению эффективности насосной добычи нефти при высоких линейных и затрубных давлениях // Бурение и нефть. – 2023. – № 2. – С. 32-36.
3. Дроздов А.Н., Горелкина Е.И. Разработка технологии "умной" закачки водогазовых смесей с применением насосно-эжекторных систем // Бурение и нефть. – 2022. – № 2. – С. 34-39.
4. Назарова Л.Н., Разработка нефтегазовых месторождений с трудноизвлекаемыми запасами: учебное пособие / Л.Н. Назарова. – М. : Изд-во РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2011. – 156 с.

Методы снижения кавитационных потерь в насосах как способ повышения энергоэффективности и экологической безопасности

Шалонин Е.А. * (РУДН, evgeniyshalonin99@mail.ru)

Аннотация

В докладе рассматриваются методы снижения кавитационных потерь в одновинтовых насосах, используемых для перекачки водогазовых смесей в технологиях водогазового воздействия на нефтяные пласты. Предложены методики моделирования и оптимизации работы насосов, направленные на повышение их энергоэффективности и снижение экологического воздействия. Описаны подходы к предотвращению кавитации, включая анализ структуры водогазовых смесей и настройку параметров насосов. Результаты работы могут быть использованы для разработки экологически безопасных технологий в нефтедобывающей отрасли.

Ключевые слова

кавитация, одновинтовой насос, энергоэффективность, экологическая безопасность, водогазовые смеси, моделирование

Теория

С проблемой кавитации инженеры-кораблестроители и конструкторы турбин столкнулись в конце 19 века. Разрушение лопастей гребных винтов происходило каждый раз, когда давление в районе будущего повреждения длительно снижалось до значения упругости водяного пара. Для изучения кавитации и её последствий с 1932 года Гейнесом проводились опыты в диффузорах. Опыт Гейнеса показали, что через несколько минут работы генератора торец никелевого стержня получал повреждения, а их характер в точности напоминал обычные кавитационные повреждения.

Помимо Гейнеса, опыты в диффузорах с большой высотой напора - до 350 м - производились Шретером. Он сконструировал диффузор (рис. 1), в котором при помощи простого приспособления - выдвигания винта - менялось сечение потока в диффузоре, что давало возможность создания многочисленных кавитационных пузырьков, которые проносились потоком над укрепленным в трубе образцом из испытуемого материала. За образцом находился дроссель, регулирующий выпуск воды из прибора - с его помощью него можно было менять распределение давления в трубе и перемещать внутри трубы область конденсации пузырей.

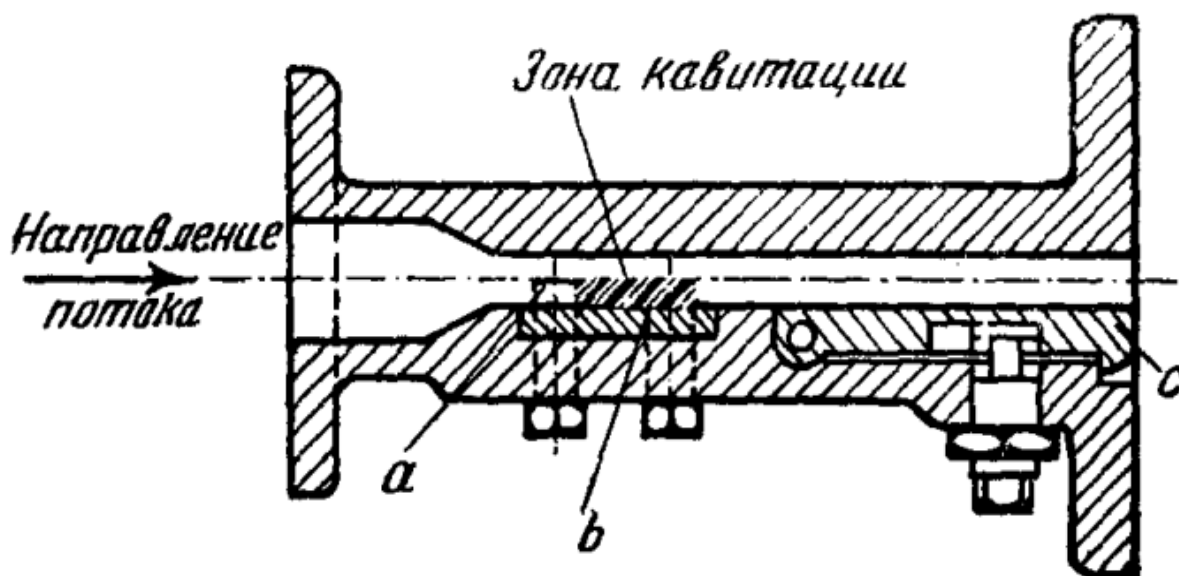


Рисунок 1. Схема диффузора для изучения кавитации: а-выступающий винт, вызывающий кавитацию; b-испытуемый образец (60х30х8 мм); с-дроссель

Кавитация в насосах является одной из основных причин снижения их эффективности и увеличения энергопотребления, что негативно сказывается на экологических показателях процессов нефтедобычи. В докладе предложены методы снижения кавитационных потерь, основанные на анализе структуры водогазовых смесей, математическом моделировании и оптимизации параметров работы насосов.

1. Анализ структуры водогазовых смесей:

Кавитация возникает при локальном снижении давления ниже давления насыщенных паров, что приводит к образованию и схлопыванию пузырьков газа. Водогазовые смеси, используемые в технологиях водогазового воздействия, имеют сложную структуру, которая зависит от размера, распределения и поведения пузырьков газа.

- Исследование влияния размера и распределения пузырьков газа на возникновение кавитации. Мелкие пузырьки, равномерно распределённые в жидкости, менее склонны к кавитации, чем крупные, склонные к коалесценции.

- Методы подавления коалесценции пузырьков, такие как добавление поверхностно-активных веществ (ПАВ) или использование ультразвуковой обработки, позволяют снизить кавитационные явления.

- Пример: экспериментальные данные показывают, что добавление ПАВ снижает вероятность кавитации на 20–30% за счёт стабилизации пузырьков.

- Влияние температуры и давления на поведение пузырьков: при повышении температуры давление насыщенных паров увеличивается, что повышает риск кавитации.

2. Моделирование кавитационных процессов:

Для прогнозирования кавитации и оценки её влияния на работу насоса используются математические модели, учитывающие физические свойства смеси и параметры работы оборудования.

- Основные уравнения, описывающие кавитацию, включают уравнение Бернулли для потока жидкости и уравнение состояния для газа. Например, критическое давление кавитации (P_{crit}) может быть рассчитано по формуле:

$$P_{crit} = P_{vap} + \frac{1}{2} \rho v^2,$$

где P_{var} — давление насыщенных паров, ρ — плотность смеси, v^2 — скорость потока.

- Численное моделирование (например, метод конечных элементов) позволяет визуализировать зоны кавитации в насосе и оценить их влияние на производительность.

- Пример: результаты моделирования показывают, что при увеличении скорости потока на 15% вероятность кавитации возрастает в 2 раза.

- Использование программного обеспечения (например, ANSYS Fluent или COMSOL Multiphysics) для моделирования кавитации в трёхмерной геометрии насоса.

3. Оптимизация параметров насоса:

Для минимизации кавитационных потерь необходимо оптимизировать конструктивные и эксплуатационные параметры насоса.

- Настройка частоты вращения винта: снижение частоты вращения уменьшает скорость потока и, как следствие, вероятность кавитации. Однако это может привести к снижению производительности, поэтому требуется поиск компромисса.

- Оптимизация геометрических параметров: изменение формы винта и зазоров между ротором и статором позволяет снизить локальные перепады давления.

- Пример графика: зависимость энергопотребления насоса от частоты вращения при различных режимах работы показывает, что оптимальная частота вращения лежит в диапазоне 200–300 об/мин.

- Влияние материала насоса на кавитацию: использование износостойких материалов (например, карбида вольфрама) снижает повреждения от схлопывания пузырьков.

4. Экологические аспекты:

Снижение кавитационных потерь напрямую связано с повышением энергоэффективности насосов, что способствует уменьшению углеродного следа в нефтедобыче.

- Энергопотребление насосов составляет значительную часть общих энергозатрат в процессах водогазового воздействия. Снижение кавитации на 10% позволяет уменьшить энергопотребление на 5–7%.

- Уменьшение выбросов парниковых газов за счёт повышения энергоэффективности: расчёты показывают, что оптимизация работы насосов может снизить выбросы CO_2 на 10–15% для типичного месторождения.

- Пример: внедрение предложенных методов на одном из месторождений Западной Сибири позволило снизить энергопотребление на 8% и сократить выбросы CO_2 на 12%.

- Долгосрочные экологические преимущества: снижение кавитации не только уменьшает энергопотребление, но и увеличивает срок службы насосов, что снижает количество отходов и затраты на замену оборудования.

Выводы

Предложенные методы снижения кавитационных потерь в одновинтовых насосах позволяют повысить их энергоэффективность и снизить экологическое воздействие процессов нефтедобычи. Использование математического моделирования и оптимизации параметров насосов открывает новые возможности для разработки экологически безопасных технологий в нефтегазовой отрасли.

Библиография

1. Иванов И.И., Петров П.П. «Кавитация в насосах: теория и практика». М.: Наука, 2020.
2. Меттер И. «Физическая природа кавитации и механизм кавитационных повреждений». Успехи физических наук, 1948

3. Сидоров С.С. «Экологические аспекты применения насосов в нефтедобыче». Экология и промышленность, 2021.
4. Smith J., Brown A. «Mathematical modeling of cavitation in pumps». Journal of Fluid Mechanics, 2019.

Совершенствование технологии очистки сточных вод на перекачивающей компрессорной станции-3 Аганская

**Янмурзаева А.А.* (МГРИ, kartakaeva95@mail.ru),
Комаров Е.И. (МГРИ, e.i.komarov@rambler.ru)**

Аннотация

Современные экологические нормативы требуют повышения эффективности очистки сточных вод на компрессорных станциях. В данной работе проведён анализ действующей системы очистки сточных вод на КС-3 «Аганская», выявлены её недостатки и предложена модернизированная технология очистки. Представлены конкретные сравнительные показатели работы систем до и после модернизации, подтверждённые лабораторными исследованиями. Разработанная технология позволит значительно снизить уровень загрязнений, сократить эксплуатационные затраты и внедрить замкнутый цикл водооборота.

Ключевые слова

Очистка сточных вод, компрессорная станция, нефтепродукты, модернизация, экологическая безопасность.

Теория

Сточные воды компрессорных станций содержат значительное количество загрязняющих веществ, включая нефтепродукты, механические примеси и химические реагенты. Их очистка необходима для предотвращения негативного воздействия на окружающую среду. Однако, существующие системы очистки часто не обеспечивают нормативный уровень очистки из-за морального устаревания оборудования и неэффективности применяемых методов.

Цель работы — разработка и внедрение усовершенствованной технологии очистки сточных вод на КС-3 «Аганская».

Для достижения цели решены следующие задачи:

- Анализ существующих технологий очистки;
- Оценка состава сточных вод и эффективности текущей системы;
- Разработка усовершенствованной схемы очистки;
- Оценка экономической и экологической эффективности модернизации.

Анализ существующей системы очистки

На КС-3 «Аганская» используется комплексная система очистки, включающая механическую, физико-химическую и биологическую очистку. Основные недостатки:

- Недостаточная эффективность удаления нефтепродуктов (выходная концентрация выше ПДК);
- Устаревшее оборудование с высокими затратами на эксплуатацию;
- Отсутствие замкнутого цикла водооборота.

Таблица 1. Сравнение входных и выходных параметров существующей системы очистки

Показатель	До очистки (мг/л)	После очистки (мг/л)	ПДК (мг/л)
Нефтепродукты	0,8–1,2	0,4–0,6	0,3
Взвешенные вещества	200–500	50–100	20
ХПК	300–500	40–50	30
БПК ₅	100–150	20–30	3

Результаты анализа показывают, что существующая система очистки не соответствует нормативам по содержанию нефтепродуктов, взвешенных веществ и органических загрязнений.

На основе анализа существующей системы очистки и современных методов водоочистки разработана модернизированная технология, включающая:

1. Механическую очистку – использование автоматических решеток и современных песколовков для удаления крупных загрязнений и песка.
2. Физико-химическую очистку – применение коагуляции, флотации и адсорбции на активированном угле.
3. Биологическую очистку – использование мембранных биореакторов (МБР) для глубокой очистки органических соединений.
4. Финальную очистку – фильтрация через сорбционные материалы и ультрафиолетовое обеззараживание.
5. Замкнутый цикл водооборота – повторное использование очищенной воды в технологическом процессе.

Технологическая схема модернизированной системы очистки

Этапы очистки и оборудование:

1. Грубая механическая очистка
 - Автоматические решетки (размер ячейки – 5 мм)
 - Аэрируемые песколовки (объем – 5 м³, расход воздуха – 2 м³/ч)
2. Физико-химическая обработка
 - Флотатор с коагуляционной обработкой (производительность – 150 м³/ч)
 - Емкости для реагентов (объем – 2 м³)
3. Биологическая очистка
 - Мембранные биореакторы (МБР) с аэрацией (объем – 50 м³)
4. Финальная доочистка
 - Фильтры с сорбционной загрузкой (производительность – 100 м³/ч)
 - УФ-обеззараживание (мощность – 15 кВт)
5. Рециркуляция очищенной воды
 - Использование очищенной воды в технологическом процессе, снижение забора свежей воды на 30–35%.

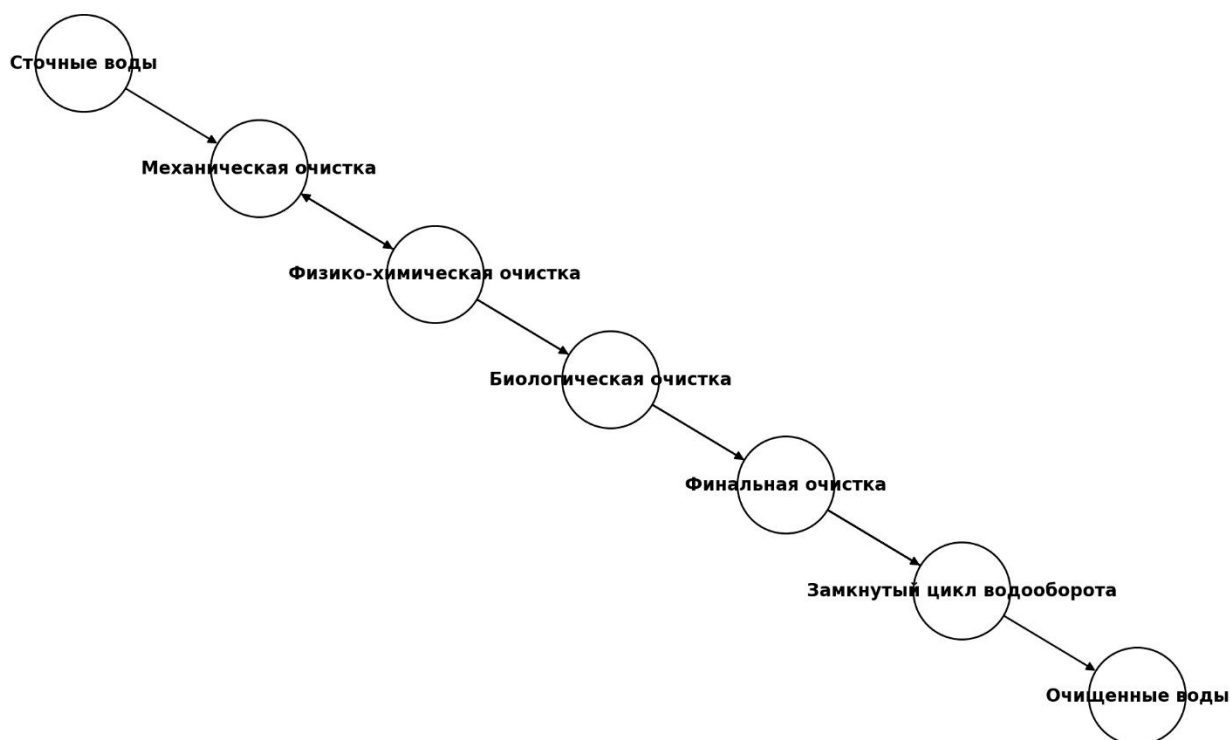


Рисунок 1. Схема очистки вод от начала

Таблица 2. Сравнение параметров до и после модернизации

Показатель	До модернизации (мг/л)	После модернизации (мг/л)	ПДК (мг/л)
Нефтепродукты	0,8–1,2	0,1	0,3
Взвешенные	200–500	5	20
ХПК	300–500	25	30
БПК ₅	100–150	2,5	3

Таблица 3. Экономическая эффективность модернизации

Статья затрат	До модернизации (руб./год)	После модернизации (руб./год)	Экономия (%)
Расходы на реагенты	5 000 000	3 500 000	30%
Энергозатраты	4 200 000	3 000 000	28%
Штрафы за превышение ПДК	2 500 000	0	100%

Выводы

Модернизированная технология очистки сточных вод на КС-3 «Аганская» обеспечивает:

- Соответствие экологическим нормативам;
- Снижение эксплуатационных затрат;
- Внедрение замкнутого цикла водооборота;
- Повышение общей экологической безопасности объекта.

Таким образом, предложенные решения способствуют снижению воздействия на окружающую среду и повышению экономической эффективности эксплуатации компрессорной станции.

Библиография

1. ГОСТ 31869-2012 Вода. Методы определения содержания нефтепродуктов.
2. ГОСТ 31954-2012 Вода питьевая. Методы оценки качества.
3. Техническая документация по эксплуатации КС-3 «Аганская».
4. Федеральные экологические нормативы РФ.
5. Современные исследования в области водоочистки (научные статьи, монографии).

***Опыт рационального использования отработанных месторождений на примере шахты
«Цольферайн Эссен» (Германия)***

Морозова Т.П. * (МГРИ, morozovatp@mgri.ru)

Аннотация

Одной из важнейших проблем в сфере охраны и воспроизводства природных ресурсов все более актуальное значение приобретают проблемы предотвращения негативных последствий отработки месторождений полезных ископаемых, а также рационального использования отработанных месторождений и территорий, на которых они расположены. [1;2]

Успешной разработка проектов рационального использования подобных объектов может способствовать заимствование опыта и креативных идей, успешно реализованных на практике. Одним из подобных примеров может служить реновация шахты «Цольферайн Эссен» в области Рур в Германии.

Ключевые слова

Месторождение, шахты, добыча угля, реновация, индустриальный стиль

Теория

До второй половины XX века в большинстве стран мира отработанные горные выработки, как правило, не подвергались рекультивации. В лучшем случае отработанных месторождений просто затапливали водой.

На сегодняшний день общее число недействующих шахт и карьеров в мире превысило миллион. В разных странах реализуются проекты по восстановлению подобных территорий, однако стратегии и методы рекультивации значительно различаются.

В густонаселенных регионах Западной и Центральной Европы, характеризующихся высокой степенью урбанизации, бывшие шахты зачастую превращают в парковые зоны или сельскохозяйственные земли. Значительная часть этих участков также отводится под жилую и коммерческую застройку. [4]

Среди выдающихся примеров преобразования промышленных объектов выделяется реновация угольной шахты «Цольферайн Эссен» в Рурском регионе Германии. Основанная в 1830-х годах немецким предпринимателем Иоганном Францем Ганилем, она была предназначена для обеспечения сталелитейного производства каменным углем.

Впоследствии Ганиль создал компанию «Шахта Цольферайн», распределив основную часть акций между своими родственниками.

К середине XIX века шахта «Цольферайн» заняла ведущее положение в Германии по объему добычи и переработки каменного угля.

Со временем эта шахта эволюционировала в разветвленную сеть, ставшую единой системой. К 1930-м годам был возведен современный комплекс, включавший сортировочные цеха, установки для мытья угля, коксохимические производства и башню-копер. В 1932 году шахта, названная в честь германского таможенного объединения Цольферайн, была отмечена как одна из самых прогрессивных в мире. Добыча каменного угля здесь продолжалась на протяжении 135 лет, вплоть до 1986 года. Этот индустриальный гигант пережил две мировые войны, но в 1986 году правительство страны приняло решение о прекращении добычи угля в Эссене и объявило шахту объектом культурного наследия. Несмотря на это, работы по разработке угольных запасов продолжались еще до 1993 года.

В связи с нерентабельностью шахт было принято решение о повышении туристической привлекательности региона путём интеграции ландшафтного дизайна и индустриального

наследия. Данный проект был реализован при поддержке ЮНЕСКО в рамках Программы сохранения мирового наследия.

Существующие строения, возведённые в период функционирования предприятия, было решено не сносить, а сохранить как значимый памятник промышленной культуры. Шахтный комплекс сегодня демонстрирует этапы развития, процветания и упадка угледобывающей отрасли Германии. Это один из самых посещаемых туристических объектов Эссена, где регулярно проводятся выставки и экспозиции.

Многие надшахтные постройки Цольферайн были реконструированы под культурные и выставочные пространства. Преобразованные шахты Рурской области теперь служат офисами, культурными центрами и арт-кластерами. Цеха были оборудованы эскалаторами и лифтами, а пешеходные маршруты выложены тротуарной плиткой. Фасадам зданий был возвращен первоначальный вид, а внутренние помещения подготовлены для экскурсий. Сохранившийся индустриальный облик, характерный для архитектуры XIX века, и уникальная подсветка зданий придают комплексу особую привлекательность. [3]

Некогда процветающий промышленный узел сегодня трансформировался в многогранный культурный центр (рис. 1).

Оригинальные решения дают многим зданиям возможности для полноценного перерождения: обогатительная фабрика преобразилась в Рурский музей, углемойка – в ледовый каток, а котельная – в музей актуального промышленного дизайна.



Рисунок 1. Многофункциональный культурный комплекс шахты Цольферайн [6]

В этом месте располагаются такие музеи как "Угольный путь", Музей Рурской региона, знакомящий с важными историческими вехами, своеобразием местной природы и культуры, и Музей Margaretenhöhe с обширной коллекцией керамики местных мастеров.

Некоторые бывшие промышленные площади преобразованы в дизайнерские центры, где проходят разнообразные презентации и выставки, посвященные современной культуре. Летом на территории бывшего индустриального центра открыты бассейн, концертные площадки, залы и несколько кафе и ресторанов (рис.2).



Рисунок 2. Цольферайн летом. [5]

Зимой здесь работает большой каток, а в преддверии Рождества организуются семейные развлечения (рис.3)



Рисунок 3. Цольферайн зимой. [5]

Среди известных достопримечательностей комплекса – огромный газометр в Оберхаузене, используемый для выставок, и шахта Цольферайн, над преобразованием которой работал известный голландский архитектор Рем Колхас. Оба объекта ежегодно привлекают множество туристов.

Газометр, как самый большой выставочный зал в Европе, зарегистрирован в Книге рекордов Гиннесса. Благодаря ему и шахте Цольферайн город Эссен в 2010 г. стал культурной столицей Европы, а в 2017 году – Зеленой столицей Европы. [6]

В настоящее время это место посещают более двух миллионов человек ежегодно.

Выводы

Удачный опыт создания культурного центра на базе шахты Цольферайн, доказывает возможность успешного перепрофилирования отработанных месторождений, что будет способствовать дальнейшему экономическому развитию региона, и обеспечению работой его трудоспособного населения. Этот опыт может быть успешно перенят и адаптирован многими недропользователями для преобразования выведенных из эксплуатации месторождений в доходные и экологичные комплексы.

Библиография

1. Беккер В. Я., Карелина В.В. Реорганизация производственных территорий.//Архитектура и строительство Москвы: журнал комплекса архитектуры, строительства, развития и реконструкции города. М. 2001. № 5-6. С.47-49.
2. Бутов И. И., Орлова И. Г. Рекультивация нарушенных земель // Экологический вестник России. 2016. № 5. С. 21–25.
3. Ступина А.Э. Международная практика архитектурного формирования предприятий по производству строительных материалов на базе недействующих предприятий угольной промышленности.//Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, Издательство: ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 2022, №3. Здания и сооружения с применением новых материалов и технологий, с.94-99.
4. Вторая жизнь заброшенных шахт и карьеров – парки, курорты, геотермальные электростанции. Текст: электронный//Экосфера: официальный сайт. 2022. <https://ecosphere.press/2021/06/10/vtoraya-zhizn-zabroshennyh-shaht-i-karerov-parki-kurorty-geotermalnye-elektrostantsii/>
5. Как немцы из шахты, сделали достопримечательность. Текст: электронный// https://pikabu.ru/story/kak_nemtsy_i_iz_shakhtyi_sdelali_dostoprimechatelnost_7659704
6. «Цольферайн» – самая красивая шахта в мире. Текст: электронный // Редевелопер.ру: официальный сайт. 2008. https://redeveloper.ru/redeveloperskie-proekty/realise_actual/tsolferayn-samaya-krasivaya-shakhta-v-mire/

Дополнительные экологические риски в нефтегазовом производстве

Мыльников М.А. (МГРИ, matvey.mylnikov@mail.ru),
Бруслов А.Ю. (МГРИ, bruslovay@mgri.ru)*

Аннотация

Работа посвящена выявлению дополнительных экологических рисков в нефтегазовом производстве. Для определения дополнительных рисков применялись концепция взаимовоздействий участников техно-природных экосистем, модели таких систем, а также метод парных комбинаций участников. С применением этого подхода выявлено восемь экологических рисков, дополнительных к уже известным одиннадцати.

Ключевые слова

Техно-природные экосистемы, нефтегазовое производство, модели, участники, парные комбинации, взаимовоздействия, экологически вредные воздействия, риски

Теория

В нефтегазовом производстве сектор бурения является примером по заметному воздействию на экологию. Для повышения эффективности бурения, необходима постоянная работа по выявлению и снижению экологических рисков.

Экологические риски выявляют из опыта и прогнозов технологических процессов. Риски обычно определяют как результат, или возможность, экологически вредного воздействия от, например, источника загрязнения, на объект получения такого воздействия, например, на природную среду и человека [1-3]. В основе выявления таких рисков лежат понятия источников и получателей (объектов) вредных воздействий. А число и виды рисков будут определяться числом известных источников, объектов и видов вредных воздействий.

При таком подходе часть рисков, для пока невыявленных и неизвестных источников и объектов, может оставаться неизвестной.

В связи с этим была поставлена и решена задача по выявлению дополнительных источников, объектов и рисков вредных воздействий в нефтегазовом производстве, на примере сектора бурения.

Задачу решали с применением концепции взаимовоздействий участников техно-природных экосистем [4], а также системно-комбинаторного метода определения пар этих участников. Здесь число и виды рисков определялись числом и видами взаимовоздействий различных участников в парах. Пары формировали из построения комбинаций между двумя участниками из одной или разных составляющих экосистем. За участников принимали компоненты моделей техно-природных экосистем с составляющими: антропогенной, техногенной, сопровождающей, природной и окружением этих составляющих. Такой подход позволил определять максимально возможное число источников, объектов и видов рисков экологически вредных воздействий. Для формирования пар участников была построена схемная модель локальной техно-природной экосистемы с нефтегазовым производством как на рисунке.

Число и состав компонентов (участников) в модели были определены в порядке их актуальности. В общем случае, число участников, в каждой из модельных составляющих и их окружении, может быть намного больше.

Примеры выявленных, через сочетания участников, экологических рисков представлены в таблице 1.

Е-составляющая внешнего окружения, с компонентами, в том числе :

ЕК1- сектор эксплуатации системы ППД,

ЕК2- сектор воздействия на пласт и призабойные зоны скважин

ЕК3- сектор эксплуатации нагнетательных и добывающих скважин

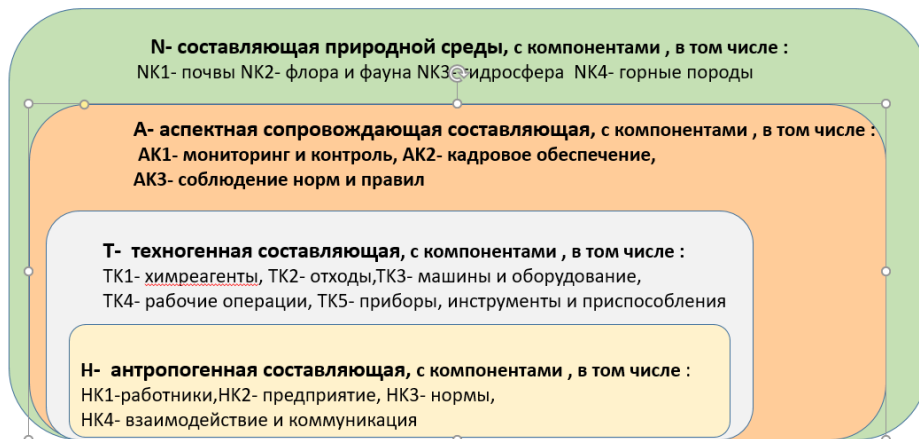


Рисунок 1. Схемная модель локальной техно-природной экосистемы на базе сектора бурения

Таблица 1. Примеры рисков от экологически вредных взаимодействий пар участников локальной техно-природной экосистемы на базе бурения

N	Парные комбинации участников	Вид рисков от экологически вредных взаимодействий между участниками		Известный источник информации по риску
		От человека	К человеку	
1	НК1 НК1	Опасные действия и коммуникации	Вред здоровью и нарушение взаимодействий	
2	НК1 НК1	Недостаточные компетенции	Задержка и низкие показатели структурного подразделения	
3	НК1 НК2	Неправильное выполнение работ	Вред здоровью	[1-3]
4	НК1 НК3	Несоблюдение норм	Препятствия работе окружающих	[1-3]
5	НК1 НК4	Плохое выполнение задания на работы	Отсутствие взаимопонимания и нарушение коммуникации	
6	НК1 ТК1	Неправильное применение опасных реагентов	Вред здоровью	[1-3]
7	НК1 ТК2	Создание промышленных отходов	Вред здоровью	[1-3]
8	НК1 ТК3	Неправильная работа с оборудованием	Вред здоровью	[1-3]
9	НК1 ТК4	Нарушение рабочих операций	Вред здоровью, травматизм	[1-3]
10	НК1 ТК5	Неправильная работа с приборами	Вред здоровью, травматизм	

11	НК1 АК1	Ошибки в контроле технологического процесса	Вред здоровью, травматизм	
12	НК1 АК2	Необоснованное увольнение сотрудников	Негативная отчетность по результатам работ	
13	НК2 ЕК3	Задержка работ на скважинах	Нарушение графиков и режимов работ скважин	
14	НК2 НК1	Загрязнение почв	Вред здоровью	[1-3]
15	НК2 НК2	Нарушение растительности	Повышенное пылевое и ветровое воздействие	[1-3]
16	НК2 НК3	Загрязнение водоемов	Вред здоровью	[1-3]
17	НК2 НК4	Снижение механической прочности горных пород	Аварии на скважинах	[1-3]
18	НК1 ЕК3	Загрязнение коллектора фильтратом бурового раствора	Повышенный вред за счет увеличенного расхода химреагентов на восстановление коллекторских свойств	
19	ТК3 НК2	Отравление флоры и фауны	Уменьшение биоразнообразия	[1-3]

Из результатов в таблице видно, что для 19 сформированных парных комбинаций участников локальных техно-природных экосистем, известные риски [1-6] для экологически вредных взаимовоздействий отмечены для 11 комбинаций. Для восьми комбинаций, с применением метода и техники парных комбинаций участников взаимовоздействий выявлено восемь дополнительных рисков.

Использованный подход к выявлению дополнительных рисков можно применять не только для сектора бурения, но и других секторов нефтегазового производства, например воздействия на продуктивные пласты [5-7] и призабойные зоны скважин [8-10].

Выводы

С применением концепции взаимовоздействий участников, моделей локальных техно-природных экосистем с нефтегазовым производством (на примере сектора бурения) и метода парного комбинирования участников, выявлено восемь экологических рисков, дополнительных к уже известным одиннадцати.

Концепция взаимовоздействий участников техно-природных экосистем, схемные модели экосистем и метод парного комбинирования участников рекомендуются для выявления дополнительных экологических и прочих рисков в нефтегазовом производстве.

Благодарности

Авторы выражают благодарность организаторам конференции «Новые идеи в науках о Земле – 2025» и профессорско-преподавательскому составу кафедры «Разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений» за мотивацию и ценные советы при подготовке данной работы.

Библиография

1. Альмухаметова Э.М., Файзуллин А.А. К вопросу об экологических проблемах при буровых работах и эксплуатации скважин // Сетевое издание «Нефтегазовое дело». 2018. № 4. – С. 39-44. Электронный ресурс. https://ogbus.ru/files/ogbus/issues/4_2018/ogbus_4_2018_p35-_AlmukhametovaEM_ru.pdf
2. Мазлова Е.А., Ежова О.С., Коваленко В.П. Применение наилучших доступных технологий в нефтедобывающей промышленности // В сборнике статей 6. Наилучшие доступные технологии. Применение в различных отраслях промышленности — М.: Издательство «Перо», 2017. – С. 5-13.
3. Тарасова Т.Ф., Абидов А.Г. Экологические проблемы при бурении нефтяных и газовых скважин // Вестник ОГУ, 2014, № 11 (160). Оренбург: ГОУ ОГУ. - С. 968-972 Электронный ресурс. <http://elibr.osu.ru/bitstream/123456789/1676/1/968-972.pdf?ysclid=m7brudi95g703009359>
4. Цыбенков Ц.З., Бруслов А.Ю. Экологические вопросы применения технологий гидроразрыва пласта // Молодые – Научкам о Земле: Материалы XI Международной научной конференции. В 5-ти томах, Москва, 03–04 апреля 2024 года. – Москва: МГРИ им. Серго Орджоникидзе, 2024. – Т.5. – С. 155-158.
5. Патент № 2814697 С1. Способ разработки нефтяной залежи : № 2022129699 : заявл. 16.11.2022 : опубл. 04.03.2024 / А. Х. Шахвердиев, С. В. Арэфьев, А. Ю. Бруслов, А. В. Денисов.
6. Патент № 2119580 С1. Способ разработки нефтяной залежи / Панахов Г.М. и др. // 27.09.1998. Заявка № 97109101/03 от 16.06.1997.
7. Патент № 2349742 С1. Способ разработки нефтяной залежи / Мандрик И.Э. и др. // 20.03.2009. Заявка № 2007148448/03 от 27.12.2007.
8. Патент № 2832755 С1. Способ обработки призабойной зоны нефтяного пласта : заявл. 15.04.2024 : опубл. 28.12.2024 / А. Х. Шахвердиев, А. Ю. Бруслов, А. В. Денисов, С. В. Арэфьев.
9. Патент № 2023143 С1. Способ обработки призабойной зоны добывающей скважины / Горбунов А.Т. и др. // 15.11.1994. Заявка № 5034187/03 от 25.03.1992.
10. Патент № 2023874 С1. Способ термохимической обработки призабойной зоны скважины / Бруслов А.Ю. и др. // 30.11.1994. Заявка № 92003639/03 от 04.11.1992.

Геоэкология и природопользование на Щелковском подземном хранилище газа

***Казанкова Э.Р.* (ИПНГ РАН, Elvira.kazankova@mail.ru),
Корнилова Н.В. (ИПНГ РАН, nataliakornilova@rambler.ru)***

Аннотация

Рассмотрены геолого-геодинамические причины возможного возникновения негативных геоэкологических явлений на Щелковском подземном хранилище газа. Обоснованы закономерности строения и состояния геолого-геофизической среды, направления перетоков и участки возможной локализации газа.

Ключевые слова

Щелковское подземное хранилище газа, геоэкологическая безопасность, геодинамика, рациональное природопользование

Источники финансирования

Работа выполнена в рамках государственного задания «Фундаментальный базис инновационных, цифровых технологий прогноза, поиска, разведки и освоения нефтегазовых ресурсов (фундаментальные, поисковые, прикладные, экономические и междисциплинарные исследования до 2030 года)», № FMME-2025-0012.

Теория

Геологические условия определяют требования к конструкциям и технологии эксплуатации подземных хранилищ газа (ПХГ), так как существуют объективно. Экологическая геология изучает многообразие геохимических, геофизических, геодинамических и ресурсных функций. Особенности функционирования и строения Щелковского ПХГ определено техногенное вмешательство в окружающую среду. Сформировано сложное взаимодействие разнообразных факторов.

Выявление природных и техногенных факторов геоэкологического риска позволяет выработать объективную стратегию рационального природопользования. Щелковское ПХГ, как структурный элемент техносферы, представляет собой сооружения и устройства, обеспечивающие прием, хранение, транспортировку и выдачу газа. Как объект долговременной эксплуатации, ПХГ требует дополнительного контроля за возможными утечками газа, обусловленными геологическими причинами.

Основной задачей геоэкологических исследований ПХГ является оценка геодинамической устойчивости территории, установление типов геоэкологических рисков и геоэкологической опасности [1,4].

При эксплуатации подземных хранилищ газа практически всегда существует возможность подземных утечек и межпластовых перетоков газа, вызванных природными факторами. Изучение процессов различного масштаба при функционировании ПХГ позволяет прогнозировать проникновение газа за пределы проектного контура и перетоки по разрезу, формирование вторичных залежей, проникновение газа в водоносные горизонты и выход его на поверхность [1,2].

Газ, мигрирующий из основного пласта-коллектора может проникать в вышележащие проницаемые породы, образуя в них вторичную, техногенную газовую залежь. Такие явления наблюдаются и на других ПХГ. В структурно-геодинамических типах ловушек установлены связи залежей с зонами проницаемости. Примеры на конкретных территориях показаны ранее [1, 2, 3].

Геоэкологическая ситуация и геодинамические условия развития на Щелковской структуре (Щелковское ПХГ) определили закономерность строения геологической среды. На основе предложенного нами подхода созданы графо-геометрические модели, которые можно использовать для исследования геодинамической обстановки на подземном хранилище газа [3,4].

Щелковское подземное хранилище газа приурочено к Щелковскому поднятию, которое входит в состав Щелковско-Ивантеевской антиклинали, осложняющей юго-западный склон Московской синеклизы [2]. По изогипсе -750 м структура представляет собой брахиантиклиналь северо-западного простирания с более крутым западным крылом, имеющую размеры $6,5 \times 2,3$ км и амплитуду около 21 м. На северо-западе и северо-востоке происходит нечетко выраженное сочленение ее с Набереженским и Солнцевским структурными осложнениями [1].

Основным объектом хранения газа является пласт, залегающий на глубинах 870 – 890 м в кровле 130 -метровой толщи ниже-щигровского горизонта. Пласт представлен переслаиванием слабосцементированных песчаников, песков и глинистых алевролитов общей мощностью 21 м. Пласт-коллектор неустойчив, относится к пластам-плывунам, что затрудняет его эксплуатацию. Покрышкой служит пачка глин с линзами песчаников мощностью от 14 до 29 м. Выше нее залегают плотные непроницаемые известняки хворостанского горизонта. Резервная покрышка - семилукские глины. Второй резервуар для хранения газа приурочен к ряжскому горизонту, залегающему на глубинах 1150 – 1200 м. Покрышкой служит 100 -метровая толща ангидритов и известняков морсовско-мосоловского горизонта.

При построении силового поля Щелковского подземного хранилища газа, установлено, что структура сформировалась в зоне действия преимущественно восходящего вектора с глубины 3500 метров (рис.1).



Рисунок 1. Схематическая двумерная структура единого поля Щелковское поднятие (Щелковское ПХГ), (Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В., 2025г.)

На Щелковском ПХГ, по данным геофизических исследований, наблюдается продвижение газа в восточном направлении. Несмотря на систематическое увеличение объемов закачки газа, положение газо-водяного контакта в своде поднятия не меняется с 1966 года. Это свидетельствует о растекании газа по площади. За годы многолетней эксплуатации ЩПХГ стала ясна тенденция усиления ряда неблагоприятных факторов, отражающая проникновение углеводородов в верхние горизонты. В процессе эксплуатации обеих залежей обнаружены перетоки газа в вышезалегающие горизонты. Существование перетоков подтверждается появлением газа в окско-серпуховском горизонте, залегающем выше основного пласта-коллектора примерно на 500 – 600 м и периодическое обнаружение свободного газа в скважинах, расположенных в районе седловины, разделяющей Щелковское и Солнцевское поднятия [1]. К настоящему времени в результате вторичной миграции свободный газ обнаружен в коллекторах почти всех водоносных горизонтов площади [2].

Геологическими причинами перетоков и утечек газа за пределы пласта-коллектора, могут быть не только тектонические нарушения, но и литологически проницаемые участки, определяемые направлением векторов, непосредственный контакт продуктивного пласта с проницаемыми отложениями, наличие литологических «окон» (в основном песчаных) в основной покрывке, непосредственно перекрывающей пласт-коллектор, и другие. Вертикальные перетоки газа, по-видимому, инициируются частичным снятием давления над газовой залежью. Так как скорость проникновения газа в отдельные литологические пачки неодинакова, то избыточное давление при закачке и пониженное в конце отбора создают дополнительные возможности для перетоков и утечек газа.

Наличие газонасыщенной мощности нижнещигровского коллектора и свободного газа в окско-серпуховском горизонте указывает на то, что в пределах северо-восточного участка залежи происходит латеральная утечка газа и вертикальные перетоки. В результате происходит развитие газовой залежи в северо-восточном, направлении Солнцевского поднятия и, возможно, образование резервуара аккумуляции мигрировавшего газа за пределами Щелковской структуры, откуда он частично возвращается при отборе газа [2].

Детальные геодинамические исследования на Щелковском ПХГ позволили установить участки возможных возникновения вертикальных движений с различных глубин и направления возможных перетоков газа по латерали и его отжима (рис. 2).



Рисунок 2. Карта-схема геодинамической неустойчивости геолого-геофизической среды Щелковского ПХГ (Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В., 2025 г., составлена на основе структурной карты [1,2])

Исследованиями установлено, что в зоне действия восходящего вектора единого поля с глубины 3500м, расположен неустойчивый участок центральной части структуры (скважины № 222,225,60). В объеме всей структуры выделены участки пересечения векторов максимальных и минимальных напряжений, действующих с различных уровней, которые вне зависимости от глубины воздействия векторов, характеризуются изменением литологического состава пород и представлены глинистыми разностями в разрезе как терригенных, так и карбонатных отложений (скв. 5, 222 и др.).

Неустойчивые участки, в районе действия с глубины 960м преимущественно восходящего вектора единого силового поля, расположены в районе скважин №7,20,235,160). Определены возможные в северо-западном и северо-восточном направлении перетоки флюидов и отжим газа.

Выводы

Выявленные закономерности избирательного возможного разрушения коллектора в результате циклической эксплуатации ПХГ свидетельствуют о том, что в участках

перестройки напряжений происходит изменение литологического состава, что может привести к снижению экранирующих свойств покрышек. На Щелковском ПХГ функционирует система: геолого-геофизическая среда - объекты - сооружения - окружающая среда, которая характеризуется взаимосвязью и взаимозависимостью всех составляющих. Система оказывает влияние на характер протекания всех природных, геологических, геодинамических, экзогенных и атмосферных процессов. То есть, формируется экологическая обстановка не только на самом Щелковском ПХГ, но и на окружающих их территориях.

Условно существуют нарушения окружающей среды: геохимические, химические, параметрические и физико-механические. В ПХГ формируется новый природно-техногенный или техногенно-измененный комплекс. Геодинамические исследования, проведенные на Щелковском ПХГ, позволили выявить пространственно-временную закономерность геологического строения с флюидодинамикой, установить участки неустойчивого состояния геолого-геофизической среды, возможные направления вертикальных и латеральных перетоков газа, а также участки возможной локализации газа.

Учитывая высокую значимость Щелковского ПХГ, подтвержденную на практике, разработаны методы регулирования искусственных воздействий, их согласования с ходом естественных воздействий и оптимизации последствий. Соответствующий фактический материал может стать основой для метода расчёта норм дополнительного поступления консервативных загрязнителей в водоносные горизонты и обосновать допустимые техногенные нагрузки.

Структурно-геодинамический метод позволяет расширить и координировать исследования по экологически сбалансированному освоению природных ресурсов, состоянию техносферы в целом и свести к минимуму ошибки в планировании и выполнении всего комплекса влияния эндогенной природной среды на биосферу и человеческое общество.

Библиография

1. Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В. Геоэкологические проблемы подземного хранения газа в России // Геология нефти и газа. – 2016. – № 3. – С. 102–108.
2. Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В. Геоэкологические проблемы подземных хранилищ газа (на примере Московского региона) // Бюллетень МОИП, отдел биологический. 2009. Т. 114, Вып. 3, Приложение 1, часть 1. С. 388–397.
3. Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В. Геоэкология недр на объектах нефтегазового комплекса // Естественные и технические науки, 2023. №10 (185). С. 83-88.
4. Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В. Структурно-геодинамические закономерности в нефтегазовой геологии // Естественные и технические науки, 2023. №9 (184). С. 44-49.

Влияние электрического поля на ростки растений

Калинин Ф.А.* («Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»), kalinin.fa@phystech.edu,

Курочкина К.Н. («Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»), kurochkina.kn@phystech.edu

Аннотация

В работе исследуется влияние электростатического поля на развитие ростка растения, в частности кресс-салата. Экспериментально установлено, что при напряжённости поля от 400 В/м до 2000 В/м скорость роста растений увеличивается, но при дальнейшем росте напряжённости эффект ослабевает. Разработана математическая модель, объясняющая наблюдаемый максимум скорости роста на основе электрофореза ионов в зоне роста. Проведённые эксперименты подтвердили влияние электрического поля, также сформулированы условия для дальнейших исследований и оптимизации параметров электростатического воздействия.

Ключевые слова

Электростатическое поле, электрофорез, напряжённость электрического поля, скорость роста

Теория

Экспериментально показано, что в электростатических полях напряжённостью более 400 В/м ускоряется рост кресс-салата от проростка до стадии образования настоящих листьев включительно («микрорезель»).

Опытным путем показано, что влияние электрического поля на скорость роста микрорезели не линейно, в интервале напряженности поля от 400 В/м до 2000 В/м достигается максимальная скорость роста. Интервальная оценка обусловлена количеством проведенных экспериментов и может быть уточнена опытным путем.

На рисунке 1 показана зависимость среднего значения длины ростка от напряженности поля. Зависимость получена экспериментально и имеет максимум в интервале напряженности поля от 400 В/м до 2000 В/м.

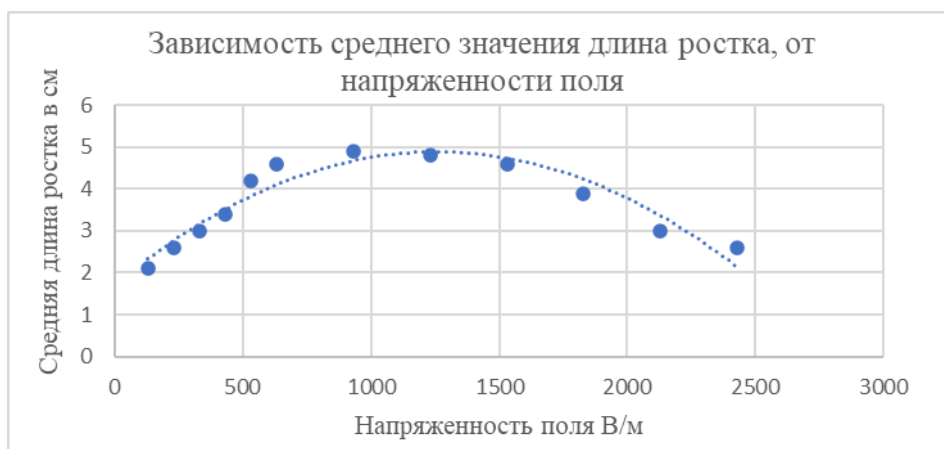


Рисунок 1. Зависимость среднего значения длины ростка от напряженности поля

Разработана упрощенная одномерная математическая модель, объясняющая наличие максимума скорости роста от напряженности поля:

Так как росток однороден, тонок, направление роста совпадает с направлением электрического поля, то рассмотрим перенос ионов в виде одномерной модели, где координатная ось направлена вдоль ростка.

Представим росток в виде тонкой трубки, на одной стороне которой находится запас питательных веществ, а на другом конце зона роста (это зона активно делящихся клеток, меристема корня). Пусть длина ростка L . Для роста растения необходимы, как положительно заряженные ионы N , так и отрицательно заряженные ионы P . Пусть на один положительно заряженный ион N нужен один отрицательно заряженный ион P , тогда скорость химических реакций, определяющих скорость роста, будет определяться произведением концентрации катионов и анионов, умноженный на некоторый коэффициент k .

Скорость химической реакции, а именно число прореагировавших ионов, определяется с одной стороны произведением концентраций, а с другой стороны току ионов, определяемых как движением зарядов в электрическом поле, так и диффузией

$$k \cdot N(L) \cdot P(L) = j_N = j_P \quad (1)$$

$$\text{где } j_N = \mu_N \frac{dN}{dx} + \lambda_N E, \text{ а } j_P = \mu_P \frac{dP}{dx} - \lambda_P E$$

Если длина стебля L , а ток от семени до зоны роста постоянен, то можно заменить

$$\frac{dN}{dx} = \frac{N(0) - N(L)}{L}, \quad (2)$$

$$\frac{dP}{dx} = \frac{P(0) - P(L)}{L}, \quad (3)$$

После подстановки (2), (3) в (1) получим систему алгебраических уравнений относительно $N(L)$ и $P(L)$

$$k \cdot N(L) \cdot P(L) = -\mu_N \frac{N(L)}{L} + \mu_N \frac{N(0)}{L} + \lambda_N E \quad (4)$$

$$k \cdot N(L) \cdot P(L) = -\mu_P \frac{P(L)}{L} + \mu_P \frac{P(0)}{L} - \lambda_P E \quad (5)$$

Систему уравнений (4), (5) удобно решить относительно скорости химической реакции.

Отметим, что в силу существенно меньшего размера и высокой подвижности положительно заряженных ионов (K^+ , Ca^{+2}) в отсутствие поля $P(0)=P(L)$, можно в уравнении (5) пренебречь членом $k \cdot N(L) \cdot P(L)$. Это предположение основано на том, что в ростках растений не наблюдается (по крайней мере, в литературе не указывается обратное) разница в концентрации ионов K^+ , Ca^{+2} в зоне роста и в стебле. Система уравнений (4), (5) при сделанных предположениях упрощается:

$$k \cdot N(L) \cdot P(L) = -\mu_N \frac{N(L)}{L} + \mu_N \frac{N(0)}{L} + \lambda_N E \quad (6)$$

$$0 = -\mu_P \frac{P(L)}{L} + \mu_P \frac{P(0)}{L} - \lambda_P E \quad (7)$$

Система уравнений (4), (5) может быть аналитически решена и без дополнительных предположений.

Решение системы (6), (7) относительно скорости химической реакции от величины электростатического поля:

$$kN(L, E)P(L, E) = k \frac{\left(N(0) + \frac{\lambda_{NL}}{\mu_N} E\right) \cdot \left(P(0) - \frac{\lambda_{PL}}{\mu_P} E\right)}{1 + k \cdot \frac{L}{\mu_N} P(0) - k \cdot \frac{L}{\mu_N} \frac{\lambda_{PL}}{\mu_P} E} \quad (8)$$

Или в форме удобной для сравнения с опытными данными, где скорость роста отнесена к скорости роста контрольного образца:

$$\frac{kN(L, E)P(L, E)}{kN(L, 0)P(L, 0)} = \frac{\left(1 + \frac{\lambda_{NL}}{\mu_N N(0)} E\right) \cdot \left(1 - \frac{\lambda_{PL}}{\mu_P P(0)} E\right)}{1 - \frac{k \cdot \frac{L}{\mu_N} \frac{\lambda_{PL}}{\mu_P} E}{1 + k \cdot \frac{L}{\mu_N} P(0)}} \quad (9)$$

Отметим, что:

- скорость роста зависит от комбинации $E \cdot L$ и подтверждающим экспериментом для данной модели может быть экспериментальная проверка данного факта – растение при уменьшении напряжения в зависимости от длины ростка должно расти быстрее, чем при постоянном напряжении.

- с увеличением длины растения влияние поля будет уменьшаться, так как концентрация $P(0) - \frac{\lambda_{PL}}{\mu_P} E$ не может быть отрицательной величиной.

- математический анализ полученного выражения зависимость скорости роста от напряженности поля показывает, что с увеличением напряженности поля будет достигнут максимум скорости роста, а при последующем увеличении напряженности поля скорость роста будет уменьшаться, что соответствует экспериментальным данным.

Предложенная модель влияния поля непосредственно для расчета скорости роста применима сложно, так как рост растения определяется несколькими типами химических реакции, с разными действующими веществами и их концентрациями. Кроме того, данные о подвижности ионов в живых тканях в справочной литературе недоступны.

На рисунке 2 показано качественное поведение скорости роста от напряженности электрического поля при заданной длине ростка.

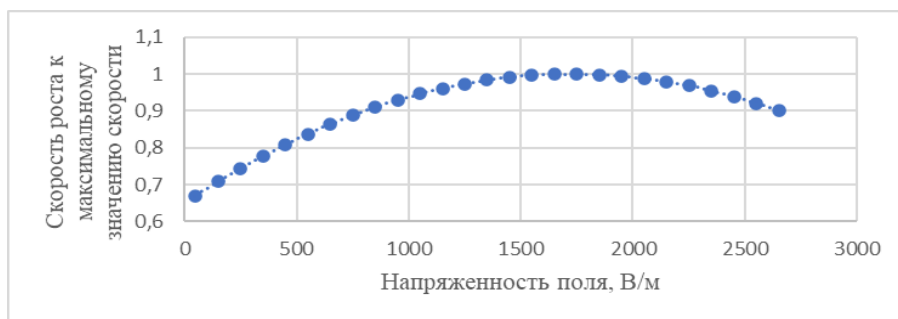


Рисунок 2. Оценка зависимости скорости роста от напряженности электрического поля при заданной длине ростка

Ценность предложенной модели в том, что она позволит в случае своей актуальности разработать алгоритм управления напряженностью электрического поля при котором скорость роста микрозелени будет максимальной.

На рисунке 3 показана расчетная длина роста ростка в предположении, что площадь зоны роста остается постоянной, при тех же условных параметрах, что и на рисунке 2.

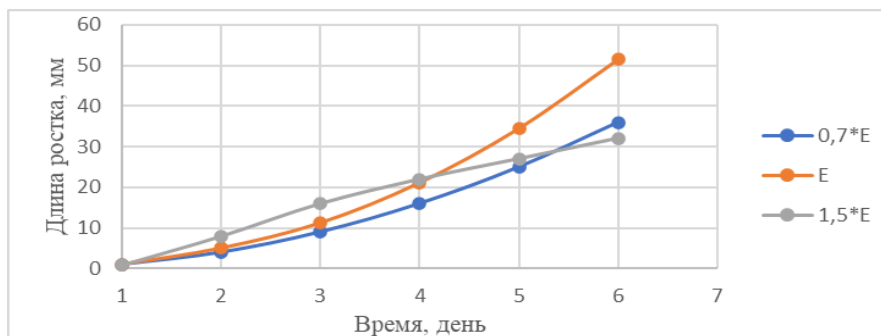


Рисунок 3. Расчетная длина ростка в зависимости от дней роста и при различных величинах поля при тех же условных параметрах, что и на рисунке 2

Обратим внимание на следующее. Изначально при большем по напряженности электрическом поле скорость роста выше, но с увеличением длины ростка потенциал увеличивается и скорость роста снижается. Данная зависимость показана на рисунке 3. Отметим, что рисунки 2 и 3 являются примером расчета при некоторых параметрах и включены в доклад с целью показать, что модель может объяснить наблюдаемую в эксперименте зависимость скорости роста от напряженности приложенного поля при некоторых физически обоснованных значениях концентрации и подвижности.

Управление напряжением так, чтобы величина потенциала зоны роста относительно семечка, согласно представленной модели, приведет к ускорению роста относительно контрольных образцов (отсутствие поля, постоянное поле), что может быть проверено экспериментально и станет экспериментальным подтверждением представленной модели.

Сформулированы условия эксперимента, который позволит проверить предлагаемую модель, а именно в случае поддержания оптимального значения электрического потенциала зоны роста относительно семечка растения, скорость роста ростка должны превышать скорость роста контрольных образцов – с постоянным полем и при его отсутствии.

Выводы

Разработана модель, объясняющая наблюдаемый эффект нелинейной скорости роста ростков от напряженности электростатического поля.

Сформулированы условия эксперимента, подтверждающего верность предлагаемой гипотезы, что электрофорез отрицательно заряженных многоатомных ионов, образующихся в семядолях семени при проращивании, ускоряет рост растения. Положительный результат эксперимента позволит разработать алгоритм ускорения выращивания микрозелени.

Библиография

1. Влияние электрических полей на растения, Богатина Н.И., Шейкина Н.В.
2. Теоретические основы электротехники, Нейман Л.Р., Коровкин Н.В.
3. Электрофизические методы стимуляции растительных объектов, Корко В.С., Городецкая Е.А.
4. Физиология и биохимия растений, Гужвин С.А, Кумачев В.Д., Каменев Р.А.

Мониторинг загрязнения подземных вод в районах добычи каменного угля

**Катенович Д.В.* (ООО «Разрез Пермьяковский», dkatenovich@bk.ru),
Лузянин С.Л. (Кемеровский государственный университет, sl_luzyanin@mail.ru),
Осинова М.О. (Кемеровский государственный университет, masha-dlinina@rambler.ru)**

Аннотация

В статье рассматривается мониторинг загрязнения подземных вод в районах добычи каменного угля на примере разреза «Пермьяковский» (Кемеровская область – Кузбасс). Проведен анализ химического состава подземных вод за 2022–2024 гг., включающий концентрации аммония, нитратов, фенолов, нефтепродуктов, тяжелых металлов и других компонентов. Выявлена тенденция к увеличению минерализации воды и содержания отдельных загрязнителей, что связано с техногенным воздействием угледобычи. Несмотря на это, большинство параметров находятся в пределах допустимых норм. Подчеркивается необходимость продолжения экологического мониторинга для контроля за динамикой изменений качественного состава подземных вод.

Ключевые слова

Подземные воды, угледобыча, загрязнение, гидрохимический мониторинг

Теория

Подземные воды – ценное полезное ископаемое и важный ресурс. Они используются в коммунальном и промышленном водоснабжении, металлургии, горнодобывающей отрасли, орошении, теплофикации и добыче микрокомпонентов. Существенный объем воды отбирается при разработке месторождений, включая угольные, а потребность в подземных водах для питьевого водоснабжения постоянно растет (Стратегирование..., 2021).

В процессе добычи угля образуются техногенные водотоки, содержащие растворенные соли, тяжелые металлы и токсичные соединения (Зиновьева и др., 2020). Особенно опасными являются стоки, обогащенные сульфатами, железом и марганцем, что приводит к повышенной минерализации подземных вод (Андреева, Домрочева, 2007). По данным зарубежных исследований (Ojonimi et al., 2019), в районах угольных разрезов часто наблюдается кислотный дренаж, возникающий вследствие окисления сульфидных минералов, содержащихся в угленосных породах.

Каждое угледобывающее предприятие обязано проводить ежегодный экологический мониторинг подземных вод, чтобы спрогнозировать возможные изменения в их качественном составе (Федеральный закон № 52 «О санитарном благополучии населения»; Федеральный закон № 7 «Об охране окружающей среды»). Для контроля качества подземных вод в районах угледобычи используются гидрогеохимические исследования, мониторинг химического состава вод и моделирование загрязнения.

Исследования проводили в 2022–2024 гг. на предприятии ООО «Разрез Пермьяковский» (Кемеровская область – Кузбасс). Разрез расположен в Беловском муниципальном округе, действует с октября 2002 года.

На разрезе «Пермьяковский» организована сеть гидронаблюдательных скважин, состоящая из четырех точек отбора (№ 9, № 5(6), № 8 и № 2РЭС). Из скважины № 2РЭС осуществляется добыча подземных вод для обеспечения хозяйственно-бытовых нужд предприятия. Добыча осуществляется на основании лицензии КЕМ 42241 ВЭ от 23.07.2018 г., выданной Департаментом природных ресурсов и экологии Кемеровской области (максимальная добыча может составлять до 35,769 тыс. м³/год). Остальные скважины обеспечивают «пункты наблюдения» за состоянием, уровнем и качеством подземных вод. Вед

за счет осушения угольных пластов может возникнуть множество проблем: нарушение условий залегания, снижение устойчивости массива горных пород, подтопление горных выработок и т.д. Вблизи с угольным разрезом находится населенный пункт – с. Каракан, водоснабжение которого осуществляется за счет отдельной скважины, находящейся в границах населенного пункта.

Мониторинг органолептических и обобщенных свойств, а также химического состава подземных вод осуществляется из каждой скважины с периодичностью 2 раза в год. Отбор проб проводится согласно ГОСТ Р 59024-2020.

Анализ данных по скважинам позволяет оценить динамику содержания различных компонентов и качество воды в исследуемом районе.

Данные за период 2022–2024 гг. показывают, что химический состав подземных вод в районе недропользования варьируется в зависимости от года и конкретной скважины. Основные показатели включают биохимическую потребность в кислороде (БПК), содержание взвешенных веществ, нефтепродуктов, сухого остатка, ионов аммония, гидрокарбонатов, железа, кальция, магния, марганца, фенолов, нитратов, нитритов, сульфатов, хлоридов, цинка и меди. Некоторые параметры, такие как ион аммония, фенолы и медь, часто находятся на уровне ниже предела обнаружения, что указывает на их незначительное присутствие в воде.

В 2022 году показатели БПК варьировались от 1,9 до 2,2 мг/л, что свидетельствует о низком уровне органического загрязнения. Взвешенные вещества составляли 1,2–1,6 мг/л, а нефтепродукты — 0,021–0,023 мг/л, что также находится в пределах допустимых значений для подземных вод. Сухой остаток был относительно низким (104–122 мг/л), а гидрокарбонаты составляли 86–87,8 мг/л, указывая на преобладание мягкой воды. Ионы кальция (21,2–22 мг/л) присутствовали в умеренных концентрациях, тогда как магний, фенолы и медь оставались ниже предела обнаружения. Нитраты (1,1–1,5 мг/л) и нитриты (0,107–0,126 мг/л) также демонстрировали низкие значения.

В 2023 году произошло заметное увеличение некоторых показателей. Например, взвешенные вещества выросли до 3,4–5,55 мг/л, что может быть связано с усилением техногенного воздействия в районе разреза. Содержание гидрокарбонатов резко увеличилось (374,85–390,4 мг/л), что указывает на изменение минерализации воды. Ион аммония стал определяться в значительных концентрациях (0,835–2,47 мг/л), особенно в скважине № 5(6), что может свидетельствовать о загрязнении азотсодержащими соединениями. Нитраты выросли до 1,35–4,55 мг/л, а сухой остаток увеличился до 116–151 мг/л. При этом содержание нефтепродуктов снизилось (0,011–0,0155 мг/л), а фенолы и медь остались ниже предела обнаружения.

В 2024 году тенденция к увеличению минерализации продолжилась. Гидрокарбонаты достигали 369–401 мг/л, а магний, ранее отсутствовавший, появился в концентрациях 33,1–40 мг/л. Взвешенные вещества оставались на уровне 3,3–5,6 мг/л, а сухой остаток составил 113–150 мг/л. Ион аммония сохранял высокие значения (0,87–2,24 мг/л), а нитраты варьировались от 1,22 до 4,43 мг/л. Появление фенолов (0,00035–0,00045 мг/л) и меди (0,00065–0,0009 мг/л) в небольших количествах указывает на возможное усиление техногенного загрязнения. БПК оставался стабильным (1,78–2,15 мг/л), что говорит о сохранении низкого уровня органического загрязнения.

В целом качество подземных вод в районе деятельности «Пермяковского» разреза можно оценить как удовлетворительное с тенденцией к ухудшению в 2023–2024 годах. В данный период наблюдалось увеличение минерализации (гидрокарбонаты, сухой остаток), а также рост концентраций иона аммония, нитратов и взвешенных веществ. Эти изменения могут быть связаны с деятельностью угольного разреза, включая выщелачивание минералов из горных пород, попадание азотсодержащих соединений в водоносные горизонты и повышение мутности воды из-за перемешивания грунтов.

Особое внимание вызывает рост содержания иона аммония и магния в 2023–2024 годах. Аммоний может поступать в воду в результате разложения органических веществ или использования взрывчатых веществ на разрезе, что требует дополнительных исследований. Появление фенолов и меди, хотя и в минимальных концентрациях, также указывает на возможное влияние техногенных процессов, связанных с добычей угля. Однако такие показатели, как нефтепродукты, железо, марганец и цинк, остаются на низком уровне, что говорит об отсутствии значительного загрязнения тяжелыми металлами или углеводородами.

На рисунке 1 представлены данные о средней концентрации веществ подземных вод, по которым проводился мониторинг. Анализ показывает, что показатели варьируются в зависимости от пробы и типа вещества. В пробе из скважины № 9 ион аммония имеет концентрацию $0,568 \pm 0,284$ мг/л, нитраты – $3,263 \pm 0,982$ мг/л, нитриты практически отсутствуют ($0,109 \pm 0,008$), БПК – $2,083 \pm 0,093$ мг/л, взвешенные вещества – $4,25 \pm 1,325$ мг/л, сульфаты – $5,466 \pm 2,149$ мг/л, а хлориды – $5,233 \pm 1,938$ мг/л. Это делает воду из скважины № 9 одной из наиболее насыщенных по содержанию хлоридов и сульфатов среди представленных. В пробе воды из скважины № 5(6) концентрация аммония снижается до $1,57 \pm 0,788$ мг/л, нитраты составляют $1,256 \pm 0,047$ мг/л, нитриты остаются на низком уровне, БПК – $2,203 \pm 0,055$ мг/л, взвешенные вещества – $2,766 \pm 0,584$ мг/л, сульфаты – $4,466 \pm 1,298$ мг/л, а хлориды – немногим более 5 мг/л, что указывает на более низкие значения по сравнению с пробой из скважины № 9, особенно для нитратов и хлоридов.

Для пробы воды из скважины № 8 аммоний составляет $0,618 \pm 0,309$ мг/л, нитраты – $3,493 \pm 0,997$ мг/л, нитриты – $0,108 \pm 0,002$ мг/л, БПК – $2,106 \pm 0,007$ мг/л, взвешенные вещества – $3,4 \pm 1,05$ мг/л, сульфаты – $5,1 \pm 1,819$ мг/л, а хлориды – $5,55 \pm 1,819$ мг/л, что делает её схожей с пробой из скважины № 9 по большинству параметров, но с заметно более низким содержанием нитратов. Наконец, в пробе № 2РЭС аммоний в концентрации $0,756 \pm 0,379$ мг/л, нитраты – $2,88 \pm 0,9$ мг/л, нитриты – $0,11 \pm 0,002$ мг/л, БПК – $1,96 \pm 0,125$ мг/л, взвешенные вещества – $2,8 \pm 0,802$ мг/л, сульфаты – $5,066 \pm 1,79$ мг/л, а хлориды – $4,933 \pm 1,675$ мг/л, демонстрируя стабильность по большинству показателей, за исключением немного меньшего содержания взвешенных веществ по сравнению с пробами из скважин № 9 и № 8.

Общий тренд показывает, что сульфаты и хлориды имеют наиболее высокие концентрации во всех пробах, варьируясь от 4 до 6 мг/л, в то время как нитриты практически отсутствуют, что может указывать на низкую активность процессов, связанных с их образованием. Нитраты, БПК и взвешенные вещества демонстрируют более низкие и относительно стабильные значения, колеблясь в диапазоне 1–4 мг/л. Аммоний также остаётся на низком уровне (1–1,5 мг/л), что может свидетельствовать о стабильных условиях в исследуемых пробах. Таким образом, данные отражают различия в химическом составе проб, где сульфаты и хлориды доминируют, а нитриты практически не представлены, что может быть полезно для оценки качества воды или сточных вод в зависимости от источника пробы.

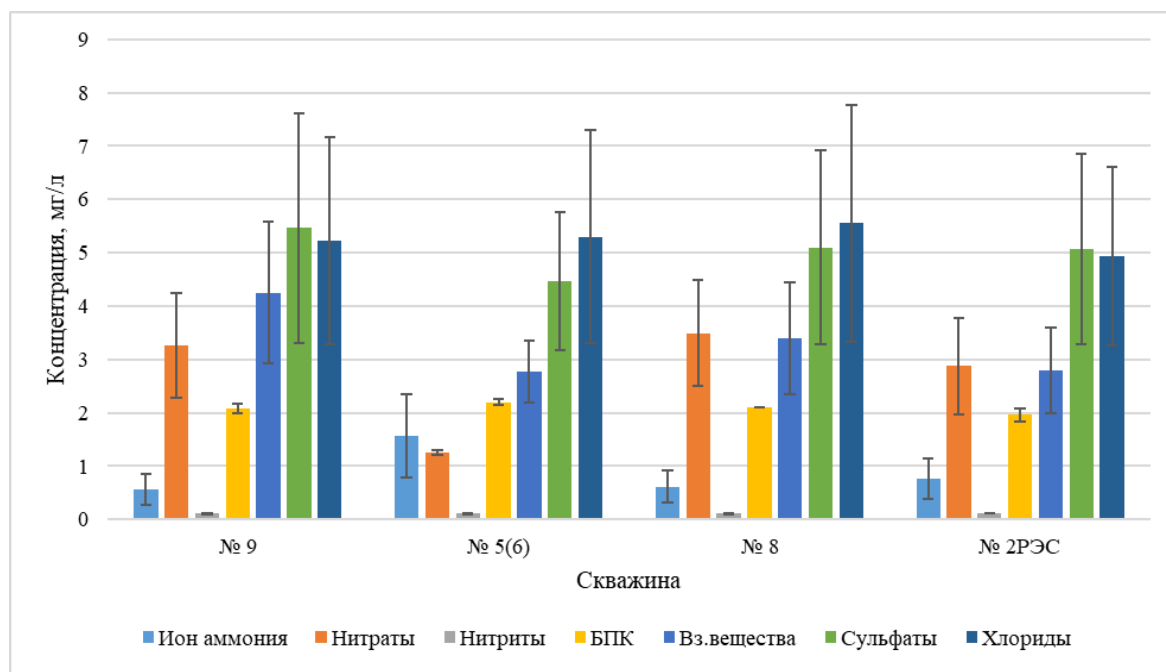


Рисунок 1. Данные о средних значениях концентрации некоторых загрязняющих веществ из водозаборных скважин на территории исследования («усы» – стандартная ошибка среднего)

Выводы

Химический состав подземных вод в районе угольного разреза «Пермяковский» демонстрирует динамику, связанную с антропогенным воздействием. С 2022 по 2024 год наблюдается увеличение минерализации и содержания отдельных загрязнителей (аммоний, нитраты, фенолы), что может свидетельствовать о постепенном ухудшении качества воды. Несмотря на это, большинство показателей остаются в пределах допустимых норм, что позволяет использовать воду для технических целей. Для более точной оценки влияния разреза на подземные воды необходимо продолжать мониторинг, уделяя внимание источникам азотных соединений и органических загрязнителей.

Библиография

1. Андреева, М.П. Эколого-геохимическое состояние природных вод в зоне активного водообмена юга Кузбасса / М.П. Андреева, Е.В. Домрочева // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 311, № 1. – 137–140.
2. Зиновьева, О.М. Анализ экологических проблем в угледобывающих регионах / О.М. Зиновьева, Л.А. Колесникова, А.М. Меркулова, Н.А. Смирнова // Уголь. – 2020. – № 10. – С. 62–67.
3. Стратегирование водных ресурсов Кузбасса: монография / под научной редакцией В. Л. Квинта. – Кемерово: КемГУ, 2021. – 388 с.
4. Федеральный закон № 7-ФЗ от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды».
5. Федеральный закон № 52-ФЗ от 30.03.1999 г. «О санитарном благополучии населения».
6. Ojonimi, I.T. 2019. Acid Mine Drainage (AMD): an environmental concern generated by coal mining / I.T. Ojonimi, F. Asuke, M.A. Onimisi, C.Y. Onuh // Journal of Degraded and Mining Lands Management. – 2019. – Vol. 6(4). – P. 1875-1881. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2019.064.1875>.

Оценка эффективности применения феррата натрия в качестве обеззараживающего реагента на примере *E. Coli*

Кениг Л.Л.* (Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева (PXTU), kenig.lida@yandex.ru),

Астахов П.С. (Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева (PXTU), Astakhov.p.s@muctr.ru)

Аннотация

Рост численности населения, развитие городов и промышленности ведет к резкому увеличению нагрузки на окружающую природную среду. Наибольшему воздействию подвергается именно гидросфера, так как большинство процессов в рамках химической промышленности происходят с использованием воды. Использование традиционных реагентов, обладающих дезинфицирующим действием, не всегда обеспечивает эффективное обеззараживание, ввиду чего поиск новых эффективных обеззараживающих реагентов остается актуальной задачей.

В рамках текущего исследования было рассмотрено возможность применения феррата натрия, полученного электрохимическим методом, в качестве обеззараживающего реагента по отношению грамположительных бактерий *Escherichia coli*. Доказана эффективность применения феррата натрия при минимальной концентрации 0,5 масс. % по отношению к грамположительным бактериям *Escherichia coli*.

Ключевые слова

E. coli, феррат натрия, бактерицидные свойства, обеззараживание сточных вод

Теория

Сточные воды пищевой, фармацевтической, нефтехимической и других отраслей промышленности содержат чрезмерно высокие уровни органических поллютантов, в состав которых входят соединения азота и фосфора, а также органические компоненты. Данные поллютанты не позволяют сбрасывать сточные воды в водные объекты без глубокой очистки, в основе которой лежит биологическое окисление (аэробное/анаэробное). Данный процесс включает применение активного ила, который эффективно удаляет широкий спектр органических соединений, но в то же время создает биологическую опасность (патогенные формы микроорганизмов, гельминты, вирусы). Поэтому одним из финишных этапов в процессе биологической очистки сточных вод является их обеззараживание.

В настоящее время разработано множество различных методов обеззараживания воды, которые используются в процессах очистки сточных вод. В основном их можно разделить на два типа: физические и химические методы [1].

Химические (реагентные) методы очистки воды чаще всего основываются на применении сильных окислителей, которые при добавлении в воду способствуют инаktivации микроорганизмов и ингибированию их размножения [2]. В промышленности для дезинфекции сточной воды распространено применение таких реагентов, как хлор, гипохлорит натрия, диоксид хлора, персульфат, озон и пероксид водорода. К основным физическим (безреагентным) методам относятся: ультрафиолетовое излучение, ультразвуковое воздействие, термическое воздействие [3].

К сожалению, все перечисленные методы имеют ряд недостатков, что затрудняет их применение в промышленности. Хлорсодержащие соединения приводят к образованию вторичных токсичных соединений, а также характеризуются низкой стабильностью и вторичным засолением воды. Несмотря на высокие показатели обеззараживающей

способности озона, его применение связано с высокими энергозатратами и опасностью процесса, а также отсутствием пролонгированного эффекта. В случае ультрафиолетового излучения эффективность процесса во многом зависит от исходных характеристик обрабатываемой воды таких как цветность и мутность (прозрачность) [4]. Таким образом, применение УФ для дезинфекции вод с высоким содержанием взвешенных веществ, необходимы дополнительные стадии коагуляции.

Альтернативой широко используемым дезинфицирующим реагентам может стать феррат натрия. Феррат натрия - реагент, способный одновременно осуществлять коагуляцию, окисление и дезинфекцию, что делает его универсальным для большинства процессов водоочистки и водоподготовки [5]. В процессе обработки сточных вод ферратом натрия образуются малотоксичные соединения, так как при разложении феррат-аниона образуется гидроксид железа. Также феррат натрия практически не оказывает влияние на состав обрабатываемой воды и способен дезинфицировать в широком диапазоне pH.

Основной целью данного исследования являлось изучение обеззараживающей способности феррата натрия на примере культуры *Escherichia coli* (*E. coli*).

В качестве объекта оценки обеззараживающей способности феррата натрия была выбрана культура *E. coli* – грамотрицательные палочковидные бактерии. Данный вид микроорганизмов является комменсалом в микробиоте кишечника позвоночных, а также условно-патогенным микроорганизмом у млекопитающих и птиц. *E. coli* является преобладающей анаэробной бактерией в кишечнике человека. Ее распространенность составляет более 90% [6]. Широкая распространенность данной бактерии в стоках после биологической очистки, а также возможная патогенная активность *E. coli*, позволяет использовать данный вид в качестве индикатора биологического загрязнения воды.

Для проведения процесса инактивации готовили образцы модельной воды, содержащие 1% инокулята штамма микроорганизмов и водопроводной воды. Инокулят тест-штаммов выращивали при температуре (37 ± 1) °C в течение 24 часов в аэробных условиях на жидкой среде ТВ (Terrific Broth). В итоговой модельной воде содержание колониеобразующих единиц на 100 мл *E. coli* составило более 5000 КОЕ/100 мл.

В подготовленные модельные растворы вносили растворы феррата натрия в различных объемах для достижения массовых концентраций 0,5%, 1%, 1,5% и 2%. Аналогично для сравнения вводили растворы гидроксида натрия (базовый компонент феррата). Концентрации были выбраны на основе предварительных исследований, в которых показано, что применение растворов феррата натрия в данных концентрациях способно успешно ингибировать рост грамположительных бактерий *B. subtilis* и высших плесневелых грибов *A. niger* [7].

Полученные пробы выдерживали при комнатной температуре электромагнитной качалке КЭ-12-250Т, при 120 об/мин, в течение 60 минут, после чего проводили высев 10 мл пробы на твердую питательную среду XLD-агар с помощью мембранных фильтров в соответствии с методикой, представленной в ГОСТ 34786-2021.

Посевы проб на чашках Петри после проведения эксперимента инкубировали в термостате при температуре (37 ± 1) °C в течение 24 часов. После процесса инкубации проводился подсчет КОЕ/100 мл с целью определения остаточного содержания микроорганизмов. Оценкой эффективности обработки являлось снижение КОЕ бактерий.

На рисунках 1 и 2 представлены результаты обработки модельной воды растворами феррата натрия и гидроксида натрия, соответственно, в разном процентном соотношении. На рисунках также представлен пример пробы без обработки (фильтр, окрашенный в желтый цвет).

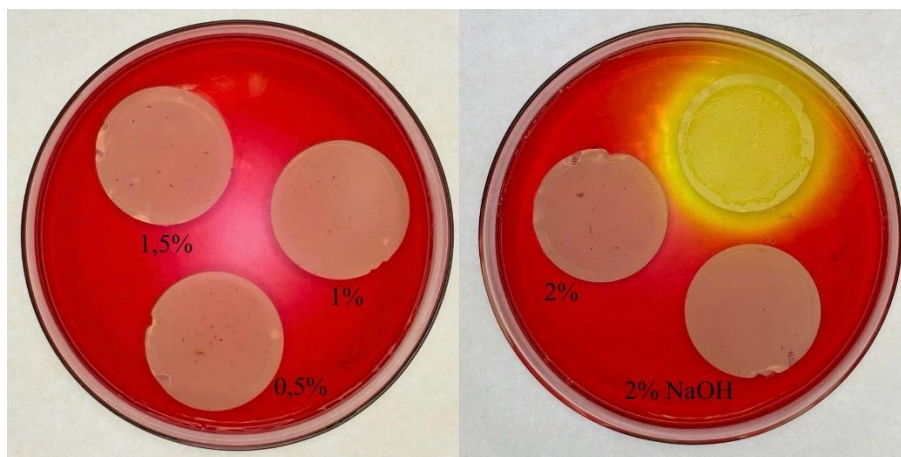


Рисунок 1. Чашки Петри с модельной водой, содержащей культуру *E. coli* через 24 часа после добавления растворов феррата натрия массовыми концентрациями 0,5-2% и гидроксида натрия (NaOH) 2%

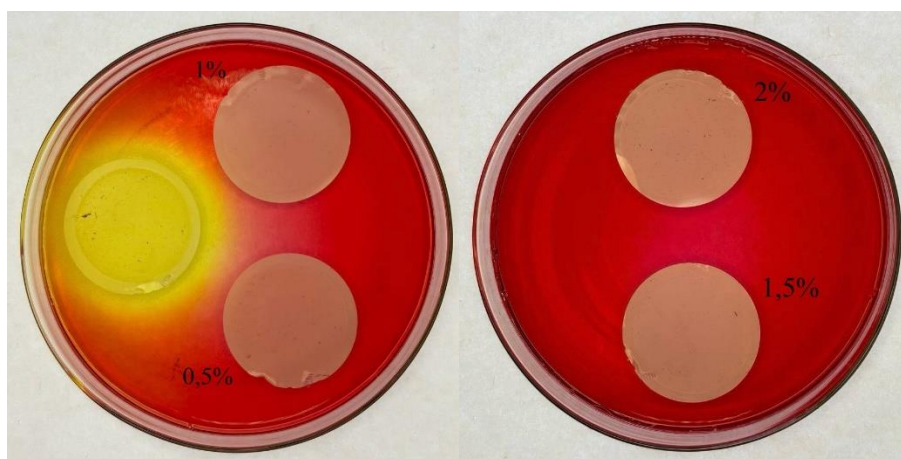


Рисунок 2. Чашки Петри с модельной водой, содержащей культуру *E. coli* через 24 часа после добавления растворов гидроксида натрия массовыми концентрациями 0,5-2 %

Согласно результатам проведенного эксперимента, после обработки модельной воды, содержащие культуры *E. coli*, раствором феррата натрия и гидроксида натрия в минимальном процентном соотношении наблюдается ингибирование роста культуры. Результаты экспериментов, представленные на рисунках 1–2, подтверждают отсутствие наблюдаемого роста культуры в случае обработки раствором феррата натрия и гидроксида натрия.

Выводы

Исходя из результатов, полученных в ходе эксперимента, можно сделать вывод о том, что применение щелочного раствора феррата натрия в качестве обеззараживающего агента в процессе очистки сточных вод способно полностью ингибировать рост *E. coli*. При этом стоит учесть, что во взятых объемах раствора основной эффект вносит гидроксид натрия. В дальнейшем планируется снижение дозы феррата натрия для оптимизации процесса обеззараживания.

Библиография

1. Лазарева Т. П., Макачук Г. В. Методы обеззараживания воды. Достоинства и недостатки // Актуальные проблемы военно-научных исследований. – 2020. – №. 7. – С. 471-476.
2. Liubushkin T.G., Kuzin E.N., Ivantsova N.A., Konkova T.V. Assessment of the possibility of using peroxodisulphuric acid in the treatment processes of wastewater containing synthetic dyes. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2025. V. 68. N 1. P. 120-126. DOI: 10.6060/ivkkt.20256801.7124.
3. Хохрякова Е. Современные методы обеззараживания воды. – Litres, 2022.
4. Иванцова Н.А. Специальные технологии очистки воды от органических экотоксикантов: учеб. пособие / Н.А. Иванцова, Е.Н. Кузин, Е.В. Костылева. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2022. – 120 с.
5. Sarantseva A. A, Ivantsova N. A, Kuzin E. N. Investigation of the Process of Oxidative Degradation of Phenol by Sodium Ferrate Solutions // Russian Journal of General Chemistry, 2023, Vol. 93, No. 13, pp. 3454–3459. DOI: 10.1134/S1070363223130273
6. Денамур Э. и др. Популяционная генетика патогенных кишечных палочек // Nature Reviews Microbiology. — 2021. — Т. 19. — №. 1. — С. 37-54.
7. Саранцева А. А., Астахов П. С., Кузин Е. Н. Исследование дезинфицирующей способности феррата натрия // Безопасность труда в промышленности. — 2024. — Т. 7. — С. 47–53.

**Сравнительная геоэкологическая оценка миграции элементов-поллютантов из
хвостохранилища Дарасунской ЗИФ**

Конарева Т.Г.* (ХФИЦ ИГД ДВО РАН, konar_tat@mail.ru)

Аннотация

В работе приведены данные о масштабах миграции элементов-поллютантов из хвостохранилища Дарасунской ЗИФ со стоками, вытекающими через основание ограждающей дамбы.

Показана возможность управления процессами миграции элементов из хвостохранилища Дарасунской ЗИФ с использованием развития в минеральной массе сбросной пульпы бактериального сообщества с нейтральным рН и продуцированием в ней окислителей сульфидных минералов (реакция Фентона) в минеральной массе дамбы.

Ключевые слова

Дарасунская ЗИФ, миграция, элементы-поллютанты, хвостохранилище, дамба, сбросная пульпа

Теория

Дарасунское золоторудное месторождение известно с 1856 года. Рудное золото из месторождения начали добывать еще в 20-х годах прошлого столетия. С 1934 года в составе рудника начала работать обогатительная фабрика.

На Дарасунской золотоизвлекательной фабрике перерабатываются руды трех месторождений – Дарасунского, Теремкинского и Талатуйского по флотационно-гидрометаллургической схеме (коллективная флотация – сорбционное цианирование тонкоизмельченного флотоконцентрата). В комплексе рудных минералов основная роль принадлежит сульфидам, среди которых преобладают пирит, арсенопирит и халькопирит. Золото в руде находится в самородном состоянии, а также в инкапсулированной и химически связанной форме, как в большинстве рудных, так и в некоторых нерудных минералах, в том числе: 35% - в арсенопирите, 25% - в пирите, 10% в халькопирите и пирротине, оставшиеся 30% в сфалерите, галените, блеклых рудах, кварце и халцедоне. Кроме золота, руды содержат ряд других полезных компонентов.

Серебро отмечается в самородном виде или в качестве изоморфной примеси в пирите и халькопирите. Размер выделений серебра 15-50 мкм. Среднее содержание в подсчитанных запасах 6,8 г/т. Извлекается попутно с золотом.

Минералы меди представлены преимущественно халькопиритом и борнитом, существенно реже проявлены кубанит и халькозин. Халькопирит встречается в виде мелких гнезд, вкрапленности и коротких прожилков. Содержание меди в рудах колеблется от 0,12 до 7,5% (в рудах Талатуйского месторождения). Медь извлекается попутно с золотом во флотоконцентраты (более 90%) низкого качества, независимо от исходного содержания в руде.

Висмут отмечается в самородном виде - в висмутине и теллури-висмутине. Самородный висмут редок, наблюдается в виде мелких выделений, размером не более 15-20 мкм в сростании с висмутином. Висмут в рудах находится в незначительных количествах, его содержание не превышает тысячных и сотых долей процента, и он попутно извлекается (40-50%) во флотоконцентрат. Содержание висмута в концентрате не превышает 0,04%.

Содержание серы в рудах колеблется от 1 до 20% в соответствии с содержанием сульфидов. Сера извлекается в промпродукт доводки и флотоконцентрат на 94%.

Содержание мышьяка в указанных рудах также колеблется в значительных пределах от сотых до 0,8%. При обогащении мышьяк на 70-80% переходит во флотоконцентрат, но является для золотосодержащих концентратов вредной примесью.

Дарасунская золотоизвлекательная фабрика расположена на промплощадке на окраине жилого поселка. Хвосты флотации и шламы обогатительной фабрики складироваются в виде сбросных пульп, соответственно, в хвостохранилище и шламоохранилище. Хвостохранилище состоит из первой и второй секций III очереди (соответственно площадью 122 и 200 тыс. м², вместимостью 1513 и 1235 тыс. м³), дамбы общей длиной 2230 м при ширине по верху 6 м и высоте до 10 м) с аварийными водосливами, подъездных грунтовых автодорог, станции оборотного водоснабжения, нагорной канавы.

Первая секция хвостохранилища ниже аварийного слива заполнена технологической водой после отстаивания пульпы в шламоохранилище для оборотного водоснабжения фабрики. Вторая часть хвостохранилища обводнена только в период паводков, при которых стоки неконтролируемо сбрасываются на рельеф и далее попадают в реку Дарасун. Шламоохранилище примыкает к действующему хвостохранилищу Дарасунской обогатительной фабрики (рис.1).



Рисунок 1. Карта шламоохранилища и хвостохранилища Дарасунской ЗИФ

Хвосты флотации Дарасунской ЗИФ представляют собой измельчённую минеральную массу и являются техногенными образованиями, содержащими остаточные, недоизвлеченные сульфидные минералы, которые в процессе хранения на открытом пространстве подвергаются изменениям под воздействием гипергенных процессов. В результате чего сульфидные минералы окисляются, продуцируя сернокислотную среду, а высвобожденные металлы и мышьяк мигрируют со сточными водами через дамбу.

При выполнении нами совместно с сотрудниками ЗабГУ и ЗабГК полевых работ, были выявлены утечки оборотной воды из первой секции хвостохранилища вдоль всей нижней части дамбы. Пробы воды были отобраны из первой секции хвостохранилища (секция 1) и ручьев, вытекающих из под дамбы хвостохранилища (фильтрат №1 и №2), и переданы на химический анализ для определения химических элементов-поллютантов, а также оценки

наличия бактериологического загрязнения. Также, были отобраны пробы для технологического опробования. Результаты анализов приведены в таблице 1 и 2.

Таблица 1. Содержание элементов в твердых пробах

Фракция:	Ag, г/т	Аи, г/т	Вi, г/т	Со, г/т	Ni, г/т	Sn, г/т	Cu, %	Al, %
+1	2,50	0,22	37,78	19,10	31,95	13,95	0,06	8,89
-1+0,15	1,10	0,01	16,14	20,71	46,90	3,50	0,02	7,18
-0,15+0,0	6,48	0,31	221,09	183,71	97,20	4,90	1,44	3,39
"взвесь"	6,56	0,13	244,50	92,20	76,40	5,90	1,38	6,19
Фракция:	As, %	Ba, %	Ca, %	Fe, %	K, %	Mg, %	Mn, %	P, %
+1	0,27	0,06	3,05	7,13	2,62	2,36	0,16	0,085
-1+0,15	0,24	0,046	3,37	7,88	1,77	1,85	0,17	0,084
-0,15+0,0	3,99	0,026	1,25	28,51	0,91	0,80	0,09	0,045
"взвесь"	2,33	0,051	1,56	15,69	1,88	1,50	0,10	0,076
Фракция:	Pb, %	Sb, %	Sr, %	Ti, %	V, %	Zn, %	S, %	Si, %
+1	0,022	0,006	0,018	0,604	0,015	0,028	13,70	16,08
-1+0,15	0,006	0,001	0,028	1,129	0,019	0,034	0,96	27,70
-0,15+0,0	0,280	0,173	0,015	0,678	0,013	0,271	23,12	12,35
"взвесь"	0,382	0,138	0,022	0,435	0,011	0,316	9,38	17,85

Таблица 2. Содержание элементов-поллютантов в водных пробах

Место отбора	Элементы, мг/дм ³						
	pH	Ag	As	Co	Cu	Fe	K
Секция 1	7,8	0,003	0,022	0,004	0,144	0,093	43,86
Фильтрат №1 через дамбу	5,4	0,003	0,103	0,074	0,464	5,714	73,21
Фильтрат №2 через дамбу	5,8	0,002	0,372	0,002	0,005	0,507	21,82
Место отбора	Mg	Mn	Ni	P	Pb	Sr	Zn
Секция 1	22,92	0,062	0,006	0,383	0,014	2,08	0,001
Фильтрат №1 через дамбу	52,48	14,19	0,011	17,32	0,007	2,20	0,038
Фильтрат №2 через дамбу	54,45	7,44	0,006	0,312	0,011	2,14	0,008

Визуальные наблюдения и анализ химического состава водных проб показали, что происходит формирование нескольких водных потоков приводящих к выносу загрязняющих окружающую среду элементов-поллютантов. При паводковых сбросах происходит загрязнение элементами, в основном мигрирующими в составе взвесей и «тонкой фракции» (фракция -0,15+0), а также элементами, находящимися в растворенном виде, в виде катионов и комплексных соединений. В основном, это железо, мышьяк, цинк, кобальт, никель, висмут, медь, сера, свинец и сурьма.

В засушливый период формируются фильтрационные потоки, проходящие сквозь основной массив дамбы и разгружающиеся вдоль ее основания. В некоторых из них проявлена микробиологическая составляющая (фильтрат №1) - пониженное pH (5,4), газовыделение, наличие водорослей, высокое содержание биофильных элементов, выщелачиваемых из минеральной массы дамбы – медь, железо, калий, марганец, фосфор, цинк. В других,

преимущественно проявлены элементы, высвобождаемые в результате окислительных процессов, катализируемых двухвалентным железом без участия бактерий (реакция Фентона).



Рисунок 2. Фото. Место соединения двух фильтрационных утечек

Выводы

Миграция загрязняющих окружающую среду элементов-поллютантов с хвостохранилища может происходить не только при паводковых сбросах в составе взвесей, и в растворенном виде, но и при участии микроорганизмов, а также при реализации реакции Фентона – в основе которой лежит механизм окислительно-восстановительной реакции.

Библиография

1. Конарева Т.Г. О возможности применения природоподобного процесса окисления техногенных образований в физико-химической геотехнологии. В сборнике: Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр. Материалы 6 конференции Международной научной школы академика РАН К.Н.Трубецкого, посвященная 300-летию Российской академии наук. Москва, 2024. С. 237-240.
2. Конарева Т.Г. Исследование процесса выщелачивания золота из сульфидных кеков Дарасунского рудника электроактивированными растворами. В сборнике: Современные проблемы комплексной и глубокой переработки природного и нетрадиционного минерального сырья (Плаксинские чтения – 2023). Материалы международной конференции. 2023. С. 407-409.
3. Конарева Т.Г. Доизвлечение дисперсного золота из кеков цианирования Дарасунского рудника активированными растворами. В сборнике: Современные проблемы комплексной и глубокой переработки 1 минерального сырья природного и техногенного происхождения (Плаксинские чтения – 2022). материалы международной конференции. 2022. С. 313-316.
4. Гурман М.А. Экологические аспекты вывода мышьяка // Ресурсосбережение и охрана окружающей среды при обогащении и переработке минерального сырья» (Плаксинские чтения – 2016) 26-30 сент. 2016., Санкт-Петербург: Материалы международной конференции. – Москва: АО «Издательский дом «Руда и Металлы» – 2016.– С. 498-500
5. Секисов А.Г., Филиппова Е.В., Конарева Т.Г. Способ утилизации сбросных пульп золоизвлекающих фабрик. Патент на изобретение RU 2627141 C1, 03.08.2017. Заявка № 2016138898 от 03.10.2016

Характеристика изменений влажности напочвенного растительного покрова в районе Бованенковского месторождения по данным со спутников Landsat

Корниенко С.Г. (Институт проблем нефти и газа РАН, spaceakm2@ogri.ru)

Аннотация

Впервые на примере полигона Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения (п-ов Ямал) с использованием температурно-вегетационного индекса WI (Wet Index), рассчитанного по данным со спутников Landsat, показана возможность оценки изменений влажности напочвенного растительного покрова (НРП), обусловленных потеплением климата и антропогенным воздействием. Выявленные различия многолетних изменений WI и состояния растительности на разных геоморфологических уровнях могут быть признаками разной реакции типов криогенного ландшафта на потепление климата. Приведены примеры аномальных локальных изменений индекса WI, связанных со строительством объектов, в том числе с образованием новых водоёмов, что подтверждает высокую информативность индекса WI как индикатора изменений влажности НРП тундровых зон.

Ключевые слова

Влажность, растительный покров, температурно-вегетационный индекс, тундра, Landsat

Источники финансирования

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Повышение эффективности и экологической безопасности освоения ресурсов углеводородов шельфа и сопредельной суши арктических и субарктических регионов России в условиях меняющегося климата».

Теория

К числу важнейших характеристик поверхности криогенных ландшафтов тундровых зон относится влажность напочвенного растительного покрова (НРП), изменение которой может привести к деградации или аградации мерзлоты, а также к развитию таких опасных криогенных процессов как термокарст, термоэрозия, подтопление, морозное пучение. В этой связи, для осваиваемых районов Арктики и Субарктики актуальны обновляемые картографические модели, характеризующие изменения влажности НРП, связанные со строительством и функционированием технических объектов, в том числе в условиях изменения климата. Известно, что по мере увеличения суммарной влажности во всем активном слое протаивания, его глубина уменьшается, однако по мере повышения содержания влаги в верхнем слое почвы, глубина слоя протаивания увеличивается [4]. Учитывая тот факт, что реакция компонентов ландшафта на потепление климата может идти с разной интенсивностью [1], интерес также представляют сведения о различиях в изменении характеристик поверхности разных типов ландшафта, в том числе изменении влажности НРП. Цель работы – на примере полигона Бованенковского месторождения с использованием данных со спутников Landsat охарактеризовать изменения влажности НРП тундровых зон, связанные с потеплением климата и антропогенным воздействием.

Территория полигона Бованенковского месторождения размерами 50 × 50 км расположена в центральной части полуострова Ямал и поделена на периферийные участки фоновой области (ФО) и район расположения технических объектов [3]. Территория относится к северным субарктическим тундрам со сплошным распространением

многолетнемёрзлых пород и подземными льдами различного происхождения. В геоморфологическом плане территория полигона приблизительно в равных долях делится на современные поймы рек и районы, включающие по мере повышения высотных отметок I, II, III террасы, IV (а) и IV (б) равнины. Растительный покров представлен лишайниково-моховыми, кустарничково-моховыми, травяно-моховыми фитоценозами мощностью от 2 до 15 см.

В работе использовались данные со спутников Landsat 5,7,8 за период с 1984 по 2023 гг. Оценка изменений влажности НПП проводилась с использованием температурно-вегетационного индекса WI [2], рассчитанного на основе вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) и температуры поверхности. Индекс WI характеризует влажность приповерхностного слоя, включающего НПП и субстраты до глубины проникновения суточных колебаний температуры, что вместе составляет первые десятки сантиметров. Дополнительно рассчитывался индекс NDWI (Normalized Difference Water Index), характеризующий содержание влаги на поверхности покрова, а также водный индекс MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index) для маскирования водных объектов и оценки изменений их площади. Для снижения влияния неинформативных факторов (сезонных вариаций, различий состояния атмосферы, метеорологических условий, калибровочных характеристик радиометров Landsat) применялась методика относительной радиометрической нормализации индексов WI, NDVI и NDWI для каждого года съёмки по ФО [3]. Оценка изменений суммарной площади водоемов (СПВ) по участкам анализа проводилась по отношению к СПВ всей фоновой области (СПВ_ф) на основе параметра $\beta = \text{СПВ}/\text{СПВ}_\text{ф}$.

На рис. 1 приведены графики, характеризующие многолетние тенденции изменения средних значений нормализованных индексов WI, NDWI, NDVI и β на различных геоморфологических уровнях ФО. Тенденции оценивались по знаку и величине коэффициента (a) при аргументе в уравнениях регрессии. Несмотря на относительно высокий разброс значений, для трендов индексов WI, NDWI, NDVI прослеживается практически идентичный характер изменений на разных геоморфологических уровнях (рис. 1 а, б, в). Для более низкой поймы отмечается заметное снижение по всем индексам ($a < 0$), для промежуточных по высоте I-II и III террас наклон трендов всех параметров ближе к нулю, а для более высоких IV (а) и IV (б) равнин отмечается заметное повышение индексов WI, NDWI, NDVI ($a > 0$). Схожие тенденции изменения индексов WI, NDWI и NDVI указывают на их взаимную связь, приуроченность к трансформациям НПП и могут служить подтверждением представлений о различной реакции типов криогенного ландшафта на потепление климата. Тенденции изменения параметра β (логарифмический масштаб ординаты) по всем геоморфологическим уровням, в основном близки к нулю (рис. 1 г) и не имеют каких-либо признаков связи с индексами WI, NDWI, NDVI.

Изменение влажности НПП за период с 2020 по 2023 гг., связанное со строительством объектов в пойменной части, проиллюстрировано фрагментами карт разности значений индексов ΔWI , ΔNDWI и ΔNDVI для одного из районов на южном своде месторождения (рис. 2). В данном случае распределения индексов 2020 года вычитались из распределений 2023 года. Приведённые на рис. 2 гистограммы разностей индексов построены для территории вне контуров технических объектов, поскольку интерес представляют трансформации ландшафта на участках явно незатронутых строительством. На фрагментах карт и гистограммах белым цветом обозначены области погрешностей нормализации индексов, соответствующие значениям двух среднеквадратических отклонений. Из рис. 2 видно, что основная часть технических объектов в этом районе была построена после 2020 г. На участках 1, 2, 3, 4 (рис. 2 а, б) рядом с техническими объектами отмечается аномальное повышение индексов WI и NDWI, что указывает на существенный рост влажности НПП, связанный именно со строительством.

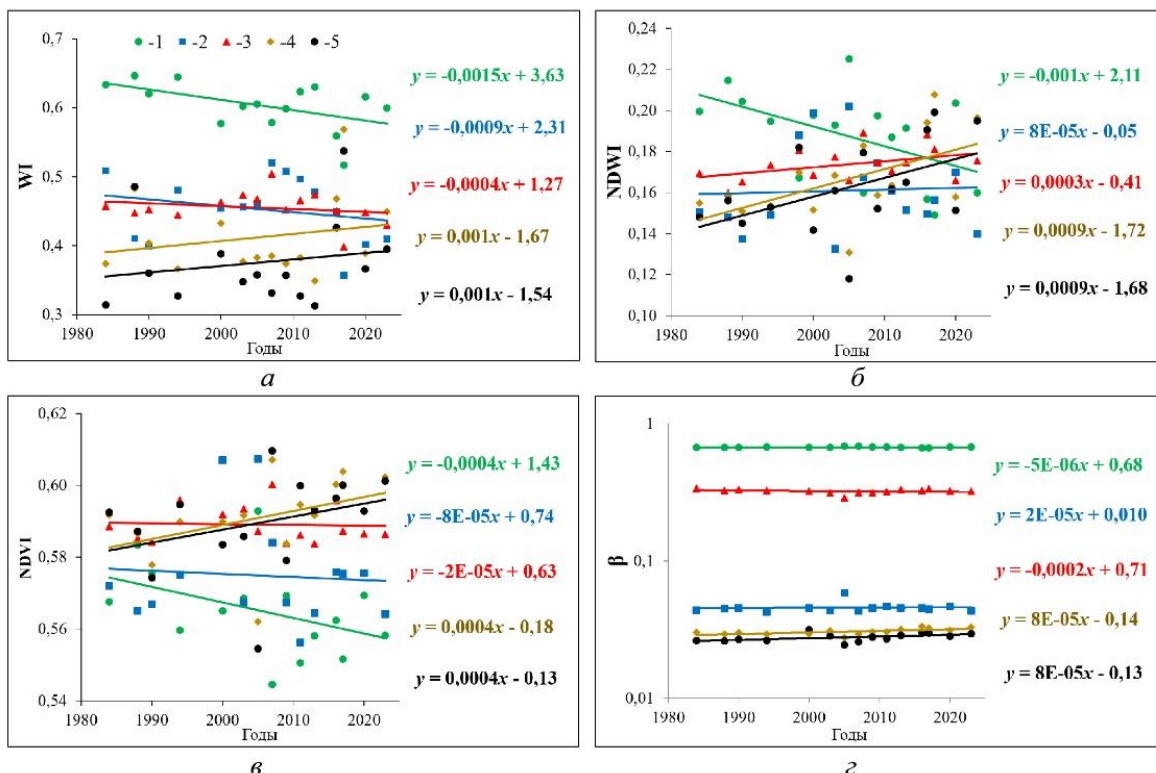


Рисунок 1. Многолетние тенденции изменения средних значений нормализованных индексов WI (а), NDWI (б), NDVI (в) и параметра β (г) на различных геоморфологических уровнях ФО. 1 – поймы рек; 2 – I-II террасы; 3 – III терраса; 4 – IV (а) равнина; 5 – IV (б) равнина

Повышение влажности здесь, скорее всего, обусловлено нарушением естественного поверхностного стока при строительстве, что в ряде случаев приводит к заболачиванию, подтоплениям, развитию термокарста и другим опасным криогенным процессам. Подтверждением может служить образование новых водных поверхностей (подтоплений) на участках 1, 2, 3, непосредственно примыкающих к построенным объектам. Повышение влажности почвы и грунта, как правило, приводит к активному росту растительности, что подтверждается повышением значений индекса NDVI, в данном случае на участках 1, 2 (рис. 2 в). Наряду с фактами повышения влажности НРП следует отметить случаи её уменьшения вблизи технических объектов, о чем в данном примере можно судить по снижению значений индексов WI, NDWI и NDVI на участке 5 рядом с объектом, построенным до 2020 года.

Выводы

В границах полигона Бованенковского месторождения выявленные различия многолетних изменений индексов WI, NDWI и NDVI на разных геоморфологических уровнях могут быть признаками разной реакции типов криогенного ландшафта на потепление климата. Схожие тенденции изменения индексов указывают на их взаимную связь и приуроченность к трансформациям НРП. Непосредственно после строительства технических объектов наблюдается аномальное локальное повышение влажности НРП с образованием новых водоемов, что указывает на высокую вероятность активизации опасных криогенных процессов.

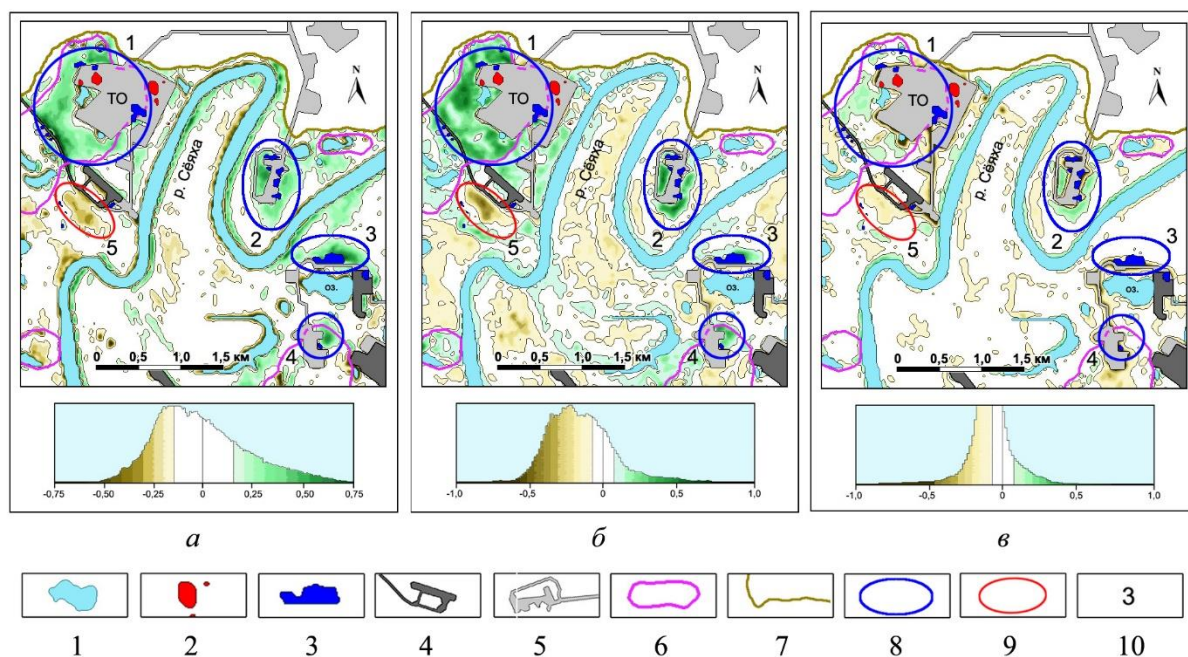


Рисунок 2. Фрагменты карт и гистограммы распределений, характеризующие изменение разности значений нормализованных индексов ΔWI (а), $\Delta NDWI$ (б) и $\Delta NDVI$ (в) за период с 2020 по 2023 гг. 1 – сохранившиеся водоёмы; 2 – исчезнувшие водоёмы; 3 – образовавшиеся водоёмы; 4 – технические объекты, построенные до 2020 г.; 5 – технические объекты, построенные после 2020 г.; 6 – контуры хасыреев (спущенных озёр); 7 – граница между поймой и террасой; 8 – участки аномального повышения индекса WI; 9 – участок аномального снижения индекса WI; 10 – номера участков аномального изменения индексов WI, NDWI и NDVI

Библиография

1. Анисимов О.А., Шерстюков А.Б. Оценка роли природно-климатических факторов в изменениях криолитозоны России // Криосфера Земли. 2016. Т. XX. №2. С.90–99.
2. Корниенко С.Г., Елсаков В.В. Оценка информативности температурно-вегетационного индекса как индикатора влажности почвенного растительного покрова тундровой зоны // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2024. Т. 21. № 3. С. 155–170.
3. Корниенко С.Г. Характеристика антропогенных трансформаций ландшафтов в районе Бованенковского месторождения по данным спутников Landsat // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 2. С. 106–129.
4. Clayton L.K., Schaefer K., Battaglia M.J. et al. Active layer thickness as a function of soil water content // Environ. Res. Lett. 2021. No. 16. 055028.

Применение пероксодисерной кислоты и персульфатов в Фентон-подобных процессах для очистки окрашенных сточных вод

***Любушкин Т.Г. (РХТУ им. Д.И. Менделеева, timlub2000@gmail.com),
Иванов А.А. (РХТУ им. Д.И. Менделеева, anton.blackwolfneo@gmail.com),
Мостовык П.Р. (РХТУ им. Д.И. Менделеева, pmostovik@mail.ru)***

Аннотация

В работе рассматривается возможность организации Фентон-подобного процесса с применением пероксодисерной кислоты ($\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$) и персульфата аммония $((\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8)$ в качестве окислительных реагентов. В качестве тестового загрязняющего вещества был использован синтетический краситель бромкрезоловый зеленый. Установлено, что добавка Fe^{2+} значительно увеличивает выход активных окислителей (персульфат-радикалов) и повышает эффективность обесцвечивания красителя. Максимальные степени обесцвечивания составили 90 и 88% для пероксодисерной кислоты и персульфата аммония соответственно.

Ключевые слова

Пероксодисерная кислота, персульфат аммония, Фентон-подобный процесс, бромкрезоловый зеленый

Теория

Очистка сточных вод, загрязненных устойчивыми к биологической деструкции органическими веществами, является сложной технологической задачей. Примерами подобных веществ могут быть синтетические красители, которые входят в состав сточных вод текстильных, лакокрасочных, типографических и других производств.

Существующие методы очистки, несмотря на возможность достижения высокой эффективности обладают рядом значительных ограничений. Так биологическое окисление требует значительного времени обработки или применения специфичных микробиологических культур [4], химическое окисление сопряжено с вторичным загрязнением сточных вод реагентами и продуктами распада загрязняющих веществ [3], при использовании адсорбционных технологий крайне важным становится вопрос регенерации поглотителей [9], коагуляция может значительно снижать концентрации загрязняющих веществ, но не может быть использована без дальнейшей доочистки [2].

Несовершенствами применяемых технологий обусловлено активное развитие методов продвинутого окисления (Advanced Oxidation Processes) [5, 8]. Согласно литературным данным AOPs позволяют окислять вещества, не поддающиеся биодеструкции, характеризуются минимальным вторичным загрязнением сточных вод в результате образования промежуточных продуктов окисления [11].

Крайне перспективным направлением развития AOPs являются окислительные процессы, основанные на действии сульфат-радикалов ($\text{SO}_4^{\cdot-}$). Особый интерес к этим методом обуславливается наиболее высоким среди применяемых свободных радикалов окислительным потенциалом [1]. Для получения сульфат-радикалов проводят разложение пероксодисерной кислоты ($\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$) или ее солей – персульфатов.

Для интенсификации процессов разложения реагента с образованием свободных радикалов применяют различные способы химического и физико-химического воздействия, среди которых стоит выделить нагревание, УФ-облучение, изменение pH среды, ультразвук, а также добавление переходных металлов.

Инициация генерации свободных радикалов с помощью переходных металлов представляет наибольший интерес, так как данный метод характеризуется минимальными

энергозатратами. Одним из самых популярных АОР является процесс Фентона [10], в котором для разложения пероксида водорода (H_2O_2) используются растворы двухвалентного железа (Fe^{2+}). Так как $H_2S_2O_8$ тоже является пероксоединением выдвинуто предположение о возможности организации Фентон-подобного процесса для генерации свободных радикалов.

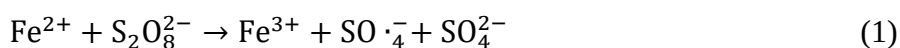
Основной целью данного исследования является изучение влияния добавки двухвалентного железа на эффективность окислительной деструкции модельного загрязняющего вещества.

Материалы и методы исследования

Для проведения экспериментов были использованы персульфат аммония $((NH_4)_2S_2O_8)$ и образцы пероксодисерной кислоты, полученные электрохимическим окислением серной кислоты в РХТУ им. Д.И. Менделеева [1]. Дозу окислителей варьировали в диапазоне 2,5-10 мг/мг загрязняющего вещества (далее мг/мг).

В качестве модельного загрязняющего вещества был выбран синтетический краситель – бромкрезоловый зеленый. Начальная концентрация красителя составляла 3 мг/дм³. Определение концентрации красителя проводили прямым фотометрическим методом с использованием ЗОМС КФК-3-01.

Двухвалентное железо в реакционную смесь вносили в виде раствора, для его приготовления использовали сульфат железа ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$). Дозу Fe^{2+} варьировали в диапазоне от 0 до 6,67 мг/мг загрязняющего вещества. Согласно литературным данным, образование сульфат-радикалов при взаимодействии персульфат-аниона с Fe^{2+} объясняется явлением переноса электронов и описывается уравнениями 1 и 2 [10].



Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследования было изучено окисление бромкрезолового зеленого индивидуально пероксодисерной кислотой и персульфатом аммония. Результаты представлены на рисунке 1.

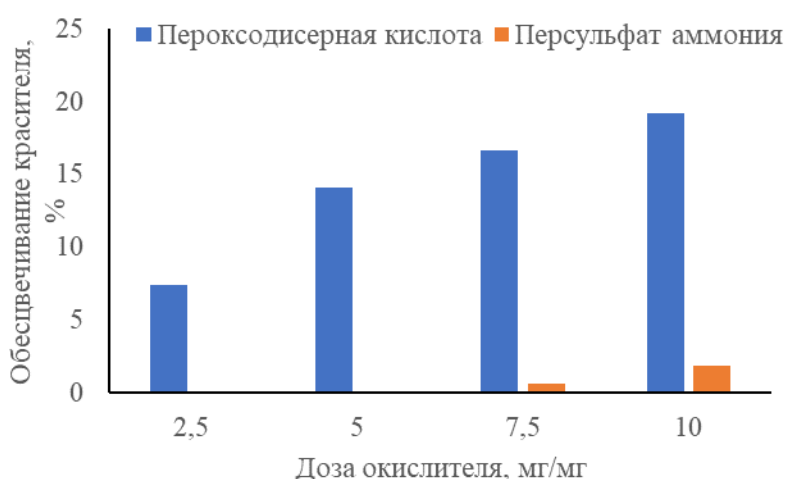


Рисунок 6. Окисление бромкрезолового зеленого пероксодисерной кислотой и персульфатом аммония

Из представленных на рисунке 1 данных видно, что эффективность обесцвечивания красителя индивидуальными реагентами растет с увеличением дозы окислителя. Максимальные эффективности были достигнуты при использовании дозы 10 мг/мг красителя для $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$ и $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ и составили 19 и 2% соответственно. Большая эффективность обесцвечивания бромкрезолового зеленого пероксодисерной кислотой вероятнее всего объясняется значительным закислением среды ($\text{pH}=2$), в таких условиях краситель находится в неионизированной форме и более подвержен окислению, чем в нейтральных и щелочных средах [7].

На втором этапе исследования было изучено окисление бромкрезолового зеленого пероксодисерной кислотой и персульфатом аммония в присутствии инициатора – сульфата железа Fe^{2+} . Для обоих окислителей были использованы дозы окислителя 10 мг/мг. Данные приведены на рисунке 2.

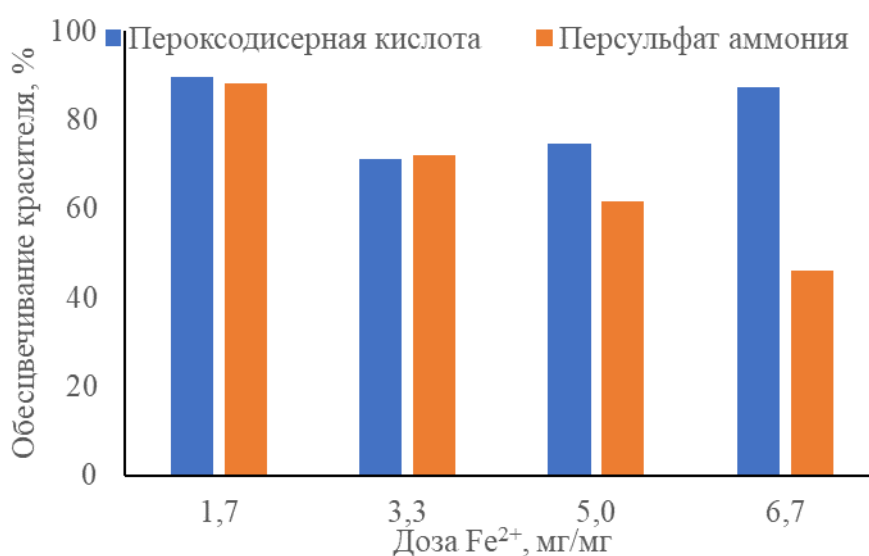


Рисунок 7. Влияние железа (II) на обесцвечивание бромкрезолового зеленого

Как видно из данных рисунка 2 в присутствии соединений железа (II) эффективность обесцвечивания бромкрезолового зеленого персульфат-радикалом значительно возрастает. Максимальные степени обесцвечивания составили 90 и 88% для пероксодисерной кислоты и персульфата аммония соответственно и были достигнуты при дозе Fe^{2+} 1,67 мг/мг загрязняющего вещества. Снижение эффективности обесцвечивания, наблюдаемое при увеличении дозы железа, вероятнее всего связано с расходом сульфат-радикалов (уравнение 2) и персульфат-анионов на окисление Fe^{2+} . Меньшее влияние железа (II) при использовании в качестве окислителя пероксодисерной кислоты также обусловлено закислением среды и увеличением растворимости соли.

Выводы

Проведенное исследование показывает, что внесение Fe^{2+} в реакционную систему значительно увеличивает эффективность обесцвечивания бромкрезолового зеленого пероксодисерной кислотой или персульфатом аммония. При использовании оптимальной дозы окислителя (10 мг/мг) и железа (II) (1,67 мг/мг) эффективность обесцвечивания возрастает на 71 и 86% для пероксодисерной кислоты и персульфата аммония соответственно. Увеличение степени обесцвечивания объясняется распадом персульфат-анионов с образованием сульфат-радикалов.

Результаты эксперимента позволяют сделать вывод, что рН является крайне важным параметром среды, влияющим на окисление. Эффективность обесцвечивания бромкрезолового зеленого может быть увеличена путем определения и поддержания оптимального рН, что может стать развитием темы.

Благодарности

Авторы выражают благодарность научному руководителю, к.т.н., доценту кафедры промышленной экологии РХТУ им. Д. И. Менделеева – Кузину Евгению Николаевичу.

Библиография

1. Любушкин Т.Г. и др. Оценка возможности использования пероксодисерной кислоты в процессах очистки сточных вод, содержащих синтетические красители // Известия Высших Учебных Заведений. Серия «Химия и химическая технология». – 2025. – Т. 68. – №. 1. – С. 120-126.
2. Kabanov M. A. et al. Evaluation of the influence of drug complex formation on the efficiency of water conditioning with reagents for tetracycline //Pharmaceutical Chemistry Journal. – 2022. – V. 55. – N. 11. – P. 1245-1249.
3. Kishor R. et al. Ecotoxicological and health concerns of persistent coloring pollutants of textile industry wastewater and treatment approaches for environmental safety //Journal of Environmental Chemical Engineering. – 2021. – V. 9. – N. 2. – P. 105012.
4. Kusumlata et al. Sustainable Solutions: Reviewing the Future of Textile Dye Contaminant Removal with Emerging Biological Treatments //Limnological Review. – 2024. – V. 24. – N. 2. – P. 126-149.
5. Kuznetsov V. V. et al. Study of the Process of Electrochemical Oxidation of Active Pharmaceutical Substances on the Example of Nitrofurazone ((2 E)-2-[(5-Nitro-2-furyl) methylene] hydrazine Carboxamide) //Water. – 2023. – V. 15. – N. 19. – P. 3370.
6. Ma Y. et al. Comparative study of Fe²⁺/H₂O₂ and Fe²⁺/persulfate systems on the pre-treatment process of real pharmaceutical wastewater //Water Science & Technology. – 2024. – V. 89. – N. 3. – P. 811-822.
7. Naz K. et al. Photochemical degradation of bromocresol green dye by UV/Co²⁺ process via activation of peroxymonosulfate: a mechanistic approach //Water Practice & Technology. – 2024. – V. 19. – N. 3. – P. 1003-1015.
8. Sarantseva A. A., Ivantsova N. A., Kuzin E. N. Investigation of the Process of Oxidative Degradation of Phenol by Sodium Ferrate Solutions //Russian Journal of General Chemistry. – 2023. – V. 93. – N. 13. – P. 3454-3459.
9. Soltani A., Faramarzi M., Mousavi Parsa S. A. A review on adsorbent parameters for removal of dye products from industrial wastewater //Water Quality Research Journal. – 2021. – V. 56. – N. 4. – P. 181-193.
10. Vetrova M. A., Ivantsova N. A., Karataeva P. R. Kinetics of Photooxidation of Dihydric Phenols in the Presence of Hydrogen Peroxide and Potassium Persulfate //Russian Journal of Applied Chemistry. – 2024. – V. 97. – N. 4. – P. 441-447.
11. Yeoh J. X. et al. Comparison between conventional treatment processes and advanced oxidation processes in treating slaughterhouse wastewater: a review //Water. – 2022. – V. 14. – N. 22. – P. 3778.

Структура травяно-кустарничкового яруса в насаждениях дуба монгольского (*Quercus mongolica* Fisch. Ex Ledeb.) в национальном парке «Земля леопарда»

**Меняева В.А.* (МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, vmenyayeva@bk.ru),
Лежнев Д.В. (Институт лесоведения РАН, lezhnev.daniil@yandex.ru)**

Аннотация

В статье рассмотрена структура травяно-кустарничкового яруса в дубовых лесах на территории национального парка «Земля леопарда». Объектами исследования стали 4 пробные площади, в насаждениях главной породой является дуб монгольский (*Quercus mongolica* Fisch. Ex Ledeb.). По результатам проведенного исследования зарегистрировано 28 видов сосудистых растений из 18 семейств. Определено общее проективное покрытие травянистой растительности в процентах. Рассчитан индекс разнообразия Шеннона и определено сходство растительных сообществ с использованием коэффициента Жаккара.

Ключевые слова

Quercus mongolica, живой напочвенный покров, флористический состав, национальный парк «Земля леопарда», Дальний Восток

Введение

Национальный парк «Земля леопарда» и заповедник «Кедровая падь» объединили в Федеральное государственное бюджетное учреждение «Земля леопарда», расположенное в юго-западной части Приморского края, простирающееся от побережья Амурского залива до границы Российской Федерации и Китайской Народной Республики на юге [8].

Лесные экосистемы парка выполняют важные средообразующие, санитарно-гигиенические и оздоровительные функции, улучшают климат и очищают воздух. Значительную часть лесов занимают дубравы, которые имеют разнообразный состав древостоя и обладают большим видовым многообразием в нижних ярусах. Благодаря меньшему воздействию и незначительной антропогенной нагрузке обеспечивается сохранность местных видов сосудистых растений [1, 10].

В лесах непрерывно протекает процесс формирования насаждений, связанный и зависящий от комплекса факторов. Важным показателем, характеризующим состояние лесной формации, является – травяно-кустарничковый ярус (ТКЯ) [2, 5].

Состояние растительного покрова дает важную оценку способности насаждения восстанавливаться. Живой напочвенный покров является индикатором степени рекреационного лесопользования и принимает участие в биологическом круговороте веществ [3]. Вместе с тем покров имеет важную роль в оценке экологического состояния лесных экосистем [4, 6].

Целью данного исследования стало изучение видового состава и структуры травяно-кустарничкового яруса в дубовых лесах национального парка «Земля леопарда». Для этого были поставлены следующие задачи: определить флористический состав, проективное покрытие и обилие живого напочвенного покрова; оценить биоразнообразие с использованием индекса разнообразия Шеннона; установить сходство и различие между изучаемыми растительными сообществами с использованием коэффициента Жаккара.

Материал и методы исследования

Объектом исследования стали 4 пробные площади (ПП), заложенные на территории национального парка «Земля леопарда». ПП-1 (N 43.17745°, E 131.49013°), ПП-2 (N 43.17940°,

Е 131.48990°) и ПП-3 (N 43.179294°, E 131.491988°) заложены по маршруту экотропы в НП, ПП-4 (N 43.37110°, E 131.64225°) на территории «Кравцовских водопадов».

Объекты исследования заложены в насаждениях с однородными лесорастительными условиями, площадь каждой ПП составляет 0,1 га. В составе насаждений преобладает дуб монгольский, относительная полнота 0,7–1,0; тип лесорастительных условий – D₂; тип леса – дубрава свежая; класс бонитета – I-Ia. Основные таксационные показатели участков отражены в таблице 1.

Таблица 1. Таксационная характеристика изучаемых пробных площадей

№ ПП	Ярус	Состав	А, лет	Среднее значение		Густота, шт./га	Запас, м³/га
				Высота, м	Диаметр, см		
Национальный парк «Земля леопарда»							
ПП-1	I	7ДЗБ+Ор	55	21,4	30,9	350	205
	II	7Д2Ор1Б	-	16,6	22,4		
ПП-2	I	6Д4Б	50	20,4	26,1	850	305
	II	6ДЗБ1Кл	-	15,6	21,7		
ПП-3	I	9Д1Ор	50	19,1	31,1	380	202
	II	10Б	-	15,9	21,4		
ПП-4	I	6ДЗЛп1Бх	65	23,5	47,0	510	169
	II	5Кл4Ор1Л II	-	12,2	12,8		

Примечание: Д – Дуб монгольский (*Quercus mongolica* Fisch. Ex Ledeb.), Б – Береза плосколистная (*Betula platyphylla* Sukaczev), Ор – Орех маньчжурский (*Juglans mandshurica* Maxim.), Кл – Клен ложнозибольдов (*Acer pseudosieboldianum* (Pax) Kom.), Бх – Бархат амурский (*Phellodendron amurense* Rupr.), Лп – Липа амурская (*Tilia amurensis* Rupr.)

Названия травянистых видов определяли по сводке по сводке В.А. Недолужко и др. [9]. Определено общее проективное покрытие (ОПП) и каждого вида ТКЯ в процентах. Изучено видовое разнообразие для чего на исследуемых объектах был рассчитан индекс разнообразия Шеннона и коэффициент сходства растительных сообществ Жаккара (K_j) [7, 11].

Результаты и обсуждение

Видовой состав и общее проективное покрытие живого напочвенного покрова в дубовых лесах национального парка «Земля леопарда» отражен в таблице 2.

Таблица 2. Флористический состав травяно-кустарничкового яруса

Название вида	ПП-1 ОПП- 70%	ПП-2 ОПП- 60%	ПП-3 ОПП- 80%	ПП-4 ОПП- 70%	Число ПП, где присутствует вид
<i>Adiantum pedatum</i>	-	-	10	10	2
<i>Asarum sieboldii</i>	-	5	-	10	2
<i>Serratula coronata</i>	15	-	-	-	1
<i>Arctium lappa</i>	<1	-	-	-	1
<i>Solidago canadensis</i>	5	-	-	3	2
<i>Tanacetum vulgare</i>	<1	-	-	-	1
<i>Celastrus flagellaris</i>	-	1	-	-	1

Название вида	ПП-1 ОПП- 70%	ПП-2 ОПП- 60%	ПП-3 ОПП- 80%	ПП-4 ОПП- 70%	Число ПП, где присутствует вид
<i>Smilacina hirta</i>	-	5	-	3	2
<i>Carex sordida</i>	3	5	15	10	4
<i>Dryopteris crassirhizoma</i>	10	-	-	5	2
<i>Dryopteris fragrans</i>	-	30	15	30	3
<i>Dryopteris sichotensis</i>	-	-	5	-	1
<i>Crepidomanes minutum</i>	-	5	-	3	2
<i>Lycopus europaeus</i>	10	-	-	10	2
<i>Perilla frutescens</i>	3	-	5	-	2
<i>Cephalanthera longibracteata</i>	3	-	-	-	1
<i>Tainia minor</i>	-	15	-	-	1
<i>Osmundastrum asiaticum</i>	-	5	-	-	1
<i>Spodiopogon sibiricus</i>	10	-	5	<1	3
<i>Lepisorus ussuriensis</i>	-	3	-	-	1
<i>Clematis viticella</i>	15	-	-	-	1
<i>Anemone caroliniana</i>	5	-	-	3	2
<i>Thalictrum contortum</i>	-	10	-	3	2
<i>Rubus crataegifolius</i>	10	-	-	-	1
<i>Duchesnea indica</i>	-	-	15	-	1
<i>Galium davuricum</i>	-	10	-	-	1
<i>Viola acuminata</i>	-	-	10	5	2
<i>Matteuccia struthiopteris</i>	-	5	5	3	3
Всего видов: 28	13	12	9	14	

На объектах исследования зарегистрировано 28 видов растительности, относящиеся к 26 родам и 18 семействам. Количество растений на ПП варьирует от 9 до 14. Наиболее представленные семейства: *Asteraceae* – 14,3 %, *Ranunculaceae* и *Dryopteridaceae* по 10,7 %, остальные занимают менее 7 %. На всех пробах встречается *Carex sordida*. ОПП живого напочвенного покрова варьирует в диапазоне от 60 до 80%, в среднем составляет 70±4,1%, что является признаком хорошо развитого покрова. Обилие видов варьирует от 1 до 30%. Индекс разнообразия Шеннона: ПП-1 – 1,044; ПП-2 – 0,942; ПП-3 – 0,896; ПП-4 – 0,987, в среднем индекс равен 0,967, что говорит о высоком разнообразии видов.

Для изучения растительных сообществ определяли коэффициент сходства и различий растительных сообществ Жаккара (табл. 3).

Таблица 3. Коэффициент сходства растительных сообществ Жаккара

	ПП-1	ПП-2	ПП-3	ПП-4
ПП-1	–	0,04	0,16	0,29
ПП-2	0,04	–	0,17	0,37
ПП-3	0,16	0,17	–	0,28
ПП-4	0,29	0,37	0,28	–

Самый низкий показатель между ПП-1 и ПП-2 ($K_j=0,04$), самый высокий показатель у ПП-2 и ПП-4 ($K_j=0,37$), что говорит о низком сходстве растительных ассоциаций, связанное с

различными условиями произрастания и экспозиции на горе Бусленке, пробы расположены на вершине и на западном склоне.

Выводы

В ходе исследования в травяно-кустарничковом ярусе было обнаружено 28 видов растительности, относящихся к 26 родам и 18 семействам. Общее проективное покрытие в среднем составляет $70 \pm 4,1\%$, что является признаком хорошо развитого покрова.

Значение коэффициента сходства Жаккара (K_j) варьирует от 0,04 (ПП-1 и ПП-2) до 0,37 (ПП-2 и ПП-4), что свидетельствует о низком сходстве исследуемых объектов и различной экспозиции объектов исследования. Индекс разнообразия Шеннона на объектах исследования примерно равен 1, что указывает на высокое флористическое разнообразие изучаемых лесных экосистем.

Библиография

1. Алексеенко А. Ю. Дубовые леса Дальнего Востока России: динамика и перспективы их использования // Аграрный вестник Приморья. 2016. № 1(1). С. 5-7.
2. Глазунов Ю. Б., Полякова Г. А., Коротков С. А., Лежнев Д. В. Естественное возобновление на вырубках в Серебряноборском опытном лесничестве // Сибирский лесной журнал. – 2024. – № 2. – С. 74-83.
3. Киселева И. В., Пуртова Л. Н., Полохин О. В. Особенности формирования почвенного и растительного покрова при самозарастании и рекультивации техногенных ландшафтов юга Дальнего Востока России – Владивосток. 2023. – 106 с.
4. Коротков С. А., Лежнев Д. В., Фейзрахманов А. Р. Индикационная роль живого напочвенного покрова сосновых лесов в урбанизированной среде // Рекреационная нагрузка на городскую экосистему. 2024. – С. 150-158.
5. Лежнев Д. В. Видовой состав и структура живого напочвенного покрова в сосновых фитоценозах лесной опытной дачи тимирязевской академии // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева. 2023. – С. 59-63.
6. Лежнев Д. В., Меняева В. А. Живой напочвенный покров сосновых фитоценозов Яузского лесопарка "Лосиног острова" // Проблемы озеленения крупных городов. – Москва: ООО "МК-ИНТЕРТРЕЙД", ООО "ИНТЕК". 2023. С. 113-118.
7. Лежнев Д. В., Меняева В. А. Эколого-фитоценотический анализ травяно-кустарничкового яруса в сосновых лесах национального парка «Лосиный остров» // Природоподобные растительные сообщества в городе: от теории к практике. – Москва: ООО "Эксперт-Печать". 2024. С. 52-56.
8. Маслова И. В., Коркишко Р. И. Заповедник "Кедровая Падь" (1916-2016) // Биота и среда заповедников Дальнего Востока. 2017. № 1. С. 19-66.
9. Недолужко В.А. [и др.] Сосудистые растения Ботанического сада-института ДВО РАН: каталог / Владивосток: Дальнаука, 2001. 262 с.
10. Сомова Е. Г., Сазыкин А. М. Оценка потенциальной устойчивости ландшафтов национального парка "Земля леопарда" и заповедника "Кедровая падь" к рекреационным нагрузкам // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7, № 1(22). С. 116-123.
11. Уланова Н.Г., Жмылев П.Ю., Емуслаева Т.Г., Федосов В.Э. Методы анализа флористического состава и функционального разнообразия растительных сообществ : учеб. пособие. / Москва : МАКС Пресс, 2023. 137 с.

Влияние ионов железа (II) и температуры на эффективность озонирования синтетических красителей на примере родамина С

Мостовык П.Р.* (РХТУ им. Д. И. Менделеева, pmostovik@mai.ru)

Аннотация

В рамках работы была проведена оценка влияния ионов железа (II) и температуры на эффективность озонирования сточных вод, загрязненных синтетическими красителями. В качестве модельного загрязняющего вещества был использован родамин С ($C_{28}H_{31}ClN_2O_3$). В ходе исследования установлено, что обесцвечивание модельных растворов родамина С при расходе озона 5 л/мин и концентрации озона в воздушной смеси 20 мг/л в течение 1 минуты оставляет 91,9%. Для повышения эффективности озонирования применялся раствор двухвалентного железа (Fe^{2+}) и повышение температуры. Оптимальная доза катализатора необходимая для максимальной степени деструкции 99,6% составила 1,7 мг/мг красителя. Оптимальная температура сточной воды при озонировании 50°C, степень окисления красителя 99,6%.

Ключевые слова

Синтетические красители, озонирование, сточные воды

Теория

Синтетические красители находят широкое применение в различных отраслях промышленности, включая текстильную, пищевую, косметическую, целлюлозно-бумажную, лакокрасочную и фармацевтическую. Масштабы их производства растут с каждым годом [10], что приводит к возрастанию объемов сточных вод, образующихся в результате таких технологических процессов, как крашение, промывка оборудования, очистка емкостей и трубопроводов. Сточные воды, загрязненные красителями, обладают значительной цветностью и высоким химическим потреблением кислорода (ХПК), могут характеризоваться выраженными кислотными или щелочными условиями среды и повышенной температурой. Загрязнение водоемов синтетическими красителями провоцирует снижение концентрации растворенного кислорода, препятствует проникновению солнечного света, что оказывает неблагоприятное воздействие на водную флору и фауну [4]. В процессе взаимодействия с водной средой, синтетические красители способны образовывать токсичные метаболиты. Совокупность всех этих факторов ведет к значительному ухудшению качества воды, нарушению гомеостаза экосистем и снижению биоразнообразия [3].

Очистку сточных вод от красителей проводят физико-химическими, физическими, биологическими и химическими методами. К физико-химическим методам относится коагуляция, но этот метод эффективен для высоких концентраций красителей и может быть использован в качестве предварительного этапа очистки [6]. Другие методы, такие как мембранные процессы, адсорбция достаточно эффективны, но дорогостоящи, например, мембранные процессы требуют высоких энергетических затрат. Ионный обмен не получил широкого распространения из-за избирательности действия, он может быть использован только для анионных или катионных красителей. Биологические методы не могут быть в полной мере использованы для удаления красителей из-за их токсичности. Одним из самых распространенных и эффективных методов является химическое окисление. Традиционными окислителями являются перекись водорода, хлорсодержащие реагенты и озон.

Озон обладает выраженными окислительными свойствами и широко применяется для очистки сточных вод и их дезинфекции. Процесс окисления загрязняющих веществ может происходить как под воздействием непосредственно растворённого озона, так и образуемых гидроксил-радикалов ($\bullet\text{OH}$).

Гидроксил-радикалы отличаются более высокой реакционной способностью по сравнению с молекулярным озоном, что делает их особенно эффективными для решения задач разрушения сложных органических соединений [9]. Окисление, основанное на действии свободных радикалов, характеризуется большей степенью минерализации загрязняющих веществ и меньшим вторичным загрязнением очищенной воды полупродуктами окисления [7,8].

Для увеличения эффективности окисления используют различные методы активации разложения окислителей с образованием свободных радикалов. Активацию распада озона проводят разными методами, например, образование радикалов провоцирует воздействие ультрафиолетового излучения, взаимодействие с переходными металлами и гетерогенный катализ. Также эффективность озонирования увеличивается в присутствии пероксида водорода, который является инициатором разложения озона.

Основной целью данной работы является изучение процесса озонирования сточных вод, содержащих синтетические красители в присутствии соединений железа или при повышенной температуре.

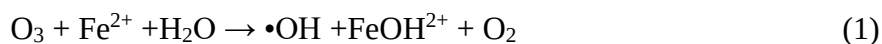
Материалы и методы исследования

Эксперимент проводили с использованием модельной сточной воды. В качестве модельного загрязняющего вещества был использован распространенный в текстильной и косметической промышленности синтетический краситель – родамин С ($\text{C}_{28}\text{H}_{31}\text{ClN}_2\text{O}_3$). Концентрация поллютанта составляла 3 мг/дм³.

Для генерации озона был использован озонатор VOSOCO, модель AZ-1G-G. Окисление проводилось при расходе озона 5 л/мин в течение 1 минуты, концентрация окислителя в озон-воздушной смеси 20 мг/л. Объем модельной сточной воды для озонирования составил 50 мл. Эффективность окисления родамина С определялась исходя из начальной и конечной концентраций, измерения которых проводили с помощью фотометрического метода на приборе ЗОМС КФК 3–01 (Россия).

Согласно литературным данным, эффективность озонирования можно увеличить с помощью гомогенных катализаторов. Многие ионы переходных металлов, такие как кобальт (II), никель (II), медь (II), железо (II), марганец (II) усиливают деградацию загрязняющих веществ благодаря активации распада окислителя с образованием свободных радикалов, однако применение солей тяжелых металлов приводит к необходимости их выделения из обрабатываемой воды.

В данном исследовании вследствие активного применения в процессе Фентона и относительной экологической безопасности использовали раствор железа (II) [2]. Для определения оптимальной дозы катализатора его добавка варьировалась от 0 до 6,7 мг/мг загрязняющего вещества (далее мг/мг). При реакции озона и Fe^{2+} металла образуются дополнительные гидроксильные радикалы, которые обеспечивают увеличение эффективности окисления (реакция 1) [5].



Помимо исследования влияния железа (II), было изучено влияние температуры на процесс озонирования, так как окрашенные сточные воды часто характеризуются повышенной температурой.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследования было изучено обесцвечивание родамина С озоном в присутствии железа (II). Результаты представлены на рисунке 1.

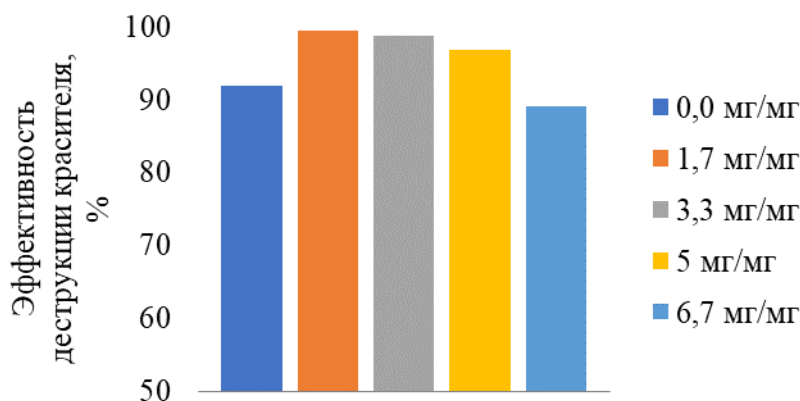


Рисунок 1. Эффективность удаления родамина С из модельного раствора с помощью озонирования при различных дозах ионов железа (II)

Из представленных данных видно, что максимальное удаление красителя из модельного раствора составляет 99,6 % и достигается при дозе ионов железа (II) 1,7 мг/мг. Дальнейшее увеличение дозы двухвалентного железа снижает эффективность. Данный эффект может быть объяснён протеканием побочных процессов между гидроксил-радикалами и Fe^{2+} [1].

На втором этапе исследования было изучено влияние температуры на окисление родамина С озоном. Результаты представлены на рисунке 2.

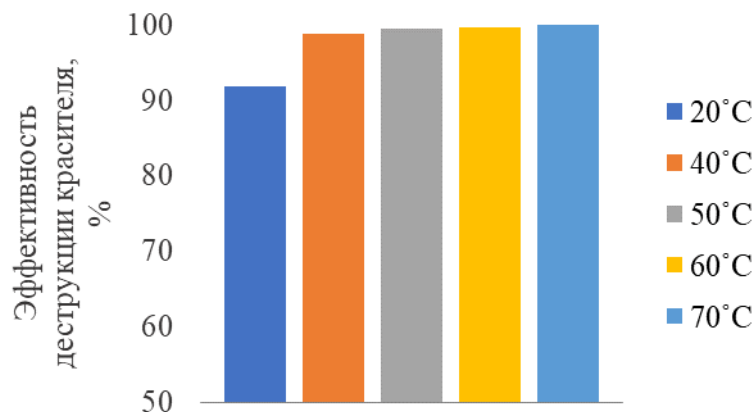


Рисунок 2. Эффективность удаления родамина С из модельного раствора с помощью озонирования при различных температурах

Представленные на диаграмме 1 данные демонстрируют, что повышение температуры увеличивает эффективность окисления красителя. При температуре 70°C степень окисления максимальна и достигает 99,9%. Оптимальной температурой сточной воды, содержащей родамин С, является 50°C, при которой степень окисления красителя 99,6%. После увеличения температуры выше 50°C эффективность меняется незначительно, дальнейший нагрев экономически невыгоден.

Выводы

Результаты исследования показывают, что каталитическое озонирование повышает эффективность очистки сточных вод, загрязненных синтетическими красителями. Увеличение эффективности обесцвечивание родамина С позволяет выдвинуть предположение о возможности утилизации избыточной тепловой энергии сточных вод фармацевтической, нефтеперерабатывающей, текстильной, типографической, косметической промышленности для повышения степени их очистки с помощью озонирования.

Дальнейшее изучение окислительных процессов на основе озона и определение оптимальных параметров проведения процесса может повысить эффективность методы и расширить сферу его применения в водоочистке.

Благодарности

Автор выражает благодарность научному руководителю, к.т.н., доценту кафедры промышленной экологии РХТУ им. Д. И. Менделеева – Кузину Евгению Николаевичу.

Библиография

1. Исаев А. Б., Магомедова А. Г. Новые технологии очистки сточных вод от красителей на основе окислительных процессов //Вестник Московского университета. Серия 2. Химия. – 2022. – Т. 63. – №. 4. – С. 247-268.
2. Любушкин Т.Г., Кузин Е.Н., Иванцова Н.А., Конькова Т.В. Оценка возможности использования пероксодисерной кислоты в процессах очистки сточных вод, содержащих синтетические красители. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2025. Т. 68. Вып. 1. С. 120126.
3. Чадова И. Н. Оценка влияния отходов предприятий шерстяного производства на окружающую среду //Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Москва. – 2021. – №. 7. – С. 43-45.
4. Adesanmi B. M. et al. Comparison of dye wastewater treatment methods: A review //GSC Advanced Research and Reviews, 10 (2). – 2022. – V. 10. – N. 2. – P. 126-137.
5. Issaka E. et al. Advanced catalytic ozonation for degradation of pharmaceutical pollutants—A review //Chemosphere. – 2022. – V. 289. – P. 133208.
6. Kabanov M. A. et al. Evaluation of the influence of drug complex formation on the efficiency of water conditioning with reagents for tetracycline //Pharmaceutical Chemistry Journal. – 2022. – V. 55. – N. 11. – P. 1245-1249.
7. Kuznetsov V. V. et al. Study of the Process of Electrochemical Oxidation of Active Pharmaceutical Substances on the Example of Nitrofurazone ((2 E)-2-[(5-Nitro-2-furyl) methylene] hydrazine Carboxamide) //Water. – 2023. – V. 15. – N. 19. – P. 3370.
8. Mohammed S. et al. Integrated Fenton-like and ozonation based advanced oxidation processes for treatment of real-time textile effluent containing azo reactive dyes //Chemosphere. – 2024. – V. 349. – P. 140766.
9. Sarantseva A. A., Ivantsova N. A., Kuzin E. N. Investigation of the Process of Oxidative Degradation of Phenol by Sodium Ferrate Solutions //Russian Journal of General Chemistry. – 2023. – V. 93. – N. 13. – P. 3454-3459.
10. Slama H. B. et al. Diversity of synthetic dyes from textile industries, discharge impacts and treatment methods //Applied Sciences. – 2021. – V. 11. – N. 14. – P. 6255.

Исследование кинетики удаления фторидов из сточных вод

Пересунько Ю.Д. (ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева, yperesunko@mail.ru)*

Аннотация

В представленной работе затронута актуальная проблема образования и очистки сточных вод с повышенным содержанием фторид-ионов. Приведены возможные источники поступления фторидов в объекты окружающей среды и способы их удаления. Исследована кинетика процесса дефторирования сточных вод в процессах известкования и коагуляции. Установлено, что для снижения концентрации фторидов до значений 25-30 мг/дм³ необходимо проводить процесс известкования не менее 20 минут. Доказано, что доочистка до гигиенических нормативов по содержанию фторид-ионов, возможна в случае использования коагулянта - полиоксихлорида алюминия.

Ключевые слова

Фториды, сточные воды, осаждение, кинетика

Теория

Фторсодержащие сточные воды образуются в результате различных технологических процессов химической и металлургической направленности и представляют собой серьезную экологическую проблему [1]. Производство алюминия, основанное на электролизе криолит глиноземных расплавов, сопровождается образованием фторсодержащих газообразных соединений. В производстве стекла и керамики фториды используются как компонент для придания изделиям определенных свойств, таких как повышенная прочность и устойчивость к воздействию окружающей среды. В сельском хозяйстве фторсодержащие соединения применяются в качестве инсектицидов и фунгицидов [2].

Основная проблема «фторидов» заключается в том, что при их попадании в объекты окружающей среды, в частности в поверхностные и грунтовые воды, происходит загрязнение источников питьевого водоснабжения, что в свою очередь представляет опасность для окружающей среды и здоровья человека [3].

Несмотря на то, что фтор относится к группе незаменимых микроэлементов, избыточное поступление фторидов в живые организмы оказывает угнетающее действие и приводит к метаболическим нарушениям. Согласно требованиям норматива СанПиН 1.2.3685-21 содержание фторид-ионов в воде хозяйственно-бытового назначения не должно превышать 1,5 мг/дм³.

Наиболее часто фторид-ионы в сточных водах находятся в виде фтористоводородной (HF) и кремнефтористоводородной (H₂SiF₆) кислот и их солей [4]. В зависимости от требуемой степени очистки сточных вод от фторид-иона известны различные методы: реагентные, ионный обмен, электролиз, сорбция на оксиде алюминия или железа. Значительные количества удаляют, переводя фторид-ион в малорастворимые соединения такие как CaF₂.

Метод химического осаждения с использованием соединений кальция, в частности, известью применяется для обработки сильноокислых сточных вод. Как правило, для эффективного удаления фторид-ионов из воды необходим примерно 60 %-ный избыток кальцийсодержащего реагента. По мере роста исходной концентрации фторид-ионов удельный расход соединений кальция, необходимый для удаления большей части фторид-ионов, будет уменьшаться.

Как правило, на практике для расчета габаритов очистных сооружений необходимо установление оптимального времени контакта сточной воды с осадителем. Исходя из этого,

целью данной работы является оценка влияния времени контакта на эффективность удаления фторид-ионов из сточной воды.

В качестве объекта исследования использовали реальную сточную воду с содержанием фторид-ионов 5,1 г/дм³, рН 2,1. Введение реагента-осадителя (Ca(OH)₂) осуществляли из ранее определенного по реакции 1 соотношения. После введения реагента рН системы составил 11,2-11,5.



Процесс химического осаждения проводили на лабораторном флокуляторе JLT 4 (VELP Italy) [5-7] в полимерных емкостях (для предотвращения образования SiF₄). Осадок отделяли фильтрацией через бумажный фильтр «Синяя лента». В фильтрате определяли остаточное содержание фторид-ионов.

Остаточное содержание фторид-ионов определяли потенциометрическим методом, с использованием ион-селективного электрода ЭЛИС-131F в соответствии с нормативным документом ПНД Ф 14.1:2:4.270-2012. Результаты эксперимента представлены на рисунке 1.

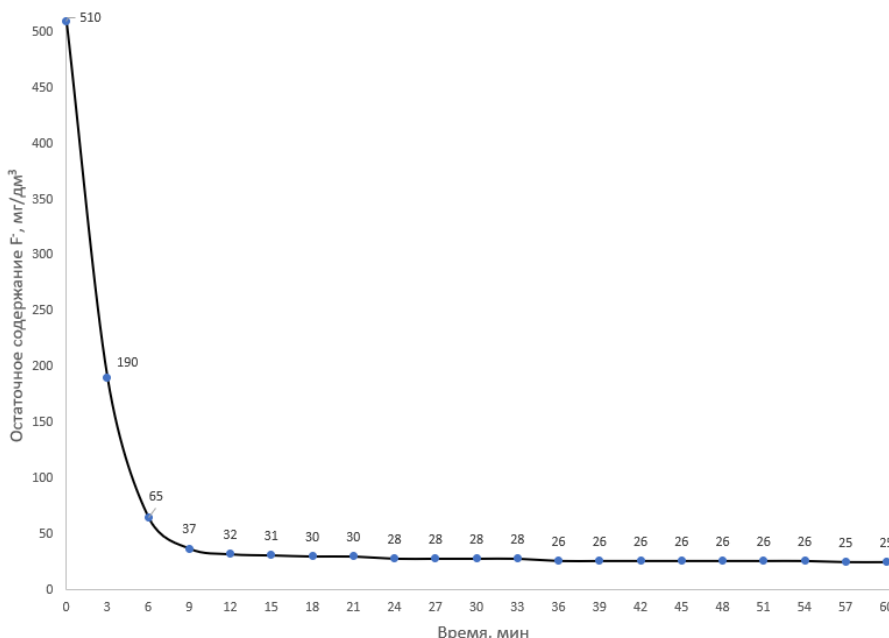


Рисунок 1. Остаточное содержание фторид-иона в зависимости от времени контакта

Из данных, представленных на рисунке 1 видно, что наибольшая степень (скорость) снижения концентрации фторид-иона протекает до 12 минуты, а затем выходит на плато без дальнейших значительных изменений. Несмотря на то, что эффективность удаления фторидов превышает 93%, их остаточное содержание по-прежнему остается высоким для сброса в водные объекты или возврата в оборотный цикл производства. В связи с чем необходимо проведение стадии доочистки [8-9].

Стадию доочистки проводили на воде, прошедшей стадию известкования с использованием традиционных коагулянтов – полиоксихлорида алюминия, сульфата алюминия и хлорида железа [8-10]. Необходимое количество коагулянта определяли из стехиометрически необходимого для удаления остаточного количества фторид-ионов из модельной воды, в соответствии с реакциями 2 и 3:



Эффективность стадии доочистки определяли по содержанию фторид-ионов в очищенной воде предварительно отфильтровав ее. Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты доочистки с использованием коагуляционных методов

	Ост. сод. F посл. осажд., г/дм ³	Расход коагулянта, мл/дм ³	pH после коагуляции	Ост. сод. F ⁻ , мг/дм ³
Al ₂ (SO ₄) ₃				
Стех.	30,0	0,03	9,56	15,62
До pH 7		0,15	6,79	9,49
До pH 5		1,30	4,87	3,59
Al ₂ (OH) ₅ Cl				
Стех	30,0	0,05	10,85	16,98
До pH 8		0,03	8,01	11,43
До pH 7		0,54	6,98	8,00
До pH 6		0,87	6,09	2,38
До pH 5		3,50	5,05	1,45
FeCl ₃				
Стех.	30,0	0,1	7,70	12,58
До pH 7		0,11	7,07	11,68
До pH 6		0,16	6,15	9,34
До pH 5		0,10	4,93	12,12

Из данных, представленных в таблице 1, видно, что стехиометрического количества коагулянта недостаточно для достижения требуемых нормативов по содержанию фторид-ионов. В связи с этим была изменена концепция дозирования, а именно, введение реагента до определенных значений pH. Из данных видно, что наиболее эффективно процесс дефторирования протекает в кислых условиях среды (pH 5) в случае использования полиоксихлорида алюминия. Данное явление можно объяснить тем, что в кислой среде потенциалоопределяющими ионами являются Al^{3+} , связывающий фторид-ион сильнее, чем ион $\text{Al}(\text{OH})_2\text{O}$, накапливающийся, преимущественно в слабощелочной среде.

Выводы

Проблема образования фторсодержащих сточных вод требует комплексного подхода к их обезвреживанию. Выбор метода зависит от концентрации фторидов, характеристик сточных вод и экономических факторов. Важно разрабатывать и внедрять эффективные технологии для минимизации воздействия фторсодержащих сточных вод и обеспечения безопасности водных ресурсов.

Определены условия проведения реагентного осаждения фторид-ионов. Установлено, что для снижения концентрации фторид-иона до значений 25-30 мг/дм³ время контакта сточная вода – реагент осадитель должно составлять не менее 20 минут. Доказано, что

доочистка до гигиенических нормативов по содержанию фторид-ионов, возможна в случае использования коагулянта полиоксихлорида алюминия.

Благодарности

Автор выражает благодарность зав. кафедрой пром. экологии Кузину Е. Н. и зав. лабораторией кафедры пром. экологии РХТУ им. Д. И. Менделеева за помощь в проведении исследований.

Библиография

1. Ахмедова Г. Р. Способы и технологии обесфторивания воды /Г. Р. Ахмедова, К. А. Ногаева, С. С. Нуркеев // Наука и новые технологии. – 2012. – №. 2. – С. 110–113.
2. Тюменцева М. В. Очистка воды от фторид-иона //E-Scio. – 2023. – №. 2 (77). – С. 401–416.
3. Красавцева Е. А. Очистка сточных вод ООО «Ловозерский ГОК» от ионов фтора методом химической коагуляции // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. – 2020. – №. 17. – С. 297–301.
4. Урецкий Е. А., Мороз В. В. Разработка и внедрение ресурсосберегающей технологии обезвреживания фторсодержащих сточных вод// Вестник Брестского государственного технического университета. – 2020. – № 2. – С. 37–41.
5. Кузин, Е. Н. Получение комплексных коагулянтов на основе крупнотоннажных отходов и продуктов промышленных производств / Е. Н. Кузин, Н. Е. Кручинина // Цветные металлы. – 2021. – № 1. – С. 13-18.
6. Получение отвержденных форм алюмокремниевого коагулянта и их использование в процессах водоочистки и водоподготовки // Цветные металлы. – 2016. – № 10(886). – С. 6-13.
7. Кузин Е. Н., Кручинина Н. Е. Получение комплексных титансодержащих коагулянтов методом химической дегидратации // Известия высших учебных заведений. Серия «Химия и химическая технология». - 2022. - Т. 65. - № 5. - С. 103 - 111.
8. Kuzin E. N. Synthesis and Use of Complex Titanium-Containing Coagulant in Water Purification Processes // Inorganics. - 2025. - V. 13 (1). - № 9.
9. Кузин, Е. Н. Получение комплексных коагулянтов на основе минеральных концентратов и их использование в процессах очистки воды / Е. Н. Кузин, Н. Е. Кручинина // Обогащение руд. – 2019. – № 3. – С. 43-48.
10. Kuzin, E. N. Titanium-containing coagulants for foundry wastewater treatment / E. N. Kuzin, N. E. Kruchinina // CIS Iron and Steel Review. – 2020. – Vol. 20. – P. 66-69.

Фотоактивация распада пероксодисерной кислоты и персульфатов с образованием свободных радикалов

Пономарева Е.А. * (РХТУ им. Д.И. Менделеева, lena.ponomaryova.01@mail.ru),
Мостовык П.Р. (РХТУ им. Д.И. Менделеева, pmostovik@mai.ru),
Иванов А.А. (РХТУ им. Д.И. Менделеева, anton.blackwolfneo@gmail.com)

Аннотация

В данной статье изучена фотоактивация пероксодисерной кислоты и персульфата аммония с образованием свободных радикалов и активных форм кислорода. Изложены графические зависимости распада под действием УФ-излучения пероксодисерной кислоты и персульфата аммония в присутствии поглотителей свободных радикалов комплексона трилон Б ($[\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H})_2]_2$).

Установлено, что в присутствии трилона Б раствор пероксодисерной кислоты, подвергшийся фотоактивации, обладает наивысшей реакционной способностью: максимальная степень разложения составила 93%, при соотношении трилон Б:окислитель равном 1:1.

Ключевые слова

Фотоокисление, пероксодисерная кислота, персульфаты, трилон Б

Теория

Развитие хозяйственной деятельности человека сопровождается усилением антропогенной нагрузки на окружающую среду. К одним из наиболее значительных направлений воздействия относится загрязнение природных водоемов. Особо остро проблема негативного воздействия на окружающую среду проявляется при эмиссии и накоплении в экосистемах стойких органических загрязнителей (СОЗ) и суперэкоотоксикантов. Эти вещества обладают высокой персистентностью, высокой токсичностью, способностью к биоаккумуляции и трансформации с образованием токсичных метаболитов. К ним относятся галогенированные органические соединения: пестициды, инсектициды, промышленные химические вещества и побочные продукты [4]. Для предотвращения деградации экосистем необходимы экономически рентабельные и высокоэффективные методы деструкции поллютантов [1].

Для очистки сточных вод, содержащих высокие концентрации органических веществ применяются механические (отстаивание, фильтрация), биологические (аэробные и анаэробные), физико-химические (флотация коагуляция, флокуляция) методы [8]. В большинстве случаев при наличии в стоках СОЗ данных методов очистки недостаточно для достижения санитарных норм. Для выпуска таких стоков в поверхностные водные объекты необходимы стадии доочистки. Для деструкции остаточных концентраций органических соединений широкое распространение получили методы химического окисления, для которого обычно применяют хлор, гипохлорит натрия, пероксид водорода, озон и т.д. Данные методы имеют ряд недостатков: использование хлорсодержащих реагентов сопряжено с образованием токсичных вторичных продуктов окисления, использование озона также энергоёмко и связано с высокими эксплуатационными затратами, пероксид водорода взрывоопасен.

В связи с ограничениями методов традиционного окисления особый интерес представляют усовершенствованные процессы окисления – АОП (Advanced Oxidation Processes) [10-11]. При АОП происходит генерация АФК (активных форм кислорода):

гидроксильных ($\bullet\text{OH}$), супероксидных ($\bullet\text{O}_2^-$) и сульфатных ($\text{SO}_4\bullet^-$) радикалов. Эти частицы участвуют в окислении и минерализации органических загрязняющих веществ.

Для генерации АФК необходима инициация распада окислителей, наиболее распространёнными методами для этого являются использование различных катализаторов, нагрев, ультрафиолетовое излучение, микроволновое и ультразвуковое воздействие, пропускание электрического тока, защелачивание среды [7].

Передовыми в области АОР являются процессы, действие которых основано на сульфат-радикалах [3]. Свободные сульфатные анион-радикалы, образующиеся при распаде персульфатов, обладают более высоким окислительным потенциалом 2,5–3,1 В и гораздо более длительным временем полураспада 30–40 мкс, чем свободные радикалы $\bullet\text{OH}$ ($E^\circ = 1,90\text{--}2,70\text{ В}$, 20 нс). Они менее чувствительны к изменению реакции среды и присутствию анионов, характерных для природных и сточных вод. Сульфат-радикалам характерна более высокая селективность и эффективность окисления загрязняющих веществ, содержащих ненасыщенные связи или ароматическое кольцо [9]. В качестве источника сульфат-радикалов обычно используют персульфаты или пероксодисерную кислоту.

В настоящее время всё больше исследований направлено на изучение фотоиницированных комбинированных окислительных процессов [2,5]. При воздействии УФ-излучения происходит распад персульфатов с образованием двух сульфатных анион-радикалов (уравнение 1).



Пероксодисерная кислота ($\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$) благодаря простоте и низкой стоимости производства (электрохимический синтез из серной кислоты, в том числе технического качества или отходов), безопасности, простоте применения и высокому окислительному потенциалу может являться перспективным окислителем для очистки сточных вод.

Основной целью данного исследования является изучение влияния УФ-излучения на пероксодисерную кислоту и персульфаты.

Материалы и методы исследования

Для проведения исследования были использованы растворы пероксодисерной кислоты, полученной в РХТУ им. Д.И. Менделеева, и персульфата аммония объемом 100 мл с концентрациями 1 г/дм³. Концентрацию окислителя в ходе фотоактивации определяли методом йодометрического титрования согласно ГОСТ 20478-75.

Свободные радикалы, образующиеся в процессе распада реагентов, мешают анализу из-за непосредственного взаимодействия с йодидом калия, ввиду чего в рабочие растворы был добавлен поглотитель радикалов. В качестве поглотителя был выбран трилон Б (динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты). Концентрация трилона Б в растворах составила 1 г/дм³.

Исследования по фотоактивации проводили на лабораторной установке квазипараллельного пучка (НПП Мелитта, Россия) [2]. Модельный раствор помещали под источник излучения и облучали при непрерывном перемешивании в течение 60 минут. В качестве источника излучения использовали ИКЛ (импульсную ксеноновую лампу) ФП-05/120 при частоте 3 Гц.

Результаты и их обсуждение

Результаты фотоактивации пероксодисерной кислоты и персульфата аммония представлены на рисунке 1.

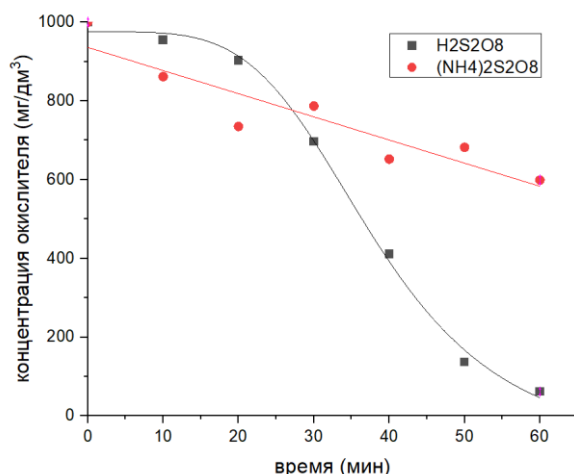


Рисунок 8. Изменение концентрации окислителей в присутствии поглотителя при УФ-активации

Из данных, представленных на графике рис. 1, видно, что снижение концентрации персульфата аммония описывается линейной зависимостью, распад реагента составил 40%. В случае пероксодисерной кислоты зависимость имеет S-образный характер: максимальная степень разложения составила 93%, время отклика системы – 20-25 минут.

Данные зависимости объясняются различными механизмами образования активных форм кислорода.

Активация персульфат-аниона под воздействием ультрафиолетового излучения обычно связана с симметричным разрывом связи O–O с образованием двух сульфатных анион-радикалов, которые взаимодействуют с водой с выделением гидроксил-радикалов и кислорода, которые непосредственно вступают в реакцию с комплексом (уравнения 2-4). В случае пероксодисерной кислоты происходит несимметричный разрыв связи O–O в ион HS₂O₈[–] с образованием четырехокси серы и бисульфата. В разбавленных кислотных растворах четырехокись серы быстро разлагается с образованием кислорода и серной кислоты (уравнения 5-6).



Кислород, выделяющийся в результате некатализируемой [H⁺] реакции, поступает из воды, в то время как кислород, выделяющийся в результате реакции, катализируемой кислотой, поступает из персульфат-иона [6]. Таким образом, снижение pH среды способствует подъему реакционной способности через образование активных интермедиатов (отличных от гидроксил-радикала), чем объясняется S-образный характер кривой окисления, полученный в случае использования пероксодисерной кислоты.

Выводы

Полученные данные позволяют выдвинуть предположения о перспективности использования метода фотоактивации для разложения пероксодисерной кислоты и персульфатов с образованием свободных радикалов. Дальнейшее изучение фотолитического разложения этих реагентов может позволить сократить время отклика системы и увеличить скорость распада, что упростит внедрение метода в практику очистки сточных вод.

Благодарности

Авторы выражают благодарность научному руководителю, к.т.н., доценту кафедры промышленной экологии РХТУ им. Д. И. Менделеева – Кузину Евгению Николаевичу.

Библиография

1. Цыганков В. Ю. «Грязная дюжина» Стокгольмской конвенции. Химия и токсикология стойких органических загрязняющих веществ (СОЗ): обзор литературы //Стойкие органические загрязняющие вещества (СОЗ) в Дальневосточном регионе: моря, организмы, человек. – 2020. – С. 12-61.
2. Ветров В. А. и др. Ограничение антропогенного воздействия на окружающую среду в России: состояние проблемы и перспективная стратегия //Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2015. – Т. 26. – №. 2. – С. 10-32.
3. Kabanov M. A. et al. Evaluation of the influence of drug complex formation on the efficiency of water conditioning with reagents for tetracycline //Pharmaceutical Chemistry Journal. – 2022. – Т. 55. – №. 11. – С. 1245-1249.
4. Sarantseva A. A., Ivantsova N. A., Kuzin E. N. Investigation of the Process of Oxidative Degradation of Phenol by Sodium Ferrate Solutions //Russian Journal of General Chemistry. – 2023. – Т. 93. – №. 13. – С. 3454-3459.
5. Kuznetsov V. V. et al. Study of the Process of Electrochemical Oxidation of Active Pharmaceutical Substances on the Example of Nitrofurazone ((2 E)-2-[(5-Nitro-2-furyl) methylene] hydrazine Carboxamide) //Water. – 2023. – Т. 15. – №. 19. – С. 3370.
6. Giannakis S., Lin K. Y. A., Ghanbari F. A review of the recent advances on the treatment of industrial wastewaters by Sulfate Radical-based Advanced Oxidation Processes (SR-AOPs) //Chemical Engineering Journal. – 2021. – Т. 406. – С. 127083.
7. Любушкин Т.Г., Кузин Е.Н., Иванцова Н.А., Конькова Т.В. Оценка возможности использования пероксодисерной кислоты в процессах очистки сточных вод, содержащих синтетические красители. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2025. Т. 68. Вып. 1. С. 120–126.
8. Khan I. et al. Recent progress in emerging materials and hybrid nanocomposites for peroxy monosulfate and peroxydisulfate activation towards solar light-driven photocatalytic degradation of emerging pollutants //Coordination Chemistry Reviews. – 2024. – Т. 499. – С. 215466.
9. Шлыкова А. Ю. и др. Кинетика деструкции метиленового синего под воздействием импульсной ксеноновой лампы //Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2024. – №. 3. – С. 136-145.
10. Иванцова Н. А. и др. Фотодеструкция активных фармацевтических субстанций в присутствии пероксида водорода и пероксодисульфата //Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2023. – Т. 13. – №. 2 (45). – С. 206-212.
11. Ball D. L., Edwards J. O. The kinetics and mechanism of the decomposition of Caro's acid. I //Journal of the American Chemical Society. – 1956. – Т. 78. – №. 6. – С. 1125-1129.

Оценка возможности применения персульфата аммония для очистки сточных вод от фенола в присутствии железа (II)

**Иванов А.А.* (РХТУ им. Д.И. Менделеева, anton.blackwolfneo@gmail.com),
Писарева А.А. (РХТУ им. Д.И. Менделеева, anastndrvn@yandex.ru)**

Аннотация

В работе изучено окисление фенола персульфатом аммония в присутствии железа (II). Установлено, что эффективность окисления фенола персульфатом аммония при внесении оптимальной дозы Fe^{2+} возрастает в 6 раз. Максимальная эффективность окисления составила 38%. Результаты проведенного исследования позволяют выдвинуть предположение о возможности осуществления Фентон-подобных процессов с использованием персульфатов.

Ключевые слова

Фентон-подобные процессы, фенол, sulfate-radical advanced oxidation process, сточные воды

Теория

Фенол является одним из наиболее распространенных загрязняющих веществ в промышленных сточных водах. Наиболее характерно присутствие фенола для сточных вод нефтеперерабатывающих, химических и лесоперерабатывающих предприятий [1].

Загрязнение воды фенолом опасно даже в малых концентрациях ($\text{ПДК}_в = 0,001 \text{ мг/дм}^3$) [3]. Фенолы в сточных водах представляют собой угрозу в силу своей высокой токсичности, образования токсичных полупродуктов в ходе распада и способности к биоаккумуляции. Фенолы обладают канцерогенными и аллергенными свойствами, могут вызывать острые отравления, ожоги слизистых оболочек, мышечный тремор и другие тяжелые нарушения здоровья [9]. Выраженное негативное воздействие фенолов на окружающую среду обуславливает необходимость очистки фенолсодержащих сточных вод.

Для снижения концентрации фенолов в сточных водах обычно используют методы адсорбции, обратного осмоса или ультрафильтрации, биологической очистки и химического окисления [4]. Однако большинство таких методов обладают рядом недостатков: высокая энергоемкость характерна для мембранных методов; сорбционные методы требуют проведения регенерации сорбентов. Биологическая очистка фенолсодержащих сточных вод затруднительна вследствие значительных затрат времени и того, что высокие концентрации фенолов могут приводить к гибели микроорганизмов. В качестве предварительного этапа очистки при высоких концентрациях загрязняющих веществ также может быть применена коагуляция [7]. Химическое окисление (гипохлорит натрия, озон, пероксид водорода и т.д.) популярно для деструкции токсичных органических соединений, однако метод сопряжен со значительными затратами реагентов и вторичным загрязнением сточных вод токсичными полупродуктами окисления.

Несовершенства традиционного химического окисления сточных вод привели к активному развитию АОП (Advanced Oxidation Processes). В этих методах окисление загрязняющих веществ осуществляется с помощью свободных радикалов, благодаря чему может достигаться высокая эффективность и глубокая минерализация загрязнителей [8, 10]. Среди АОП наибольший интерес вызывают процессы, использующие сульфат-радикалы, что обусловлено их наибольшей окислительной способностью [2]. Источниками сульфат-радикалов обычно являются соли пероксодисерной кислоты – персульфаты ($\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$). Для генерации сульфат-радикалов осуществляют разложение персульфатов, для этого могут быть

применены методы УФ облучения, электролиза, нагревания, катализа переходными металлами, изменение pH среды [12].

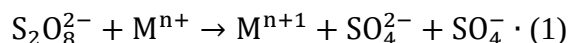
Целью данного исследования является оценка возможности применения персульфатов для очистки сточных вод от фенола.

Материалы и методы исследования

Исследование было проведено с использованием модельных растворов фенола (6 мг/дм³). Определение его концентрации до и после окисления проводилось фотометрическим методом согласно РД 52.24.480-2022. Процесс окисления осуществлялся при постоянном перемешивании в течение 30 минут.

В качестве окислителя и источника сульфат-радикалов был выбран персульфат аммония ((NH₄)₂S₂O₈). Дозу окислителя варьировали в диапазоне от 2,5 до 10 мг окислителя/мг загрязняющего вещества (далее – мг/мг).

Вследствие широкого распространения в практике АОП, экологической безопасности, простоты осуществления и доступности для активации распада персульфата аммония с образованием сульфат-радикалов был выбран метод катализа переходными металлами, в качестве переходного металла использовали железо (II). Доза Fe²⁺ варьировалась в диапазоне 0-3,3 мг/мг. Распад персульфат-аниона с образованием сульфат-радикалов описывается уравнением 1.



Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследования было изучено окисление фенола индивидуальным персульфатом аммония. Результаты представлены на рисунке 1.

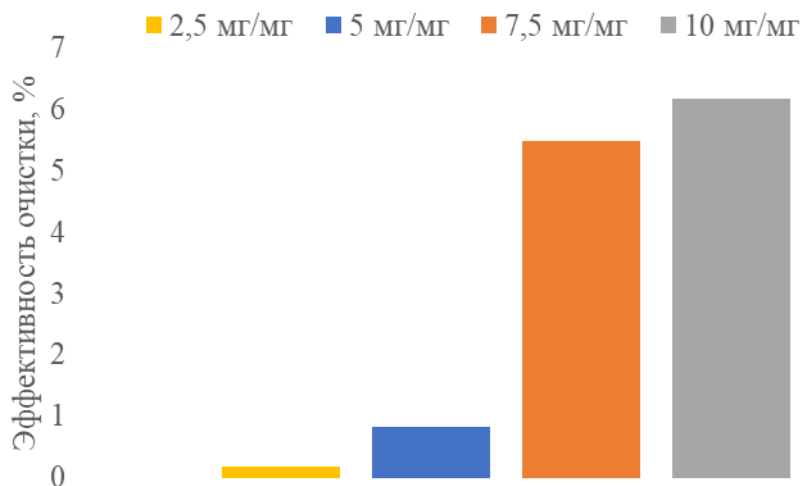


Рисунок 9. Эффективность удаления фенола в модельном растворе с помощью персульфата аммония

Из представленной диаграммы видно, что максимальное окисление фенола с помощью персульфата аммония достигается при дозе 10 мг/мг и составляет 6,2%. Незначительная эффективность окисления фенола персульфатом вероятнее всего связана с высокой устойчивостью ароматической структуры, электронная плотность которой усилена гидроксильной группой [6]. Также высокая устойчивость фенола к окислению обусловлена наличием резонансных структур.

Для увеличения эффективности окисления фенола было принято решение о необходимости активации распада персульфата аммония. Для этого в реакционную смесь было внесено железо (II) при дозе персульфата аммония 10 мг/мг. Результаты представлены на рисунке 2.

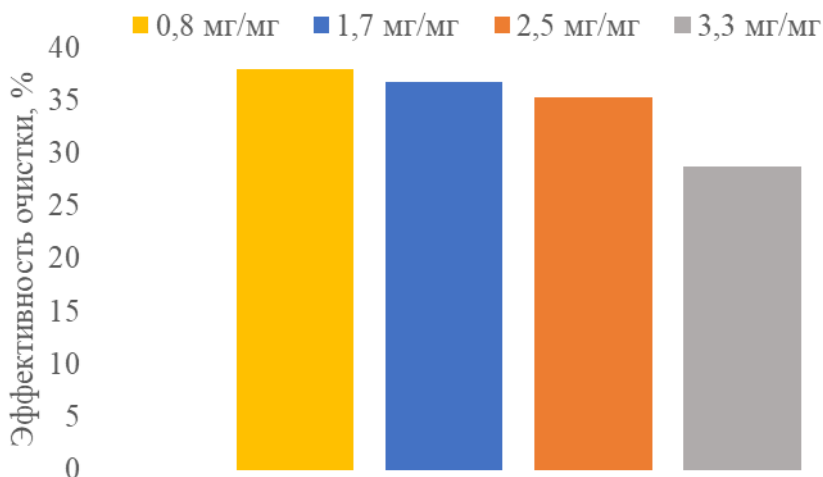
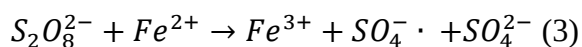
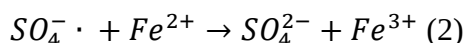


Рисунок 10. Эффективность удаления фенола в модельном растворе при добавлении железа

Как видно из представленных данных в присутствии железа (II) эффективность окисления фенола значительно возрастает. Максимальная степень очистки была достигнута при дозе Fe²⁺ 0,8 мг/мг и составила 38%. Дальнейшее увеличение дозы железа ведет к снижению эффективности окисления фенола. Это явление может быть объяснено эффектом поглощения свободных радикалов ионами железа (II) при их избытке [11] и непосредственным окислением Fe²⁺ персульфат-анионом (уравнения 2 и 3) [5]. Поэтому важно учитывать соотношение между окислителем и катализатором для достижения максимальной эффективности очистки



Выводы

Результаты исследования показывают, что в присутствии железа (II) эффективность окисления фенола персульфатом аммония возрастает в 6 раз и достигает 38%. Наблюдаемое увеличение степени окисления связано с распадом персульфат-аниона с образованием сульфат-радикалов. Таким образом полученные данные позволяют сделать вывод о возможности организации Фентон-подобных процессов на основе персульфатов. Эффективность предлагаемого метода может быть увеличена путем подбора оптимальных условий проведения окисления и комбинацией с другими методами активации распада персульфат-аниона (УФ-облучение, нагревание и т.д.).

Благодарности

Автор выражает благодарность научному руководителю, к.т.н., доценту кафедры промышленной экологии РХТУ им. Д. И. Менделеева – Кузину Евгению Николаевичу.

Библиография

1. Горячева В. Н., Ратуев Е. А., Елисеева Е. А. [и др.] Обеспечение экологической безопасности при использовании фенолов в различных отраслях промышленности // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2018. – Т. 8, № 2(27). – С. 129-137.
2. Любушкин Т.Г., Кузин Е.Н., Иванцова Н.А., Конькова Т.В. Оценка возможности использования пероксодисерной кислоты в процессах очистки сточных вод, содержащих синтетические красители // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2025. – Т. 68. – Вып. 1. – С. 120-126. DOI: 10.6060/ivkkt.20256801.7124.
3. Федорович Г. В. СанПиН 1.2.3685-21 - стартовая позиция нормотворческой работы // Безопасность и охрана труда. – 2021. – № 1(86). – С. 31-38.
4. Шинкарук Н. А., Ницкая С. Г. Очистка сточных вод от фенола: технологии и перспективы // Вестник ЮУрГУ. Серия: Химия. – 2024. – № 3.
5. Chan K.H., Chu W. Modeling the reaction kinetics of Fenton's process on the removal of atrazine // Chemosphere. – 2003. – V. 51. – P. 305-311.
6. Jiang C. et al. Effect of carboxyl and hydroxyl groups attached to the benzene ring on the photodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in ice // Water Science & Technology. – 2023. – V. 88. – N. 10. – P. 2633-2645.
7. Kabanov M. A. et al. Evaluation of the influence of drug complex formation on the efficiency of water conditioning with reagents for tetracycline // Pharmaceutical Chemistry Journal. – 2022. – V. 55. – N. 11. – P. 1245-1249.
8. Kuznetsov V. V. et al. Study of the Process of Electrochemical Oxidation of Active Pharmaceutical Substances on the Example of Nitrofurazone ((2 E)-2-[(5-Nitro-2-furyl) methylene] hydrazine Carboxamide) // Water. – 2023. – V. 15. – N. 19. – P. 3370.
9. Michałowicz J., Duda W. Phenols-Sources and Toxicity // Polish Journal of Environmental Studies. – 2007. – V. 16. – N. 3. – P. 347-362.
10. Sarantseva A. A., Ivantsova N. A., Kuzin E. N. Investigation of the Process of Oxidative Degradation of Phenol by Sodium Ferrate Solutions // Russian Journal of General Chemistry. – 2023. – V. 93. – N. 13. – P. 3454-3459.
11. Wenlong Bi, Yanlin Wu, Xiaoning Wang, Pingping Zhai, Wenbo Dong. Degradation of oxytetracycline with SO₄²⁻ under simulated solar light // Chemical Engineering Journal. – 2016. – V. 302. – P. 811-818.
12. Yang Q. et al. Recent advances in photo-activated sulfate radical-advanced oxidation process (SR-AOP) for refractory organic pollutants removal in water // Chemical Engineering Journal. – 2019. – T. 378. – C. 122149.

***Элементы фоновое мониторинга в гидроэкологическом анализе водных объектов
горнопромышленных территорий Белгородская область***

***Корнилов А.Г. (Белгородский государственный университет, kornilov@bsuedu.ru),
Корнилова Е.А. (Белгородский государственный университет, kornilova@bsuedu.ru),
Раевская М.В.* (Белгородский государственный университет, raevskaya@bsuedu.ru)***

Аннотация

Приведены некоторые данные гидрохимического анализа рек Белгородской области, подверженных влиянию горнодобывающих предприятий (р. Осколец – Лебединский ГОК, р. Ворскла – Яковлевский рудник) за период 2024-2025 годы в различные гидрологические сезоны. Обсуждаются вопросы пределов изменения ПДК_{вр} тяжелых металлов (Fe_{общ}, Cu²⁺, Mn²⁺ и др.), биогенных элементов в формах PO₄³⁻, NO₃⁻ для р. Осклец и р. Ворскла. Выполнено ландшафтно-функциональное зонирование водосборов в целях выделения «условно-фоновых» зон для комплексного учета антропогенных, природных и внутрисистемных факторов изменения гидрохимического состава малых рек не только в ходе залповых сбросов, но и в «фоновом режиме».

Ключевые слова

Горнопромышленный район, фоновый мониторинг, малые водотоки, тяжелые металлы, биогенные элементы

Источники финансирования

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания №FZWG-2025-0006.

Теория

По современным оценкам около 23 миллионов жителей планеты проживают в зоне прямого загрязнения водных ресурсов в ходе добычи металлических руд. Примерно 479,2 тыс. км рек и каналов, а также 164,0 тыс. км² пойм ежегодно подвергаются влиянию полиметаллического загрязнения без возможности самоочищения. Изучение равновесия «растворенные формы – донные отложения» для ряда металлов и металлоидов показывает, что для меди и мышьяка превышение установленных допустимых концентраций в донных отложениях наблюдается на расстоянии 10,3 км и 45,6 км от локализации источника, для свинца – 8,6 км, для цинка – 6,5 км соответственно [5].

В Белгородской области (часть территории Курской магнитной аномалии) необходимо отметить следующие малые реки, гидроэкологическая ситуация для которых находится в прямой зависимости от деятельности крупных горнодобывающих и перерабатывающих предприятий: р. Осколец (правый приток р. Оскол) – сточные воды Лебединского горно-обогатительного комбината; р. Чуфичка (правый приток р. Оскол) – сброс вод Стойленского горно-обогатительного комбината (далее ГОК); р. Ворскла в ее верховьях – сточные воды Яковлевского рудника.

В исследовании данных рек с позиции влияния горнопромышленного комплекса можно выделить ряд этапов в порядке их хронологии за последние 20 лет: 1) анализ гидрологических и гидрохимических изменений во взаимосвязи, определение типичных веществ-загрязнителей, ранжирование типичных проблем на водосборах [3]; 2) оценка гидрогеоэкологической ситуации с использованием новых подходов зонирования водосборов в зависимости от комплексного влияния антропогенных, природных и системных факторов [1]; 3) активное применение бассейнового подхода и учет долгосрочных трендов

среднегодового расхода воды, колебания химического состава вод на различных участках русла, накопления определенных элементов в донных отложениях, в т.ч. с учетом климатических изменений [2].

Однако, не смотря на хорошую гидроэкологическую изученность р. Осколец и р. Ворскла, следует указать два направления, которые требуют дополнительного внимания: 1) выявление фоновых или условно-фоновых зон на водосборах рек, подверженных влиянию рудников и ГОКов, с целью оценки их способности к самоочищению; 2) синхронный гидрохимический анализ поверхностных и подземных вод, в т.ч. в зонах непосредственной разгрузки подземных вод (родники, родниковые поля), которые являются своеобразными индикаторами неблагоприятной экологической ситуации, в особенности для территорий с комбинированным типом антропогенной нагрузки [4].

В период 2024-2025 годы на р. Осколец и р. Ворскла (верховья) нами были определены створы наблюдения, приуроченные к различным ландшафтно-функциональным зонам (рис. 1). Применялись следующие методы анализа содержания компонентов поверхностных и родниковых вод: кондуктометрический (общая минерализация, NO_3^- , Cl^- , pH), титриметрический (общая жесткость), атомно-абсорбционный (Cu^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Mn^{2+} , Cd^{2+}), фотоколориметрический ($\text{Fe}_{\text{общ}}$, PO_4^{3-} , NO_2^- , NH_4^+). Гидрохимические измерения были приурочены к различным гидрологическим сезонам. Кратность ПДК_{вр} рассчитывалась на основе действующих нормативных документов для водоемов рыбохозяйственного назначения, что важно для оценки способности рек к самоочищению и устойчивости водных экосистем.



Рисунок 1. Ландшафтно-функциональное зонирование водосборов участков рек Белгородской области в зоне воздействия горнодобывающей отрасли с указанием створов наблюдения и исследуемых выходов подземных вод

Для участков рек Осколец и Ворскла, расположенных выше сброса сточных вод рудников и ГОКов, характерен относительно высокий общий фон содержания железа ($0,5\text{ПДК}_{\text{вр}} - 1,2\text{ПДК}_{\text{вр}}$) и меди ($2,4\text{ПДК}_{\text{вр}} - 8\text{ПДК}_{\text{вр}}$). В особенности, высокими значения ПДК_{вр} по меди характеризуются воды родников, находящихся в пойме р. Ворскла на всем ее протяжении ($8,5\text{ПДК}_{\text{вр}} - 27\text{ПДК}_{\text{вр}}$), для железа данная закономерность не наблюдается. Превышения ПДК_{вр} по Ni^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} носили разовый (несистематический характер), и, в основном, были приурочены к участкам рек в селитебной зоне (г. Губкин). Содержание Mn^{2+} находится в прямой корреляции с содержанием железа общего (от 0,69 до 0,84) в различные гидрологические сезоны.

Исток р. Осколец и участок до г. Губкин подвержены воздействию сельскохозяйственной деятельности в рамках обширных территорий агроландшафтов (рис. 1). В ходе всех гидрологических сезонов нами был зафиксирован выраженный агрофон по содержанию биогенных элементов в речных водах (в частности, среднее значение ПДК_{вр} для нитратов составляло $0,7\text{ПДК}_{\text{вр}}$, для фосфатов – $0,85\text{ПДК}_{\text{вр}}$).

Исток р. Ворскла (достаточно высокая заозеренность по сравнению с другими зонами – рис. 2) и участок до п.г.т. Яковлево испытывают меньшую сельскохозяйственную нагрузку, чем верхнее течение р. Осколец, что подтверждается изменением ПДК_{вр} для нитратов от $0,1\text{ПДК}_{\text{вр}}$ до $0,4\text{ПДК}_{\text{вр}}$, для фосфатов – от $0,05\text{ПДК}_{\text{вр}}$ до $0,3\text{ПДК}_{\text{вр}}$.



Рисунок 2. Исток р. Ворскла (а) и заозеренные зоны ниже по течению на русле с обильной водно-болотной растительностью (б)

Следует отметить, что если зоны с сельскохозяйственной нагрузкой располагаются ниже по течению сброса вод горнодобывающих и перерабатывающих руду предприятий, то в середине осени наблюдается положительная корреляция между уменьшением концентрации металлов и увеличением содержания фосфатов в природных водах ($r = 0,7$), что можно объяснить процессами перехода металлов в донные отложения в составе нерастворимых фосфатов. Данные закономерности прослеживались на примере р. Ворскла (влияние Яковлевского рудника).

Выводы

В рамках исследуемого периода (2024-2025 годы) были выявлены закономерности изменения ПДК_{вр} для железа, меди, марганца, нитратов, фосфатов и показано влияние зон сельскохозяйственной и селитебной нагрузки для рек, которые первоначально анализировались с точки зрения преобладающего влияния горнодобывающей промышленности.

Деятельность горнодобывающих и перерабатывающих железную руду предприятий, расположенных на водосборах малых рек, в первую очередь, является важным фактором импактного загрязнения р. Осколец и р. Ворскла (во многих случаях – грунтовых вод, что обсуждалось на примере родников). Однако необходимым элементом гидроэкологического анализа рек должен стать фоновый мониторинг, который в настоящих условиях следует понимать более широко по сравнению с классическими подходами. Нами планируется дальнейшая разработка системы понятий, таких как «зона формирования фона», «агрофон», «антропогенно-измененный природный фон», «условно-фоновый створ».

Таким образом, типизация участков водосборов рек, испытывающих влияние предприятий Курской магнитной аномалии (КМА), в ряде случаев может быть осуществлена по совокупности обобщенных характеристик: ландшафтно-функциональное зонирование, природно-фоновое зонирование, зонирование на основе антропогенно-измененного фона (к примеру, «агро»), зонирование по скорости самоочищения реки и т.д.

Библиография

1. Корнилов И. А., Колмыков С.Н., Петин А.Н. Оценка степени воздействия горнодобывающих предприятий КМА на гидроэкологическую ситуацию Белгородской области (Из опыта работы горных предприятий и организаций) // Горный журнал. 2012. № 9. С. 29-32.
2. Корнилова Е.А., Лисецкий Ф.Н., Родионова М.Е. Гидроэкологические особенности реки Ворсклы (российский участок) в контексте природно-хозяйственных изменений // Региональные геосистемы. 2023. Т. 47 вып. 4. С. 550-568. DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-4-550-568
3. Петин А. Н. Минерально-сырьевые ресурсы Курской магнитной аномалии и экологические проблемы их промышленного освоения // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2006. № 1. С. 124-135.
4. Раевская М. В., Корнилов А. Г. Малые водотоки и водоемы как индикаторы экологических проблем в агроландшафтах (на примере Белгородской области) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 4. С. 230–242. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-4-230-242>.
5. Macklin M.G., Thomas C.J., Mudbhakal A., Brewer, P.A., Hudson-Edwards K.A., Lewin J., Scussolini P., Eilander D., Lechner A., Owen J., Bird G., Kemp D., Mangalaa K.R. (2023). Impacts of metal mining on river systems: a global assessment. *Science*, 381(6664), 1345-1350. <https://doi.org/10.1126/science.adg6704>

***Воздействие факелов сжигания попутного нефтяного газа на природные условия
Среднего Приобья***

***Пижанкова Е.И. * (МГУ имени М.В. Ломоносова, pijanikova@yandex.ru),
Пижанков И.Н. (ФГБУ «Россельхозземмониторинг», andaterx@mail.ru)***

Аннотация

По результатам полевых работ 2021 и 2023 г. и космическим снимкам исследованы особенности природных условий Среднего Приобья, произведен анализ воздействия сжигания попутного газа на эколого-геологическую обстановку. Для выявления факелов сжигания осуществлен поиск космических снимков Landsat за различные периоды, синтез с использованием теплового канала. С помощью детальных космоснимков произведен анализ состояния факельных площадок в настоящее время и его зависимость от характера грунтов. По литературным данным охарактеризовано влияние факелов на атмосферу и растительный покров.

Ключевые слова

эколого-геологические условия, попутный нефтяной газ, факелы сжигания, факельные площадки

Теория

Территория исследований расположена в пределах Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области на широтном участке долины реки Обь, где с 1960-х гг. производится разработка нефтегазовых месторождений Нижневартовского, Сургутского и Нефтеюганского районов. Природные условия характеризуются резко континентальным климатом со среднегодовой температурой воздуха от -1,4°C (ГМС Угут) до -1,9 (ГМС Нижневартовск) и линейным трендом ее увеличения [<http://www.pogodaiklimat.ru/history/>], развитием северотаежной растительности к северу от широтного отрезка р. Оби и среднетаежной к югу от него. Эколого-геологическая обстановка определяется равнинным характером территории, слабой расчлененностью рельефа, широким распространением верховых болот, оторфованных отложений, близким к поверхности уровнем залегания грунтовых вод, развитием сезонного пучения. Для северной части территории характерна высокая заболоченность и заозеренность.

Эксплуатация нефтегазовых месторождений приводит к трансформации эколого-геологических условий территории, которыми, в частности, являются нефтезагрязнение и сжигание попутного газа. Целью настоящих исследований являлся анализ воздействия сжигания попутного газа Среднего Приобья. Экологическое состояние природной среды определяется как природной обстановкой, включающей в себя геологические, геоморфологические, биогенные факторы, так и техногенной нагрузкой. Для её характеристики произведено изучение указанных факторов по полевым геологическим и геоботаническим данным, топографическим картам, литературным данным, разновременным космическим снимкам (КС). Осуществлено дешифрирование разновременных многозональных космических снимков с разрешением от 30-15 м для Landsat-5, -7, -8, -9 до 1,65 м для GeoEye-1, позволивших помимо исследования ландшафтов произвести детальную характеристику техногенной нагрузки. Синтез каналов 6-4-3 (тепловой, ближний инфракрасный и красный) для снимков спутника Landsat-5 за 1985, а также анализ КС Landsat-5, 7, 8, 9 за 1998, 1999, 2000, 2009, 2024 гг. с использованием программы ScanEx Image Processor позволили выявить факелы сжигания попутного газа. Использование космоснимков GeoEye-1 субметрового пространственного разрешения за последние годы, образующих

глобальное покрытие Esri WorldImagery [<https://bestmaps.ru/map/esri/sat/16/>], дало возможность исследовать современное состояние факельных площадок.

Техногенная нагрузка на экосистемы территории определяется разработкой большого количества нефтяных месторождений, наиболее крупными и длительно разрабатываемыми из которых являются Самотлорское и Мамонтовское месторождения.

Попутный нефтяной газ (ПНГ) - смесь газообразных углеводородов, растворенных в нефти, которые выделяются в процессе ее добычи и подготовки. На ранних стадиях разработки нефтяных месторождений ПНГ утилизировался путем сжигания на месте добычи, что являлось серьезным воздействием на состояние окружающей природной среды посредством теплового воздействия, выброса сажи, NO, CO, CO₂, SO₂ и других продуктов неполного сгорания углеводородов.

В 2009 г. было принято Постановление Правительства РФ «О мерах по стимулированию сокращения загрязнения атмосферного воздуха продуктами сжигания попутного нефтяного газа на факельных установках». Основными методами утилизации помимо сжигания является закачка в пласт, использование в качестве топлива для выработки тепловой и электроэнергии, а также фракционная, химическая и криогенная переработка. Однако анализ данных [Утилизация..., 2022] показывает, что объемы сжигания ПНГ за последние годы не уменьшаются, а возрастают, что обусловлено как ростом объемов нефтедобычи и увеличением количества разрабатываемых месторождений, так и затрудненностью развития инфраструктуры для утилизации газа. На КС Landsat-8, 9 за 2024 г. были зафиксированы действующие факельные установки на исследуемой территории.

Сжигание газа в факелах характеризуется длительностью и периодичностью действия факела, размером труб, составом газа. По данным Залесова С.В. и др. [2002] различные по мощности факелы охватывают своим воздействием от 10-15 метров по радиусу (слабые факелы) до 250 м и более (крупные факелы). Воздействие посредством теплового выделения приводит к превышению фоновой температуры воздуха на 25-40°C [Залесов и др., 2002], происходит выброс газообразных веществ и несгоревших нефтепродуктов, сжигание кислорода. В результате этого воздействия усиливается конвективное передвижение воздуха над прилегающей территорией, что вызывает в два раза более частое образование кучевых облаков, в 1,4 раза выпадения дождей, возрастает частота формирования туманов. [Залесов и др., 2002]. Влияние на лесные экосистемы сопровождается деградацией нижних ярусов растительности, гибелью деревьев, химическим загрязнением и прокаливанием почв, повышением кислотности и накоплением токсичных элементов [Крючков, 2000]. По данным Алтуниной Л.К. и др., [2014], температуры поверхности изменяются от 20 до 48°C, радиус прямого термического повреждения растительности для факелов малой мощности достигает 50 м, большой мощности - 200 м. Последствия угнетения растительности только за счет теплового излучения наблюдаются на расстоянии 4 км и более.

Проведенный анализ разновременных космических снимков выявил: во-первых, увеличение количества действующих газовых факелов в связи с вовлечением в разработку новых нефтяных месторождений; во-вторых, состояние прежде действовавших факельных площадок и результаты воздействия газовых факелов на грунты основания. Анализ природных условий с использованием КС показал, что очень часто отсыпка грунтов для факельных площадок происходит в пределах заболоченных и оторфованных участков территории. В связи с мощным длительным тепловым воздействием происходит выжигание органического вещества, содержащегося в почвах и грунтах. Уничтожение органики сопровождается просадкой поверхности и уплотнением грунтов. Это приводит к необходимости создания новых факельных площадок. А на месте прежних площадок происходит образование озер (рис. 1). Если площадка создана на минеральных грунтах, срок ее действия весьма длительный и сжигание попутного газа продолжается.

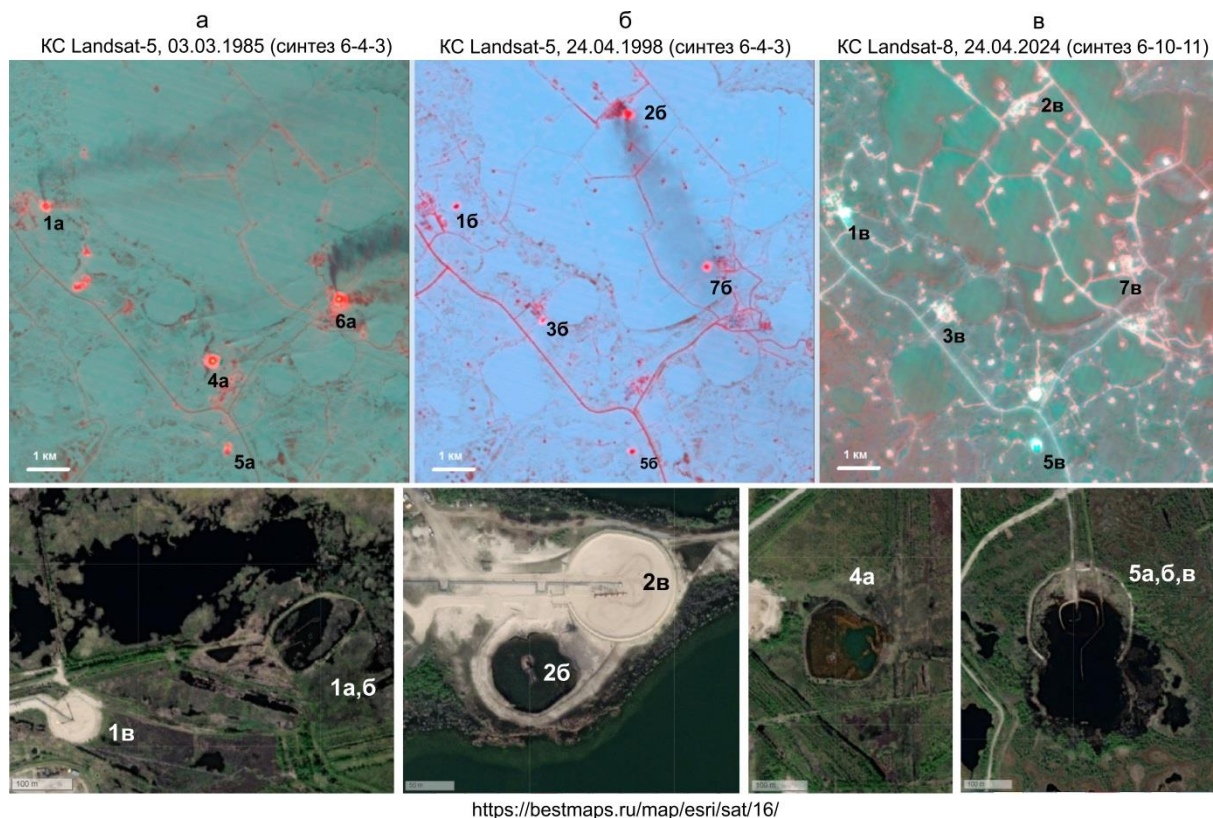


Рисунок 1. Изображение факелов сжигания попутного нефтяного газа на Самотлорском месторождении на космических снимках: а - Landsat-5 (03.03.1985), б - Landsat-5 (24.04.1998), в - Landsat-8 (24.04.2024) и факельных площадок на KC GeoEye-1 (<https://bestmaps.ru/map/esri/sat/16/>); 1а...7в – обозначение факелов и факельных площадок на разновременных и разномасштабных космических снимках

Выводы

1. Изменение природных условий связано с техногенной трансформацией экологических свойств литосферы, гидросферы и биосферы под воздействием техногенной нагрузки, в частности добычи нефти, её транспортировки и сжигания попутного нефтяного газа;
2. При отсыпке насыпей под факельные площадки в пределах заболоченных и оторфованных территорий при тепловом воздействии факелов, превышающем фоновые температуры воздуха на 20-48°C, происходит уничтожение органики в грунтах и просадка поверхности с образованием озер;
3. Радиус максимального воздействия газовых факелов на растительный покров с его деградацией и формированием геохимических аномалий достигает 200-250 м от факельной трубы.

Библиография

1. Алтунина Л.К. и др. Загрязнение окружающей среды при сжигании попутного нефтяного газа на территории нефтедобывающих предприятий // Химия в интересах устойчивого развития. 2014. Vol. 22. С. 217–222.
2. Залесов С.В., Кряжевских Н.А., Крупинин Н.Я. и др. Деградация и демутиация лесных экосистем в условиях нефтегазодобычи. Урал.гос.лесотехн.университет. Екатеринбург, 2002. Вып. 1, 436 с.

3. Крючков К.В. Влияние факелов по сжиганию попутного газа на лесные насаждения. Автореф. дисс...канд.с.х.наук. Екатеринбург, 2000, 21 с.
4. Утилизация попутного нефтяного газа в России: методы и перспективы производства продуктов газохимии / А. П. Рядинская, А. А. Череповицына // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2022. № 2. С. 19–34. doi:10.37614/2220-802X.2.2022.76.002

Извлечение магнитной фракции из золошлаковых отходов от сжигания каменных углей

Писарева А.А. (ФГБОУ РХТУ им. Д.И.Менделеева, ИПКОН РАН,
pisareva_a@ipkonran.ru),
Кунилова И.В. (ИПКОН РАН, kunilova_i@ipkonran.ru)*

Аннотация

Представлены результаты исследования извлечения магнитной фракции из золошлаковых отходов, полученных от сжигания каменных углей. Установлено, что предварительная ультразвуковая обработка мелкозернистых частиц (0,04-0,071 мм) позволяет снизить значение магнитной индукции до 40 мТл без ухудшения качества концентрата. Наибольшее извлечение магнитных частиц (90,53 %) наблюдается при одностадийной магнитной сепарации среднего класса крупности (0,63-1 мм) с общим содержанием железа в концентрате 50,43 %.

Ключевые слова

Золошлаковые отходы, железо, переработка, извлечение

Теория

Переработка техногенных отходов становится всё более актуальной в условиях растущих экологических проблем и необходимости рационального использования ресурсов [2-4]. Традиционно отходы теплоэлектростанций поступают на золошлакоотвалы, что оказывает значительное негативное влияние на окружающую среду. Золошлаковые отходы содержат токсичные элементы, такие как ванадий, мышьяк, никель, цинк, которые могут мигрировать и накапливаться в почве и грунтовых водах. Опасность также представляют пылящие золоотвалы, способствующие распространению токсичных частиц в атмосфере, что негативно сказывается на качестве воздуха и здоровье населения [5].

Накопление золошлаковых отходов не только усиливает негативное воздействие на экосистему, но и сдерживает экономический потенциал, связанный со вторичным использованием сырья. Золошлаковые отходы могут служить источником значительного количества ценных элементов, особый интерес из которых представляют оксиды железа, содержание которых может достигать до 20 %. В связи с этим, перспективным направлением в области переработки данного вида отходов является извлечение магнитных фракций.

Магнитные микросферы ЗШО преимущественно содержат кристаллические фазы оксидов железа, таких как Fe_3O_4 (магнетит) и Fe_2O_3 (гематит). Зачастую в состав магнитной фракции входят карбонат и сульфат железа, а также ферриты магния, марганца и кальция. Количество и формы нахождения железа в магнитных микросферах золошлаковых отходов определяются, в первую очередь, видом используемого угля и технологией сжигания, что оказывает непосредственное влияние на эффективность извлечения металла [1,6]. Неоднородный состав затрудняет разработку универсальной технологии переработки золошлаковых отходов, указывая на необходимость индивидуального подхода к каждому конкретному образцу.

Основной целью данного исследования является изучение возможности извлечения железа из золошлаковых отходов методом магнитной сепарации.

В качестве материала для исследования выбраны золошлаковые отходы, полученные в результате сжигания каменного длиннопламенного угля на территории Южной Сибири. Для проведения магнитной сепарации исследуемые образцы были выбраны следующие классы крупности: 0,04 - 0,071, 0,071 - 0,2, 0,2 - 0,63, 0,63 - 1 мм. Анализ образцов на содержание

железа проводили с использованием портативного рентгенофлуоресцентного анализатора Olympus X-500. Результаты измерений исходных образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Содержание Fe (%) в исследуемых золошлаковых отходах

6,26 5,81 15,2 15,7

Для проведения экспериментов использовали лабораторный мокрый барабанный магнитный сепаратор с возможностью регулирования напряженности магнитного поля путем изменения силы тока. На первом этапе эксперимента была установлена сила тока 15 А, что соответствовало значению магнитной индукции 60 мТл. На следующем этапе была изучена возможность проведения магнитной сепарации при пониженном до 40 мТл значении магнитной индукции с интенсификацией процесса за счет предварительной ультразвуковой обработки образцов. УЗ-обработку проводили в течение 10 минут при частоте 22 кГц.

С целью облегчения подачи материала в магнитный сепаратор образцы предварительно перемешивались с водой с помощью верхнеприводной мешалки со скоростью 500 об/мин в течение 30 секунд. По завершении процесса, магнитные концентраты и камерные продукты были высушены при температуре 110⁰ С и проанализированы. Результаты работы представлены на рисунке 1.

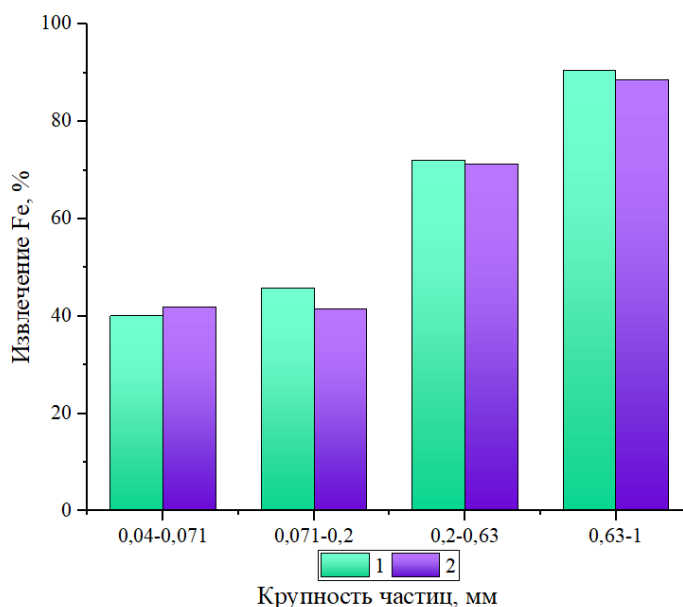


Рисунок 1. Извлечение железа (%) из образцов ЗШО разной крупности:

1- Магнитная индукция – 60 мТл, 2- Магнитная индукция – 40 мТл + ультразвуковая обработка

Анализ результатов, представленных на рисунке 1, свидетельствует о повышении эффективности магнитной сепарации (в 1,24 раза) для класса 0,04 – 0,071 мм при сочетании с предварительной ультразвуковой обработкой. Для более крупных классов УЗ-обработка увеличивает извлечение в концентрат в меньшей степени, чем повышение магнитной индукции.

Увеличение размера частиц приводит к получению более чистого концентрата, что особенно заметно для класса крупности 0,63-1 мм, извлечение железа в котором составляет 90,53 % с общим его содержанием в концентрате 50,43 %.

Возможным объяснением данного результата может быть концентрирование высокомагнитных микросфер в среднем классе крупности (0,2-0,63, 0,63-1 мм), что обуславливает высокое удерживание частиц на барабане магнитного сепаратора. К другому фактору относится влияние размера частиц. Более крупные частицы магнетита легче поддаются магнитному воздействию и, следовательно, менее подвержены потерям с хвостами. Важно отметить, что использование частиц с размерами от 1 мм приведет к снижению эффективности процесса из-за недостаточной подвижности в магнитном поле и проблем с турбулентностью [7].

Проведение магнитной сепарации позволило повысить содержание некоторых ценных элементов в камерном продукте образца крупности 0,63 – 1 мм (рис.2).

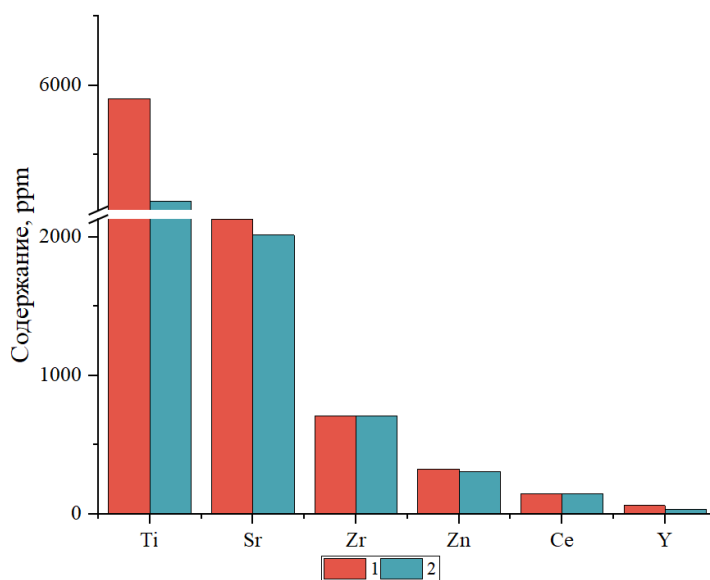


Рисунок 2. Содержание ценных элементов: камерный продукт магнитной сепарации 2- исходный образец

Результаты указывают на увеличение содержания иттрия (в 1,75 раза), титана (в 1,14 раза), стронция (в 1,06 раза), и цинка (в 1,06 раза). Содержание циркония и цезия осталось неизменным, что также можно отнести к удовлетворительным результатам. Таким образом, предварительное извлечение железа способствует возможности получения более чистых продуктивных растворов при последующем выщелачивании.

Следует отметить незначительное снижения содержания алюминия в образце (в 1,08 раза), что позволяет предположить о срастании алюмосиликатных микросфер с поверхностью магнитной сферы. Данным предположением также можно объяснить неполное выделение железосодержащих соединений методом магнитной сепарации.

Выводы

В результате проведения исследования были определены эффективные режимы извлечения железа из золошлаковых отходов, полученных от сжигания каменных углей. Установлена возможность интенсификации процесса магнитной сепарации при предварительной ультразвуковой обработке отходов для класса крупности 0,04 – 0,071 мм, что

позволило не только повысить извлечение железа, но и в 1,5 раза снизить значение магнитной индукции. Определено, что оптимальный размер частиц, пригодных для проведения магнитной сепарации без ультразвуковой обработки, составляет 0,63-1 мм.

Проведение магнитной сепарации золошлаковых отходов позволяет получить железосодержащие продукты, пригодные для строительной и металлургической промышленности, например, при изготовлении высококачественных цементов, огнеупорных или металлических изделий. Кроме этого, внедрение магнитной сепарации в качестве одного из этапов комплексной переработки ЗШО представляет интерес для последующего извлечения ценных элементов за счет повышения их концентрации в камерных продуктах процесса.

Таким образом, магнитная сепарация золошлаковых отходов от сжигания каменных углей способствует эффективному использованию вторичных ресурсов и снижению нагрузки на окружающую среду.

Библиография

1. Кравченко В. Н., Кунилова И. В. Вещественный состав золы от сжигания углей как основа выбора технологии переработки // Минералы: строение, свойства, методы исследования. 2021. № 12. С. 82.
2. Кузин Е. Н., Кручинина Н. Е. Получение комплексных коагулянтов на основе минеральных концентратов и их использование в процессах очистки воды // Обогащение руд. – 2019. – № 3. – С. 43-48.
3. Кузин Е. Н., Кручинина Н. Е. Получение комплексных коагулянтов на основе крупнотоннажных отходов и продуктов промышленных производств // Цветные металлы. – 2021. – № 1. – С. 13-18.
4. Кузин Е. Н., Кручинина Н. Е. Бруситсодержащие отходы производства огнеупорных материалов в процессах очистки сточных вод // Стекло и керамика. – 2022. – Т. 95, № 7(1135). – С. 58-63.
5. Кунилова И. В., Крылов И. О. К вопросу комплексной переработки золы сжигания каменных углей предприятий теплоэлектроэнергетики // Технологии переработки отходов с получением новой продукции: материалы V Всероссийской науч.-практ. конф., Киров, 14–15 ноября 2023 года. – Киров: Вятский государственный университет, 2023. С. 11-15.
6. Кунилова И. В., Лавриненко А. А. Влияние температуры сжигания бурых углей на структуру золы // Спектроскопия комбинационного рассеяния света: 7-й Урало-Сибирский семинар, Екатеринбург, 23–25 августа 2021 года. – Екатеринбург: Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого, 2021. С. 113-114.
7. Пелевин А. Е., Сытых Н. А., Черепанов Д. В. Влияние крупности частиц на эффективность сухой магнитной сепарации // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 11-1. С. 293-305.

***Исследование почвенного покрова рекреационных стоянок в Национальном парке
«Валдайский»***

***Пожидаева А.Е. (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
anastasiapo322000@gmail.com),***

***Колесникова В.М. (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
kolesnikovavm@my.msu.ru)***

Аннотация

Оценка рекреационной нагрузки на особо охраняемые природные территории (ООПТ) в настоящее время является особенно актуальной задачей. Увеличение турпотока на территории ООПТ приводит к деградации естественных природных ландшафтов. Природно-территориальные комплексы по-разному реагируют на антропогенное воздействие. Для определения стадии рекреационной дигрессии исследуются различные показатели состояния растительного и почвенного покрова. Важность почвенных свойств как индикатора антропогенной нагрузки подтверждается многими авторами. Грамотное регулирование рекреационной нагрузки требует комплексного изучения ландшафтов.

Ключевые слова

Рекреационная нагрузка, антропогенное воздействие, дигрессия напочвенного покрова, трансформация почв, преобразование природной среды

Теория

Развитие экологического туризма на ООПТ приводит к возрастанию рекреационной нагрузки на природно-территориальные комплексы. Для того чтобы нормировать антропогенное воздействие, необходимо проводить комплексные исследования территории с учетом ее индивидуальных характеристик. Для определения рекреационной нагрузки разработаны методики, которые можно разделить на количественные и качественные. К первой группе относится подход, основанный на определении предельно-допустимой рекреационной нагрузки (ПДН), он использован в работах Казанской Н. С. (1972), Чижовой В. П. (2011) и др. Существует также другой подход по определению рекреационной нагрузки, качественный. Например, методика предельно допустимых изменений (ПДИ), которая была разработана в 80-ых годах прошлого века в США. Суть методики заключается в сохранении желаемых условий природной среды. Для этого устанавливаются стандарты, которые должны быть достижимы (Cole D. N. et al., 1997).

В основе методик различных авторов по определению нагрузки лежит определение стадий дигрессии природно-территориальных комплексов (ПТК) (Исаченко Т.Е., Исаченко Г. А., 2020). Каждый ландшафт имеет свою границу устойчивости, перейдя которую, он теряет способность к саморегуляции и к самовосстановлению. Чаще всего это происходит при переходе от 3 к 4 стадии дигрессии (Казанская Н. С., 1972). Основные изменения, которые учитываются при оценке нагрузки: вытоптанность территории, сокращение мощности лесной подстилки, увеличение плотности сложения почв, изменение видового состава растительности (Байчибаева А. В., Соболев Н. В., 2011). В литературе приводятся оптимальные границы значения плотности сложения почв для разных видов растений: хвойная древесная растительность – 0.9 - 1.15 г/см³, лесные травянистые растения – 1.2 - 1.3 г/см³, сорная растительность – 1.5 - 1.7 г/см³ (Оборин М. С., 2010).

Гранулометрический состав почв также важен при оценке устойчивости почв к антропогенному воздействию. Почвы, обладающие легким (песчаным) грансоставом более устойчивы к нагрузкам, так как их водно-физические свойства изменяются слабее.

Объекты и методы исследований. Оценка рекреационной нагрузки на почвенные свойства проводилась на территории Национального парка «Валдайский». Парк находится на границе подзон южной тайги с преимущественно еловой растительностью и хвойно-широколиственных смешанных лесов. Исследуемая территория относится к Прибалтийской провинции зоны дерново-подзолистых почв южной тайги. Мозаичность и разнообразие почвенного покрова является следствием неоднородности материнских пород и геоморфологической обстановки в условиях конечно-моренного мелко холмистого рельефа. На тяжелых по гранулометрическому составу породах здесь формируются дерново-подзолистые почвы, подзолы менее распространены на территории парка. Они приурочены к транзитным и пониженным элементам рельефа. На флювиогляциальных песках распространены подбуры иллювиально-железистые и иллювиально-гумусовые.

Наши исследования проводились на участках, примыкающих к организованным стоянкам Большой Валдайской тропы (БВТ), у озера Находно, а также на участке на севере парка в Боровновском лесничестве. Преобладающими почвами в этой части парка являются дерново-подбуры и подбуры.

На участке исследований на туристической стоянке у озера Находно в опорном разрезе вскрыт профиль дерново-подбура супесчаного на опесчаненной морене (Aw-AY-BF-BFC-BFC2-C). На удалении от настила заложен разрез подбура иллювиально-гумусового супесчаного на флювиогляциальных отложениях (O-AO-BH-BF1-BF2-BC).

На севере парка в Боровновском лесничестве исследовался профиль дерново-подбура иллювиально-гумусово-железистого супесчаного на озерных отложениях (Oao-AY-BHF-BF1-BF2-BC-C) на участке, не испытывающем значительного рекреационного воздействия.

Для того чтобы оценить, как рекреация влияет на свойства подбуров, были отобраны образцы для определения плотности сложения почв, актуальной кислотности и содержания в почвах органического углерода. Дополнительно была произведена оценка пространственной неоднородности свойств почв, связанная с разрастанием дорожно-тропиночной сети на организованной стоянке.

Для сравнения свойств почв рекреационной зоны с эталонными почвами рассматривались разрезы, заложенные в аналогичных условиях почвообразования, включая литолого-геоморфологические условия и характер растительности: подбур иллювиально-железистый песчаный на флювиогляциальных отложениях и подбур литобарьерный супесчаный на двучленных отложениях.

Содержание органического углерода в почвах ключевых участков высокое, что предположительно связано с антропогенной историей освоения парка. Сравнив исследуемые почвы с фоновыми, можно сделать вывод, что в рекреационной зоне для подбуров характерно повышенное содержание Сорг, что также может быть связано с активной туристической деятельностью и разведением костров.

На участках дорожно-тропиночной сети было выявлено неравномерное содержание Сорг в почвах. На трекe по удалению от настила содержание Сорг изменяется от 2.02 до 7.28 %. Повышенные значения на туристической стоянке могут быть связаны с вытаптыванием напочвенного покрова (рис. 1).

Рисунок 1. Содержание Сорг (%) на участке дорожно-тропиночной сети

В удалении от БВТ значения Сорг варьируются от 1.93 % (7 м от БВТ, наиболее удаленная точка) до 2.79 % (4 м от БВТ, участок с наиболее сохранившимся растительным покровом) (рис. 2).

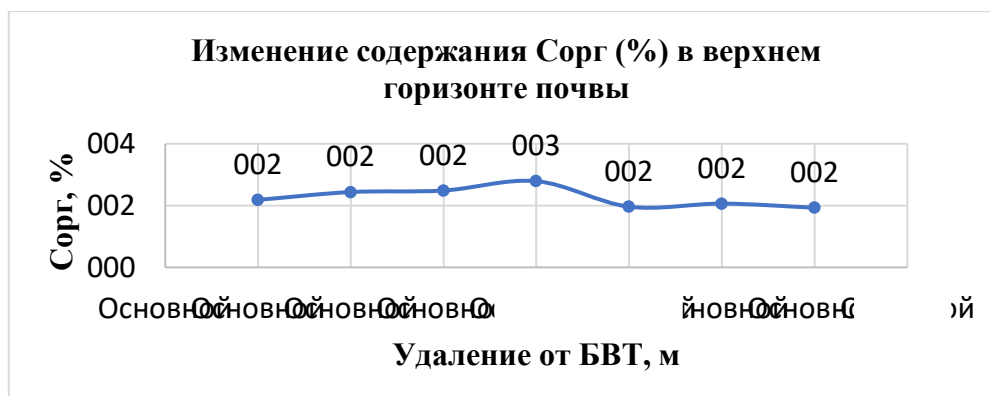


Рисунок 2. Содержание Сорг (%) на участке дорожно-тропиночной сети

Под воздействием рекреации происходит переуплотнение верхнего почвенного горизонта, уничтожение лесной подстилки. На участке с нарушенным дерново-подбуром подстилка выражена фрагментарно или полностью уничтожена. Уплотнение почв приводит к ухудшению водного и воздушного режимов, затруднению роста корней, ухудшению питания растений, развитию эрозионных процессов. По данным Оборина М. С. (2010) при значениях плотности сложения почв 1,2-1,3 г/см³ происходит выпадение лесных видов травянистых растений, что соотносится с результатами проведенных исследований.

Дополнительно плотность сложения верхнего горизонта почв определялась на разном удалении от полотна БВТ и настила стоянки. Исследования пространственной изменчивости свойств верхних горизонтов почв в рекреационной зоне показали, что на участках дорожно-тропиночной сети почвы переуплотнены (1,4—1,6 г/см³), в пространствах между тропами плотность сложения равна 0,9-1,0 г/см³, что соответствует оптимальным значениям для развития хвойной растительности по Оборину М. С. (2010) (таб. 1).

Таблица 1. Плотность сложения верхнего горизонта почв тропинойной сети в рекреационной зоне

Место отбора образцов, расстояние от БВТ, м	БВТ	1	2	3	4
Плотность сложения, г/см ³	1,4	0,8	0,7	0,7	0,8

Место отбора образцов, расстояние от настила, м	1	1	2	2	3	3	4	5	5	7	9	11
Плотность сложения, г/см ³	1,4	1,5	1,5	1,6	1,3	1,3	1,2	1,1	0,9	0,8	1,0	1,0

Закключение

В ходе проведенных исследований в рекреационной зоне НП «Валдайский» было выявлено изменение почвенных свойств. Увеличение содержание Сорг в почвах связано с усиленным вытаптыванием и разведением костров. В зоне рекреационных стоянок отмечается переуплотнение верхних горизонтов почв.

Библиография

1. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв. Издательство: МГУ, 1970. – 488 с

2. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. Учебное пособие/ 3-е изд., перераб. и доп.— М.: Агропромиздат, 1986.— 416 с
3. Байчибаева А.В., Соболев Н.В. Оценка рекреационного влияния на почвы природного парка «Оленьи ручьи» // Аграрный вестник Урала. 2011. № 4 (83). С.55 – 56
4. Исаченко Т. Е., Исаченко, Г. А., Озерова, С. Д. Оценка рекреационной нарушенности и регулирование нагрузок на особо охраняемых природных территориях Санкт-Петербурга. Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2020. 65 (1). – С. 16–32.
5. Казанская, Н.С. Изучение рекреационной дигрессии естественных группировок растительности // Изв. АН СССР., сер. Геогр. 1972. №1. - С. 52-59.
6. Оборин М.С. Особенности анализа рекреационной и антропогенной нагрузки вследствие санаторно-курортной и туристской деятельности // Географический вестник. 2010. № 2. С. 19 – 24
7. Терентьева О. С, Рохлова Е. Л, Хмельщикова И. Г. Дигрессия напочвенного покрова растительных сообществ рекреационных стоянок на территории национального парка «Валдайский» // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2023. Т. 27. № 1. С. 35–44
8. Чиждова. В. П. Рекреационные ландшафты: устойчивость, нормирование, управление. Смоленск: Ойкумена, 2011. - 176 с.
9. Cole, David N.; Stankey, George H. 1997. Historical development of limits of acceptable change: conceptual clarifications and possible extensions. In: McCool, Stephen F.; Cole, David N., comps. Proceedings - limits of acceptable change and related planning processes: progress and future directions: from a workshop held at the University of Montana's Lubrecht Experimental Forest. Gen. Tech. Rep. INT-GTR-371. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station: 5-9

Тенденции изменения вызванной сейсмичности при продолжительном сильном антропогенном воздействии

***Родкин М.В. *(ИТПЗ РАН, rodkin@mitp.ru; ИПНГ РАН),
Прохорова Т.В. (ИТПЗ РАН, tatprokh@mitp.ru),
Рукавишникова Т.А. (ИТПЗ РАН, rukavishnikova_t@mail.ru)***

Аннотация

Вызванная сейсмичность может возникать при различных по природе техногенных воздействиях, в частности при горных работах и при добыче УВ. При этом, даже слабые вызванные землетрясения при отсутствии антисейсмических требований при строительстве и на слабых грунтах могут вызывать значительный ущерб. Контроль опасности вызванной сейсмичности обычно предусматривает ограничение техногенного воздействия, если вблизи точки воздействия происходит более сильное событие. Но это не обеспечивает безопасности, так-как вызванные землетрясения могут происходить на большем расстоянии и существенно позже антропогенного воздействия. То-есть, потенциальная опасность вызванной сейсмичности больше, чем предполагается таким методом. С другой стороны, наблюдались случаи уменьшения вызванной сейсмичности при длительных техногенных воздействиях.

Рассмотрены примеры вызванной сейсмичности при горных работах, добыче УВ и в окрестности крупных водохранилищ. В большинстве случаев, после роста вызванной сейсмичности, имеет место спад сейсмической активности. Сначала происходит уменьшение доли более сильных событий (рост b-value), а затем и общее уменьшение числа землетрясений. Эффект уменьшения вызванной сейсмичности при длительном сильном антропогенном воздействии важен в практическом отношении; физически этот эффект может объясняться релаксацией исходных тектонических напряжений.

Ключевые слова

Вызванная сейсмичность, спад сейсмической активности со временем

Источники финансирования

Работа выполнена в рамках государственных заданий ИТПЗ РАН и ИПНГ РАН, тема № FMM E-202 5 -00 12, 125021302095-2.

Теория

Постановка задачи

Проблема вызванной сейсмичности не нова [1-3 и др.]. Сильный рост сейсмичности регистрировался при заполнении водохранилищ, при горных и УВ разработках, при закачках технических вод. В отдельных случаях число землетрясений возрастало в сотни раз. В ряде работ к вызванной сейсмичности относили и наиболее разрушительное в Российской Федерации Нефтегорское землетрясение. Проведенные затем палеосейсмологические исследования показали, однако, что сильные землетрясения происходили в районе Нефтегорска и ранее [4]. Известно также, что сильные землетрясения в слабосейсмичных областях случаются и там, где сильное антропогенное воздействие отсутствует [5]. Реальный рост сейсмичности следует отличать от кажущегося, связанного с улучшением сейсмологических наблюдений. При постановке крупных проектов, будь то разработка большого месторождения или сооружение крупного водохранилища, ставится локальная сеть сейсмических наблюдений. Уже одно это часто приводит к росту числа зарегистрированных слабых событий. В [6] показано, что в ряде случаев вывод о развитии вызванной сейсмичности

был некорректным, и рост числа сейсмических событий вполне объясняется улучшением системы наблюдений и регистрацией взрывов.

Вышесказанное демонстрирует сложность явления вызванной сейсмичности, но не ставит под вопрос существование этого явления. Примеров убедительного совпадения случаев антропогенной нагрузки и роста сейсмичности вполне достаточно [7, 8 и др.]. В частности, в области добычи сланцевой нефти в США поток слабых землетрясений в течение многих лет превышал число событий в таком высокосейсмичном районе, как Калифорния. Естественно, возникает вопрос, означает ли это, что здесь так же следует ждать столь же сильных землетрясений, что систематически происходят в Калифорнии.

Опасения подкрепляются тем, что в ряде случаев вызванные землетрясения вызывают существенный ущерб. Такой ущерб возможен и от слабых землетрясений, при отсутствии антисейсмических мероприятий и на слабых грунтах, на которых сейсмические воздействия проявляются особенно сильно.

С целью уменьшения опасности вызванной сейсмичности используются ограничения на интенсивность техногенных воздействий при возникновении более сильных событий. Сразу заметим, что эта методика не обеспечивает полной безопасности. Некоторые, предположительно вызванные землетрясения, происходят дальше от рудников, скважин или водохранилищ, и с большей задержкой по времени, чем это предполагается в рамках этой методики; при этом среди таких землетрясений могут быть и довольно сильными. Те есть, опасность вызванной сейсмичности может оказаться выше, чем это обычно предполагается. С другой стороны, по данным длительного мониторинга вызванной сейсмичности в районе Ингури ГЭС, отмечается [9], что после периода роста, вызванная сейсмичность уменьшилась и приблизилась к исходному уровню, несмотря на продолжение антропогенного воздействия.

Ниже обсуждаются тенденции проявления вызванной сейсмичности и опасности вызванной сейсмичности. Основное внимание уделяется тенденции возможного уменьшения вызванной сейсмичности при длительном сильном техногенном воздействии.

Результаты

Представим примеры изменения вызванной сейсмичности при придельном сильном техногенном содействии. На рис. 1 приведены данные об интенсивности потока событий $M \geq 2.7$ и объемам закачек вод и добычи нефти в Оклахоме (США). Видно, что резкий спад потока событий имеет место на фоне слабо меняющихся объемов закачек и добычи УВ. Ряд других случаев дает аналогичные результаты.

Для рассмотрения вызванной сейсмичности областей горнорудных комплексов (высматривались примеры: Жезказган полиметаллический рудный комплекс (свинец, медь, иные компоненты), Сев-Уральский бокситовый бассейн и Сев-Кизеловский угольный бассейн) информация обычно менее полная. Часто имеются только отрывочные данные по объемам добычи. В некоторых случаях наблюдаются также непонятные вариации числа событий по времени суток. Но общий характер изменчивости сейсмичности указывает на тенденцию уменьшения активности со временем. На рис.2 приведены данные по изменениям b -value в районе горнорудного комплекса в Жезказгане. Четко видна тенденция роста со временем величин b -value (в терминах энергетических классов). В качестве достоверно регистрируемых событий были приняты горные удары с $K \geq 3.0$. Общая тенденция уменьшения доли сильных событий (рост b -value) осложнена тремя эпизодами уменьшения величин b -value, сопряженными с моментами возникновения трех сильнейших событий с $K=7.6$, 7.0 и 6.8 .

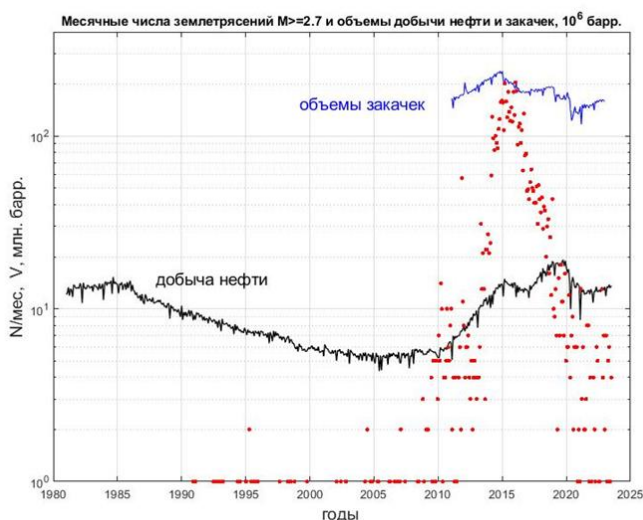


Рисунок 1. Число значимых событий в месяц ($M \geq 2.7$, красные точки) и суммарные объемы добычи нефти и закачек в Оклахоме

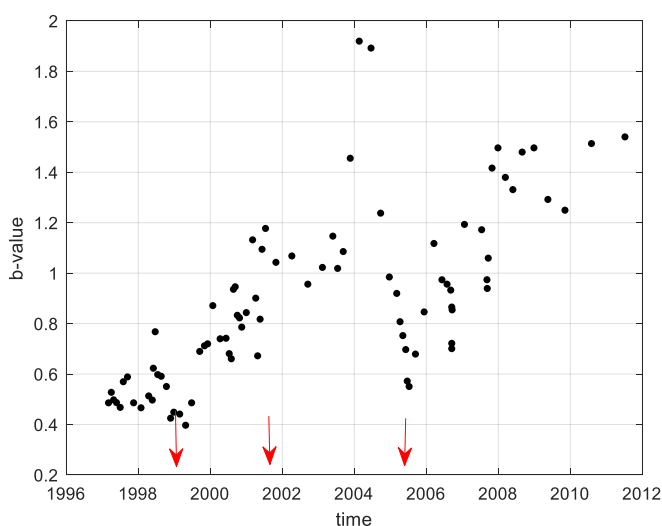


Рисунок 2. Жезказган b-value. Стрелками указаны моменты трех сильнейших событий ($K=7.6$, 7.0 и 6.8)

Результаты анализа по другим рассмотренным горнодобывающим областям дают качественно аналогичные результаты. Также, как и для Жезказгана наблюдается тенденция роста величин наклона графика повторяемости со временем.

Заключение

Единообразным образом рассмотрен сейсмический режим ряда удовлетворительно обеспеченных статистическим материалом областей развития инициированной сейсмичности (районы крупных водохранилищ, интенсивной добычи традиционных и сланцевых УВ, и районы горнорудных предприятий). Во всех рассмотренных районах, более или менее определенно, выявляется ряд общих тенденций. После роста вызванной сейсмичности, даже и при продолжающемся сильном техногенном воздействии, может наблюдаться тенденция спада сейсмической активности. Для всего интервала времени роста и спада сейсмической

активности характерна тенденция роста величин наклона графика повторяемости землетрясений, эпизодически нарушаемая всплесками сейсмичности в связи с реализацией более сильных событий.

Следующий за ростом сейсмической активности спад числа значимых событий наблюдался и при уменьшении техногенной нагрузки, и при продолжающемся сильном техногенном стрессе. Можно предположить, что спад вызванной сейсмичности может быть связан с релаксацией естественных тектонических напряжений. Восстановление последних, в условиях стабильных медленно деформируемых внутриконтинентальных областей, видимо, должно происходить достаточно медленно.

Каким образом, опасность вызванной сейсмичности выше, чем это предполагается в рамках общепринятой методики уменьшения риска вызванной сейсмичности, ориентированной на снижение опасности от землетрясений, реализующихся в непосредственной близости от зон техногенного воздействия. С другой стороны, с течением времени, видимо, следует ожидать развития описанного выше общего спада инициированной сейсмичности.

Полученные результаты представляются имеющими существенный практический интерес, указывая на вероятно имеющее место систематическое уменьшение вызванной сейсмичности при длительном сильном техногенном воздействии.

Библиография

1. Адушкин В.В., Родионов В.Н., Турунтаев С.Б., Юдин А.Е. Сейсмичность месторождений углеводородов // Нефтегазовое обозрение. 2000. № 1. С. 4–15.
2. Davis S., C. Frohlich (1993) Did (Or Will) Fluid Injection Cause Earthquakes? - Criteria for a Rational Assessment. J Seismological Research Letters, 64, 207-224.
3. Гупта Х., Растоги Б. Плотины и землетрясения. МИР, Москва, 1979 г., 257 стр.
4. Рогожин Е.А. Тектоника очаговой зоны Нефтегорского землетрясения 27(28) мая 1995 г. на Сахалине// Геотектоника. 1996. № 2. С. 45-53.
5. Писаренко В.Ф., Родкин М.В. Варианты карт сейсмического районирования: 1937, 1957, 1968, 1997, 2012 – будет ли следующий? Информация 110104 (2011), Вестник ОНЗ РАН, 2011, 3, url: http://onznews.wdcb.ru/news11/info_110104.html
6. Годзиковская А.А. Местные взрывы и Землетрясения. Сейсмический режим в районах крупнейших ГЭС России. ЦСГНЭО «Гидропроект». Москва 2011. 123 с
7. Krupnick, A., Echarte, I. Induced Seismicity Impacts of Unconventional Oil and Gas Development. RFF. Report. 2017. Goebel, T.H.W. 30 p.
8. Van der Baan K., Calixto F.J. Human-induced seismicity and large-scale hydrocarbon production in the USA and Canada // Geochemistry, Geophysics, Geosystems. 2017. V. 18. № 7. P. 2467–2485.
9. Chelidze T., T. Matcharashvili, E. Mepharidze, N.Dovgal. Complexity in Geophysical Time Series of Strain/Fracture at Laboratory and Large Dam Scales: Review. Entropy 2023, 25(3), 467; <https://doi.org/10.3390/e25030467>

Симбиоз технологий и биоразнообразия: снижение углеродного следа ЦОД в Сясьстрое через интеграцию с питомником, теплицами и фотобиореакторами

***Тазова В.А.* (РХТУ им. Менделеева, grfrbl@gmail.com),
Финогенова А.А. (РХТУ им. Менделеева, finogenova182003@gmail.com),
Шаринова Д.И. (КФУ, shr.diliara@gmail.com)***

Аннотация

Стремительное развитие цифровой инфраструктуры в России усилило интерес к центрам обработки данных (ЦОД), создавая вызовы для соблюдения принципов ESG, особенно в контексте выбросов CO₂. В работе предложена интеграция трех растительных систем для абсорбции углекислого газа, что снижает углеродный след и повышает экологическую устойчивость. Анализ подтверждает высокую эффективность и масштабируемость метода.

Ключевые слова

центры обработки данных (ЦОД), экологическая устойчивость, ESG, сокращение выбросов CO₂, зелёная экономика

Теория

Современный экологический кризис, вызванный активным антропогенным воздействием, делает сохранение биоразнообразия особенно актуальной задачей на фоне роста производственных мощностей. Одним из ключевых решений этой проблемы является развитие зелёной экономики, основанной на ресурсосберегающих и экологически чистых технологиях. [1]

С увеличением количества центров обработки данных (ЦОД) возрастает и уровень теплового и углеродного загрязнения. Фактически, работа дата-центров сопровождается образованием нескольких вторичных ресурсов: это теплота продуктов сгорания природного газа из энергоцентра (или теплота дымовых газов с температурой 500–700 °C), CO₂, содержащийся в дымовых газах (примерно 10–12% по объёму), а также тёплый воздух, отводимый от оборудования ЦОД (с температурой 30–40 °C). Их выбросы оказывают негативное влияние на окружающую среду, а прогнозы указывают на дальнейшее расширение данной инфраструктуры. [2] Однако традиционные методы озеленения недостаточно эффективны для улавливания CO₂ и отвода тепла, выделяемого энергоёмкими объектами, что требует поиска новых решений. [3]

В данной работе мы предлагаем создание гибридной системы, сочетающей технологическую инфраструктуру (ЦОД) с биологическими компонентами (питомник, теплица, фотобиореакторы) для сокращения углеродного следа и повышения экологической устойчивости.

Для прогнозирования ситуации была выбрана территория, прилегающая к посёлку Сясьстрой (Ленинградская область). Выбор данной локации обусловлен рядом ключевых факторов. Во-первых, близость гидрографических объектов — Ладожского озера, рек Сясь и Валгомка — обеспечивает доступ к водным ресурсам, которые могут быть использованы для хозяйственно-технических нужд. Во-вторых, умеренно-континентальный климат с сезонными температурными колебаниями в диапазоне от –13°C до +23°C [4] минимизирует энергозатраты на терморегуляцию дата-центра. В-третьих, расположение посёлка в северной части района на федеральной автодороге Р21 (Е 105) «Кола», связывающей Санкт-Петербург с Мурманском [5], обеспечивает высокую транспортную доступность.

Проектируемый ЦОД занимает площадь 1500 м² и имеет фактическое энергопотребление 6000 кВт с учётом коэффициента эффективности использования энергии (PUE). Рядом с ЦОД расположен энергоцентр, работающий на природном газе с использованием когенерационной установки (рис.1). В процессе сжигания природного газа образуются дымовые газы, из которых примерно 11% составляет диоксид углерода (CO₂). На основе этих данных была рассчитана годовая эмиссия CO₂, которая составила 30 473 412 кг. Для нейтрализации выбросов был предложен двухуровневый подход.

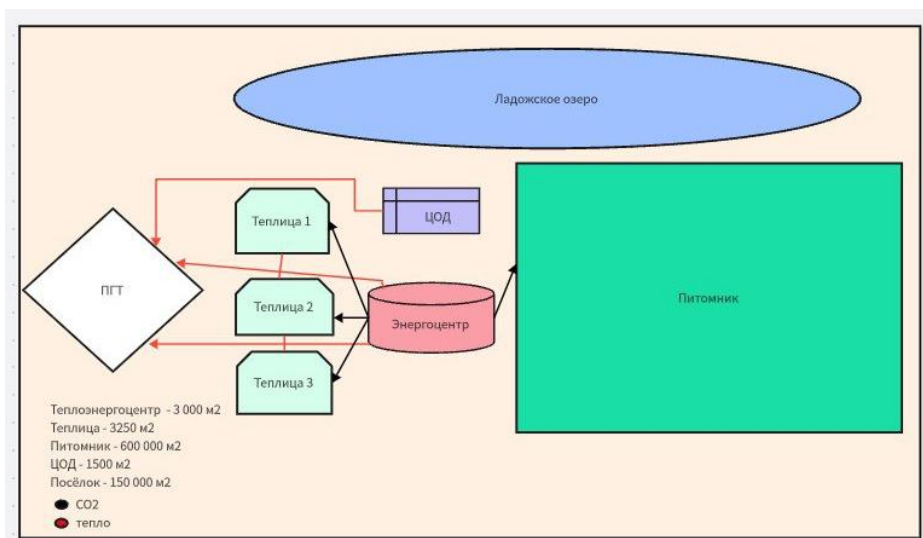


Рисунок 11. Проектируемая площадь участка (п. Сясьстрой, южная сторона Ладожского озера)

Первым инструментом нейтрализации выбросов CO₂ стало создание питомника площадью 60 га. Основными критериями для выбора культур стали поглотительная способность CO₂ (г/м²/год), а также экономическая рентабельность, включающая соотношение затрат на закупку саженцев и доходов от реализации продукции. Распределение и характеристики культур представлены в табл. 1. Согласно предварительным экономическим расчетам, установка питомника с необходимым оборудованием обойдется примерно в 128 млн рублей, а его ежегодное содержание потребует около 18 млн рублей.

Таблица 2. Распределение и характеристики культур питомника

Категория	Площадь (Га)	Процент от общей площади	Поглощение CO ₂ (кг/год на растение)	Плотность посадки	Количество растений	Поглощение CO ₂ в год, кг	Затраты на закупку	Цена продажи в год
Деревья	30	50%	5	1 дерево на 6,4 м ²	46 875	234 375	28 375 000	40 625 000
Фруктовые	21	35%	3	1 куст на 1,75 м ²	120 000	360 000	7 525 000	94 500 000
Цветы декоративные	9	15%	0,2	5 растений на м ²	670 500	283 500	12 050 000	22 050 000

Вторым инструментом стали вертикальные тепличные комплексы с замкнутым циклом. Анализ возможного отвода тепла, образующегося при сжигании природного газа, показал, что этим теплом можно обеспечить отопление трёх теплиц. Каждая теплица состоит из пяти ярусов, полезная площадь каждого яруса составляет 3250 м², что в сумме даёт общую площадь засева 48 750 м². Особенностью теплиц является непрерывная подача CO₂ от энергоцентра через систему труб, а также использование гидропонных технологий для максимизации урожайности. При выборе культур для теплиц учитывались такие параметры,

как маржинальность, количество поглощаемого CO₂ в год и скорость роста. Данные по поглощению CO₂, рыночной стоимости сельхозпродукции и плотности посадки были получены из открытых статистических источников, включая данные Росстата и FAO. Подробные данные по выбранным культурам представлены в табл. 2. С экономической точки зрения, предварительные расчёты показали, что стоимость установки трёх теплиц с необходимым оборудованием составит около 513 млн рублей, а годовые расходы на их содержание — 42,9 млн рублей.

Таблица 2. Параметры культур теплиц, затраты и показатели сбора

Название культуры	Процентное соотношение, %	Стоимость покупки одного семечка, руб	Стоимость продажи за кг, руб	Плотность посадки, количества семян/м2	Поглощение co2, кг/м2/год	Урожайность, кг/м2/год	Время созревания, сут	Количество сборов
Базилект.	10	0.21	900	50	2.5	2	30	12
Салат:	30	0.45	1050	30	2.5	4	40	9
Шпинат:	20	0.11	1100	80	4	3	30	12
Микрозелень подсолнечника	40	0.3	1000	70	2.5	4	14	26

Также мы предлагаем пластинчатые фотобиореакторы (PBRs) с водорослями интегрировать в серверные стойки (рис. 2), таким образом будет поглощаться CO₂ и эффективно отводиться тепло от процессоров. Были выбраны культуры водорослей *Chlorella Vulgaris* и *Scenedesmus* из-за быстрого роста, активного поглощения CO₂, они используют тепло от серверов для поддержания оптимальных условий, превращая CO₂ и избыточное тепло в ценную биомассу. Тепло от серверов поддерживает оптимальную температуру для роста водорослей, а нагретая вода рециркулирует в системе, охлаждаясь естественным образом в ночное время. Эти водоросли богаты питательными веществами, что делает их пригодными для пищевой, кормовой и биотопливной промышленности. Для компенсации выбросов требуется около 16 000 тонн биомассы в год. PBRs требуют капитальных вложений (121 млн руб.), с быстрой окупаемостью через продажу биомассы (500-3000 руб./кг) и годовыми расходами в 5 млн рублей.

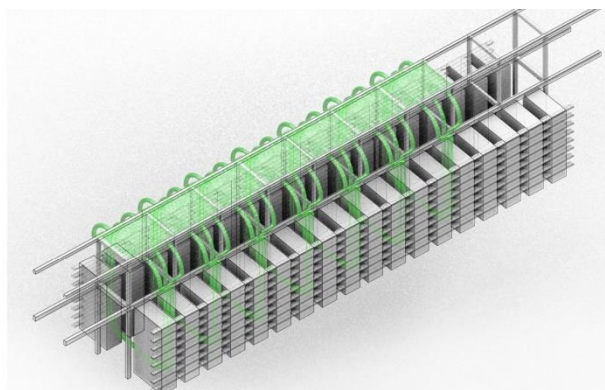


Рисунок 12. Способ интеграции пластинчатых фотобиореакторов в систему серверных стоек дата-центра

Предложенная гибридная система, объединяющая питомник, вертикальные теплицы и фотобиореакторы с микроводорослями, продемонстрировала способность поглощать 1 051 312 кг CO₂/год, что составляет 3.5% от общего объема выбросов энергоцентра ЦОД (30.5 млн кг/год). Наибольший вклад вносит питомник площадью 60 га — 886 875 кг CO₂/год (84.4). Вертикальные теплицы, использующие тепло и CO₂ от энергоцентра, обеспечивают поглощение 137 137 кг CO₂/год (13%) за счет интенсификации фотосинтеза гидропонных культур, а микроводоросли (*Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus*) в фотобиореакторах серверных

стоек утилизируют 27 300 кг CO₂/год (2.6%), одновременно снижая температуру оборудования.

Выводы

Интеграция биоразнообразия в инфраструктуру ЦОДов — это прорывной подход, превращающий экологические обязательства в инструмент устойчивого развития. Система не только сокращает углеродный след, но и производит социально-экономический вклад, от новых рабочих мест до коммерческой продукции. Однако её текущий вклад (3.5%) остаётся скромным на фоне масштабов выбросов. Для возможного достижения углеродной нейтральности потребуется увеличение площади питомника минимум в 100, что экономически и логистически недостижимо для большинства объектов.

Благодарности

Выражаем благодарность университету ИТМО за проведение кейс-чемпионата “Техносфера 2025” за идейное вдохновение для написания работы. Также компания Green Zoom и АНО «НИИУРС» за ценные советы во время проведения чемпионата.

Библиография

1. Ключева, В. А. Актуальные тенденции зеленой трансформации в России и в мире / В. А. Ключева, Н. В. Салиенко // Социальное предпринимательство и корпоративная социальная ответственность. – 2024. – Т. 5, № 1. – С. 21-36. – DOI 10.18334/social.5.1.120703.
2. Обычная погода в Сяньстрое, Россия [Электронный ресурс] // WeatherSpark. URL: <https://ru.weatherspark.com/y/97510>
3. Сяньстрой [Электронный ресурс] // Большая российская энциклопедия. URL: <https://bigenc.ru/c/sias-stroi-d08e7d> (дата обращения: 23.02.2025).
4. Green Data Center Global Market Report 2025 – By Components (Solutions, Services), By Data Center Size (Small and Medium-Sized Data Centers, Large Data Centers), By Verticals (BFSI, IT and Telecom, Media and Entertainment, Healthcare, Government and Defense, Manufacturing, Other Verticals) – Market Size, Trends, And Global Forecast 2025-2034.
5. Kapitonov, Sergey & Andrey, Osipov & Gayda, Irina & Lyashik, Yuliya & Grushevenko, Ekaterina. (2022). Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS) Technologies / Технологии по улавливанию, хранению и использованию углерода (CCUS).

***Применение микрофлюидных устройств для моделирования пористых структур
подземных сред***

***Шаталова А.С.* (ООО «ПроТех Инжиниринг», aleksandra.shatalova@pte.eurochem.ru),
Белов Д.А. (Институт аналитического приборостроения РАН, belov.da@list.ru)***

Аннотация

В работе исследован потенциал использования микрофлюидных устройств для изучения процессов, протекающих в подземных средах, выполнен анализ известных подходов к их созданию и применению в различных областях, выявлены ограничения этих устройств.

Ключевые слова

Микрофлюидика, моделирование, микромодель, пористые структуры

Теория

Изучение пористой структуры подземных сред представляет значительный интерес для нефтегазовой и химической отрасли. Понимание процессов движения потоков жидкости в поровом пространстве дает возможность решать сложные задачи, связанные с загрязнением подземных вод, пород и почв, расчетами объемной емкости резервуаров, определением эффективности закачки и извлечения подземных вод и полезных ископаемых.

Для анализа и характеристики пористых сред, наряду с лабораторными методами активно развиваются новые инструменты. На сегодняшний день широко используются методы визуального представления микротечений для исследования многофазного потока в подземных пористых средах с помощью 3D компьютерного моделирования, так называемого, цифрового ядра [1].

Важный научный и практический вклад в исследование пористых сред вносит технология микрофлюидики, позволяющая создавать искусственные физические модели (микромодели), имитирующие природные сети пор. Микрофлюидные устройства не только воспроизводят характерные особенности строения пористых материалов, но и позволяют наблюдать за динамикой жидкостей в реальном времени, что существенно расширяет возможности экспериментальных исследований.

Микрофлюидные устройства (Рисунок 1) характеризуются наличием микроразмерных структур и возможностью точного манипулирования малыми объемами жидкости [6].

Микрофлюидные устройства используются в различных областях, включая химический синтез, биологические анализы, экологический мониторинг, доставку лекарств и др. [13]. Технологии создания микрофлюидных устройств хорошо отработаны и позволяют формировать микроструктуры в различных материалах.

Целью работы являлось исследование потенциала использования микрофлюидных устройств для изучения процессов, протекающих в подземных средах, анализ известных подходов к их созданию и применению, а также выявление ограничений этих устройств.

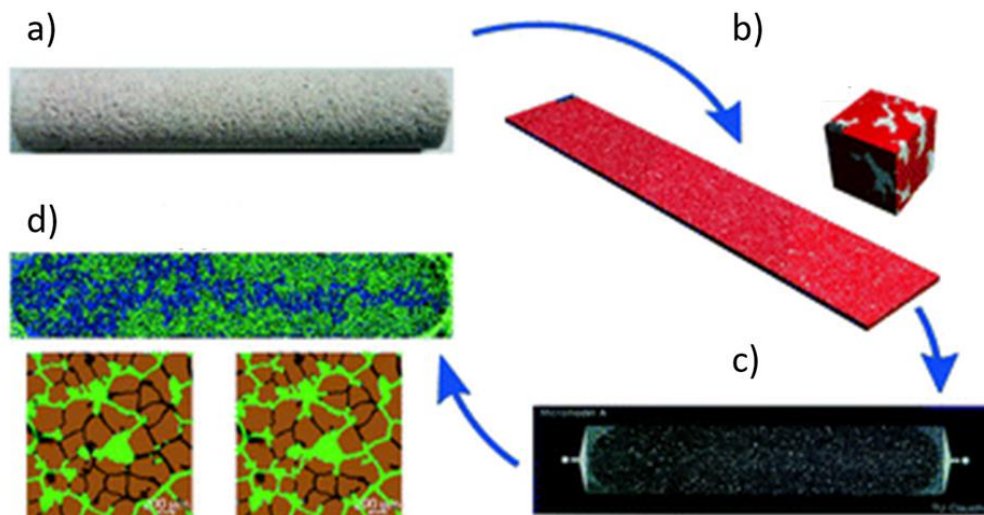


Рисунок 1. Создание и применение микрофлюидных устройств в задачах моделирования пористых структур подземных сред: а) визуализации подземной среды с высоким разрешением с помощью микроскопической компьютерной томографии (μ СТ); б) проектирование структур микромоделей; в) изготовление микрофлюидного устройства; д) моделирование процессов, протекающих в пористых структурах [5]

Использование микрофлюидных устройств для изучения подземных сред связано с созданием микромоделей, имитирующих природные пористые среды, структура которых может быть изучена с высоким разрешением, например, методом микроскопической компьютерной томографии (μ СТ). Микромоделей позволяет изучать поведение однофазных и двухфазных жидкостей во время процессов впитывания и дренажа, а также оценивать влияние смачиваемости и корреляцию между численным моделированием и экспериментальными наблюдениями.

Микромоделей можно классифицировать по геометрии и топологии их структур на три основные категории [8]:

- идеальные регулярные топологии, характеризующиеся идентичными размерами и формой структур;
- частично регулярные топологии, в которых геометрия структур различна, однако совокупно они образуют регулярный узор;
- нерегулярные топологии, структуры которых имеют случайное расположение, а размеры структур распределены статистически.

На рисунке 2 приведены примеры идеальной регулярной и нерегулярной топологий.

Основные области применения микрофлюидных устройств связаны с изучением восстановления грунтовых вод [3], процессов растворения [14], разделения дисперсных сред [15], подземного хранения различных газов [2, 4, 10, 11], повышения нефтеотдачи [9] и др. [12].

Микрофлюидные устройства позволяют получить наборы экспериментальных данных, которые подтверждают результаты численного моделирования и дают возможность создавать более точные и надежные численные модели [12]. При этом, численное моделирование дополняет эксперименты, поскольку позволяет отображать свойства жидкостей и их переноса, которые трудно измерить экспериментальным путем, например, профили давления и скорости, концентрацию растворенных веществ и распределение минералов [18].

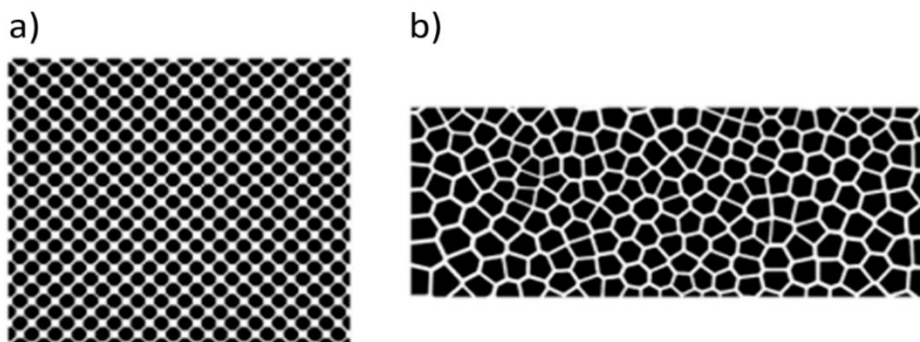


Рисунок 2. Примеры идеальной регулярной (а) и нерегулярной (б) топологий микромоделей [12]

К ограничениям микрофлюидных устройств можно отнести следующее.

1. Микроструктуры, создаваемые в микрофлюидных устройствах, имитируют естественные пористые структуры и связаны с упрощениями и качественными несоответствиями природным средам.
2. При использовании большинства методов изготовления микрофлюидных устройств крайне сложно добиться размеров каналов менее нескольких микрометров. При этом, метод мягкой литографии в совокупности с использованием таких материалов, как полидиметилсилоксан (PDMS), позволяет достичь субнанометровых размеров структур [16].
3. Свойства поверхностей микромоделей не в полной мере соответствуют природным пористым средам.
4. Микрофлюидные устройства, как правило, выполняются планарными, т.е. микромодели являются двумерными. Степень корреляции между двумерными и трехмерными свойствами горных пород требует дальнейшего изучения [17]. Для преодоления этого ограничения были разработаны подходы, основанные на 2,5D- и 3D-печати [7].

Выводы

Микрофлюидные устройства могут быть использованы в качестве мощного инструмента для исследования явлений течения жидкости, происходящих в пористых структурах подземных сред. Они позволяют визуализировать физические и химические процессы, контролируемо изменять свойства материалов и поверхностей и проводить эксперименты с высокой повторяемостью. Их использование в совокупности с численным моделированием позволяет с хорошей степенью достоверности имитировать процессы, происходящие в пористых структурах подземных сред.

Библиография

1. Балашов В.А., Савенков Е.Б. Цифровой керн. Моделирование микротечений в поровом пространстве пород коллекторов // Деловой журнал Neftegaz.RU. 2019. № 7(91). С. 80-85.
2. Amarasinghe W., Farzaneh S., Fjelde I., Sohrabi M., Guo Y. A Visual Investigation of CO₂ Convective Mixing in Water and Oil at the Pore Scale Using a Micromodel Apparatus at Reservoir Conditions // Gases. 2021. Vol. 1. P. 53–67.
3. Browne C.A., Shih A., Datta S.S. Pore-scale flow characterization of polymer solutions in microfluidic porous media // Small. 2019. Vol. 16. Art. e1903944.

4. Datta S.S., Battiato I., Fernø M.A., Juanes R., Parsa S., Prigiobbe V., Santanach-Carreras E., Song W., Biswal S.L., Sinton D. Lab on a chip for a low-carbon future // *Lab Chip*. 2023. Vol. 23. P. 1358–1375.
5. Gaol C.L., Wegner J., Ganzer L. Real structure micromodels based on reservoir rocks for enhanced oil recovery (EOR) applications // *Lab on a Chip*. 2020. Vol. 20. P. 2197.
6. Hajam M.I., Khan M.M. Microfluidics: a concise review of the history, principles, design, applications, and future outlook // *Biomater Sci*. 2024. Jan 16. Vol. 12, № 2. P. 218–251.
7. Ishutov S. Establishing framework for 3D printing porous rock models in curable resins // *Transp Porous Media*. 2019. Vol. 129. P. 431–448.
8. Karadimitriou N.K., Hassanizadeh S.M. A review of micromodels and their use in two-phase flow studies // *Vadose Zone J*. 2012. Vol. 11. Article vzj2011.0072.
9. Lei W., Liu T., Xie C., Yang H., Wu T., Wang M. Enhanced oil recovery mechanism and recovery performance of micro-gel particle suspensions by microfluidic experiments // *Energy Sci. Eng*. 2020. Vol. 8. P. 986–998.
10. Lysy M., Ersland G., Fernø M. Pore-scale dynamics for underground porous media hydrogen storage // *Adv. Water Resour*. 2022. Vol. 163. Art. 104167.
11. Massimiani A., Panini F., Marasso S.L., Vasile N., Quaglio M., Coti C., Barbieri D., Verga F., Pirri C.F., Viberti D. Design, Fabrication, and Experimental Validation of Microfluidic Devices for the Investigation of Pore-Scale Phenomena in Underground Gas Storage Systems // *Micromachines*. 2023. Vol. 14. Art. 308.
12. Massimiani A., Panini F., Marasso S.L., Cocuzza M., Quaglio M., Pirri C.F., Verga F., Viberti D. 2D Microfluidic Devices for Pore-Scale Phenomena Investigation: A Review // *Water*. 2023. Vol. 15. Art. 1222.
13. Niculescu A.G., Chircov C., Bîrcă A.C., Grumezescu A.M. Fabrication and Applications of Microfluidic Devices: A Review // *Int J Mol Sci*. 2021. Feb 18. Vol. 22, № 4. Art. 2011.
14. Poonosamy J., Soulaïne C., Burmeister A., Deissmann G., Bosbach D., Roman S. Microfluidic flow-through reactor and 3D Raman imaging for in situ assessment of mineral reactivity in porous and fractured porous media // *Lab Chip*. 2020. Vol. 20. P. 2562–2571.
15. Quaglio M., Frascella F., Marasso S.L., Cocuzza M., Viberti D., Amendola A., Carminati S., Pirri C.F. Design and Characterization of Microfluidic Devices for Water/Oil Separation // *Proceedings of the Offshore Mediterranean Conference and Exhibition*. Ravenna, Italy. 2019. P. 27–29.
16. Raj M.K., Chakraborty S. PDMS microfluidics: A mini review // *Journal of Applied Polymer Science*. 2020. Art. 48958.
17. Saxena N., Mavko G., Hofmann R., Srisutthiyakorn N. Estimating permeability from thin sections without reconstruction: Digital rock study of 3D properties from 2D images // *Comput. Geosci*. 2017. Vol. 102. P. 79–99.
18. Yiotis A., Karadimitriou N.K., Zarikos I., Steeb H. Pore-scale effects during the transition from capillary- to viscosity-dominated flow dynamics within microfluidic porous-like domains // *Sci. Rep*. 2021. Vol. 11. Art. 3891.

Актуализация геоэкологической научно-информационной базы бассейна р. Осётр по результатам экспедиционных исследований 2021-2024 гг.

***Юрова Ю.Д.* (ФГБОУ ВО ГУЗ, yuliya.yurova.1996@mail.ru),
Широкова В.А. (ИИЕТ РАН им. С.И. Вавилова РАН, vshirocova@yandex.ru),
Тарасов А.Е. (ФГБОУ ВО ГУЗ, andrtar@bk.ru)***

Аннотация

В работе представлены результаты актуализации геоэкологической научно-информационной базы бассейна р. Осётр по результатам экспедиционных исследований 2021-2024 гг.

Для актуализации уже существующей геоэкологической научно-информационной базы паспортизации водных объектов (ГПВО) - «Геоэкологический паспорт бассейна р. Осётр», - выбрана территория от н/п Маркино до н/п Берхино в границах скринингового участка от н/п Зарайск до н/п Акатьево. Комплексные геоэкологические исследования (2021-2024 гг.) для формирования геоэкологической оценки современного состояния среднего и нижнего течения бассейна р. Осётр проводились, преимущественно, на опытном участке НУБ «Горное» в пределах от н/п Зарайск до н/п Власьево

По результатам экспедиционных исследований 2021-2024 гг., геоэкологическая научно-информационная база бассейна р. Осётр пополнена аналитическими количественными и качественными оценками состояния ОС. В основе - материалы, полученные в период научных экспедиционных исследований с 2021 по 2024 гг. на скрининговом участке от н/п Зарайск – до н/п Акатьево; опубликованные научные работы/концепции по теме исследования (2015-2024), отчеты НИР за 2021-2024 гг. (ФГБОУ ВО ГУЗ), результаты применения дистанционного зондирования и ГИС-технологий, полученные для всей территории бассейна р. Осётр.

Ключевые слова

Научно-информационная база, ГПВО, геоэкологическая оценка, НУБ «Горное», опытный участок

Источники финансирования

Работа выполнена в рамках крупного научного проекта «Динамика геоэкологического состояния бассейнов горных рек Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Ирана в условиях изменения климата и растущей антропогенной нагрузки» (Соглашение Минобрнауки РФ № 075-15-2024-644).

Теория

Работы по изучению водосбора бассейна р. Осётр проводились с 1947 г., большая часть которых была посвящена изучению местных природных условий Зарайского района Московской области, геоморфологического строения и истории формирования долины реки Осётр, степной растительности в бассейне среднего течения р. Осётр в пределах Московской области, дифференциацией сельскохозяйственных земель и др.

Одними из значимых, комплексных и обобщающих работ по изучению современного состояния бассейна р. Осётр следует отметить работу по геоэкологической оценке антропогенного воздействия на водосборный бассейн реки Осётр (Юрова Ю.Д., Широкова В.А., 2022), включающую формирование комплексной геоэкологической оценки водосборной территории р. Осётр в условиях антропогенного воздействия на основе результатов многолетних экспедиционных полевых исследований (2015 по 2022 гг.). При недостаточности

репрезентативных стационарных и полевых исследований, авторами разработана геоэкологическая научно-информационная база паспортизации водных объектов для комплексной геоэкологической оценки водосборной территории бассейна р. Осётр. На основании фактического материала апробирована разработанная многокомпонентная методика геоэкологической оценки антропогенного воздействия на водосборный бассейн р. Осётр с применением геоэкологического скрининга с использованием авторских методов, критериев и уровней геоэкологической напряжённости речных экосистем. **Работа включает:** результаты комплексной геоэкологической оценки водосборной территории р. Осётр в условиях антропогенного воздействия (Широкова В.А., Юрова Ю.Д., 2021), геоэкологической оценки территории НУБ «Горное» Зарайского района Московской области (Юрова Ю.Д., Широков Р.С., 2021); геоэкологические аспекты оценки рекреационного потенциала бассейна реки Осётр как основы развития экологического туризма (Shirokova V.A., Shirokov R.S., Khutorova A.O. et al., 2018; Shirokova V.A., Yurova Y.D., Khutorova A.O., 2021) и др. [1-2,4,6].

В проведении **комплексных геоэкологических исследований** водосборной территории р. Осётр в условиях антропогенного воздействия для актуализации научно-информационной базы стоит отметить работы по оценке риска деградации сельскохозяйственных угодий водосборной территории бассейна реки Осётр (Широкова В.А., Юрова Ю.Д., Широков Р.С., 2024); геоэкологической оценке состояния аквальных комплексов бассейна р. Осётр в туристско-рекреационном аспекте (Юрова Ю.Д., Широкова В.А., Широков Р.С., 2024) и др. [2,5].

Создание и актуализация цифровой научно-информационной базы данных, тематических картосхем с использованием ГИС и ДЗЗ - является важным результатом при проведении геоэкологических исследований, определении гидролого-гидрохимических, метеорологических и агроэкологических изменений, выявлении связей современных геоэкологических процессов с колебаниями уровней антропогенной нагрузки бассейна р. Осётр, включая опытный участок – **научно-учебную базу «Горное» (далее - НУБ «Горное»)**. Опыт и подходы к формированию научно-информационной базы нашли отражение в работах по созданию геоэкологического портала бассейнов малых и средних рек (Shirokova V.A., Yurova Y.D., Shirokov R.S. et al., 2021); разработке геоэкологической научно-информационной базы паспортизации водных объектов для комплексной геоэкологической оценки водосборных территорий бассейнов малых и средних рек при недостаточности репрезентативных стационарных и полевых исследований (Юрова Ю.Д., Широкова В.А., 2022); геоэкологического портала «Геоэкологический паспорт бассейна р. Осётр» (Юрова Ю.Д., Широкова В.А., Широков Р.С., 2023); разработке классификации субаквальных территорий по методике Д.Л. Ростена на примере бассейна реки Осётр (Данилушкин Н.О., Широков Р.С., 2024) и др. [2,3,5-6].

Для актуализации уже существующей геоэкологической научно-информационной базы паспортизации водных объектов (ГПВО) - «Геоэкологический паспорт бассейна р. Осётр» выбрана территория от **н/п Маркино до н/п Берхино** в границах скринингового участка от **н/п Зарайск до н/п Акатьево**. Комплексные геоэкологические исследования (**2021-2024 гг.**) для формирования геоэкологической оценки современного состояния среднего и нижнего течения бассейна р. Осётр проводились, преимущественно, на опытном участке **НУБ «Горное»** в пределах от **н/п Зарайск до н/п Власьево** (Рисунок 1).

Работы по проведению геоэкологического мониторинга на территории опытного участка НУБ «Горное» Государственного университета по землеустройству в Зарайском районе Московской области проводятся с 2015 г. по настоящее время. В работе по проведению геоэкологической оценки территории НУБ «Горное» Зарайского района Московской области Ю.Д. Юровой и Р.С. Широковым (2021) отмечено, что: «**НУБ «Горное» - уникальный**

природный объект, который выполняет образовательную, научно-прикладную, исследовательскую и производственную функции и предназначен для обеспечения устойчивого развития природных территорий, что приводит к необходимости проведения комплексного геоэкологического мониторинга и геоэкологической оценки, которые позволят проследить не только изменение качества компонентов геосистем, но и составить картину антропогенного влияния в целом. Сеть геоэкологического мониторинга охватывает различные функциональные зоны территории НУБ «Горное», а также отдельные территории водосборного бассейна р. Осётр - Зарайский и частично Луховицкий районы» [4].

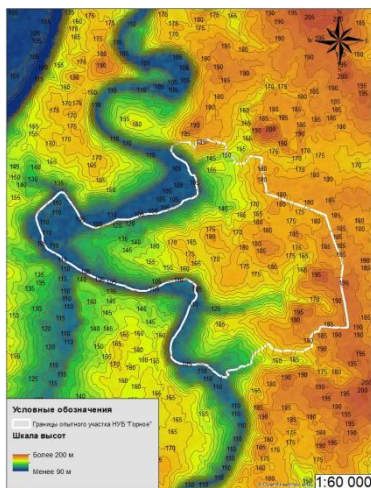


Рисунок 1. Опытный участок
(н/п Спас-Дощатый
-н/п Власьево)

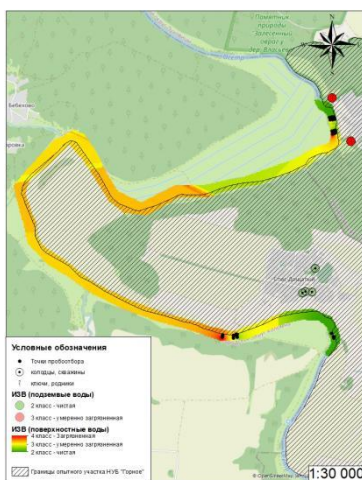


Рисунок 2. Классификация
качества поверхностных и
подземных вод в зависимости
от значений ИЗВ (2024 г.)

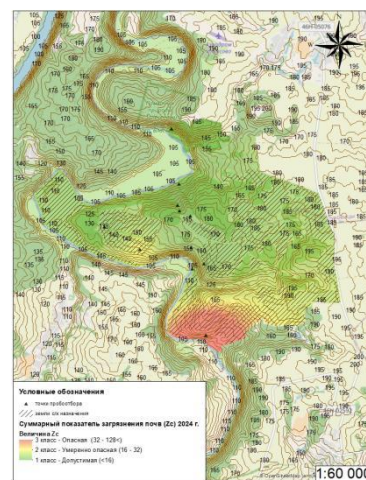


Рисунок 3. Классификация
качества почв в зависимости
от значений Zc(2024 г.)

По результатам экспедиционных исследований **2021-2024 гг.**, актуализированную геоэкологическую научно-информационную базу бассейна р. Осётр добавлены количественные и качественные оценки. **В основе** - материалы, полученные в период научных экспедиционных исследований с **2021 по 2024 гг.** на скрининговом участке от н/п Зарайск – до н/п Акатьево; опубликованные научные работы/концепции по теме исследования (2015-2024), отчеты НИР за 2021-2024 гг. (ФГБОУ ВО ГУЗ), результаты применения дистанционного зондирования и ГИС-технологий, полученные для всей территории бассейна р. Осётр, которые **включают [1-6]:**

- результаты гидролого-гидрохимического мониторинга поверхностных и подземных вод бассейна, включающие оценку качества воды рыбохозяйственного и культурно-бытового значения по химическим (интегральным) и санитарно-гигиеническим показателям (2021-2024 гг.);
- результаты литогеохимического изучения почв, газогеохимического состояния и экологических функций почв (2021-2024 гг.);
- оценку влияния климатических факторов на изменение стока воды в водном объекте (2021-2024 гг.);
- метеорологические исследования (2021-2024 гг.);
- оценку агроэкологического и рекреационного потенциала (2021-2024 гг.)

Для актуализации геоэкологической научно-информационной базы бассейна р. Осётр по результатам экспедиционных исследований и актуализированных данных за 2021-2024 гг.

произведен расчёт комплексных показателей загрязнения компонентов геосистем (ИЗВ, Zс, ИЗА и др.) и **создан комплект тематических картосхем** - геоэкологических моделей трансформации изменений природной среды с зонированием исследуемой территории по уровням геоэкологической напряженности за 2021-2024 гг.: поверхностные и подземные воды - классификация качества воды в зависимости от значений ИЗВ (Рисунок 2, фрагмент); почвы - классификация качества почв в зависимости от значений Zс (Рисунок 3, фрагмент); атмосферный воздух - классификация качества воздуха в зависимости от значений ИЗА; доля и степень антропогенной нагрузки.

Библиография

1. Широкова В.А., Юрова Ю.Д. Комплексная геоэкологическая оценка водосборной территории р. Осетр в условиях антропогенного воздействия // Региональные геосистемы. 2021. Т. 45, № 4. С. 601–616 DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-4-601-616
2. Юрова Ю.Д. Геоэкологическая оценка антропогенного воздействия на водосборный бассейн реки Осётр: дис. ... канд. геогр. наук: 1.6.21 (25.00.36). М., 2022, 131 с.
3. Юрова Ю.Д., Широкова В.А., Широков Р.С. Геоэкологический портал «Геоэкологический паспорт бассейна р. Осётр» // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Том XIII. Науч. ред. И.А. Керимов, В.А. Широкова, В.Б. Заалишвили, В.И. Черкашин / Под ред. В. Б. Заалишвили, И. А. Керимов, В. Черкашин, В. А. Широкова. Т. 13. Москва ИИЕТ РАН: 2023. С. 684–690 DOI: 10.26200/GST0U.2023.47.54.099
4. Юрова Ю.Д., Широков Р.С. Геоэкологическая оценка территории НУБ Горное Зарайского района Московской области // Региональные геосистемы. 2021. Т. 45, № 1. С. 118–128 DOI: 10.18413/2712-7443-2021-45-1-118-128
5. Юрова Ю.Д., Широкова В.А., Широков Р.С. Геоэкологическая оценка состояния аквальных комплексов бассейна р. Осетр: туристско-рекреационный аспект // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Том XIV / Науч. ред. И.А. Керимов, В.А. Широкова. Т. 14. ИИЕТ РАН Москва: 2024. С. 532–537 DOI: 10.25744/1.2024.14.66.082
6. Shirokova V.A., Yurova Y.D., Shirokov R.S. et al. Geoecological passport for small and medium river basins // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 867, no. 1. P. 012056 DOI: 10.1088/1755-1315/867/1/012056

Оценка ситуации стихийного бедствия в провинции Шонла, Вьетнам в период 2011-2024 гг.

Нгуен Ч.Н. (МГРИ, Вьетнамский институт стратегических исследований и промышленной и торговой политики, Nghiant.vioit@mail.ru)

Аннотация

В условиях усиливающихся проявлений и последствий изменения климата, стихийных бедствий, происходящих с возрастающей частотой и интенсивностью, управление рисками стихийных бедствий становится все более актуальным. Стихийные бедствия осложняют развитие событий, влияют на экономическое и социальное развитие. В статье представлены результаты исследования текущего состояния ущерба, нанесенного стихийными бедствиями в провинции Шонла за период 2011–2024 гг. Для проведения исследования автор использовал методы сбора, обработки, анализа и синтеза документов, в сочетании с полевыми обследованиями для определения текущего состояния стихийных бедствий в провинции Шонла. Результаты исследования являются частью управления рисками, которое помогает менеджерам принимать соответствующие политические решения для минимизации рисков, вызванных стихийными бедствиями.

Ключевые слова

стихийное бедствие, оползень, провинция Шонла, Вьетнам

Теория

Для получения информации об ущербе, причиненном стихийными бедствиями, был проведен сбор, анализ и обобщение данных, отчетов об ущербе и документов, относящихся к содержанию исследования (природные условия, социально-экономические условия, пострадавшие от стихийных бедствий). В ходе исследования было выполнено полевое обследование территории провинции Шонла.

Провинция Шонла расположена в точке с координатами от 20°39' до 22°02' северной широты; от 103°11' до 105°02' восточной долготы [4]. Шонла — горная провинция на северо-западе Вьетнама, граничащая с 6 северными провинциями Вьетнама и Лаосской Народно-Демократической Республикой, включающая 12 административных единиц районного уровня, является третьей по величине провинцией Вьетнам. Рельеф Шонла представляет собой горы средней высоты с высотой от 120 до 2.985 м. Вследствие влияния неотектонической активности рельеф сильно расчленен, местами образуя тектонические стены. Рельеф провинции делится на 5 уровней уклона; Примечательно, что более 60% площади провинции приходится на склоны крутизной 25–45° [2]. Рельеф местности на этом уровне склона благоприятен для возникновения оползней с высокой плотностью и частотой. На остальных уровнях склонов рельефа оползни наблюдаются реже.

Основными причинами образования оползней в районе исследования являются экстремальные погодные условия, продолжительные обильные осадки, деятельность человека по изменению землепользования и сложные геологические условия. Среднегодовое количество осадков колеблется от 1.400 до 1.700 мм/год и концентрируется в июне, июле и августе [4]. Многие факторы, такие как топография, геология, почвенный покров, толщина коры выветривания, тип почвы и ее толщина, также способствуют оползням, происходящим в исследуемой области.

В последние годы в провинции Шонла погода была сложной, экстремальной и необычной. Непредсказуемые стихийные бедствия происходят с возрастающей частотой и силой, вызывая более серьезный ущерб, особенно внезапные наводнения и оползни. По

оценкам, в 6 из 12 районов провинции существует высокий или более высокий риск возникновения внезапных наводнений и оползней.

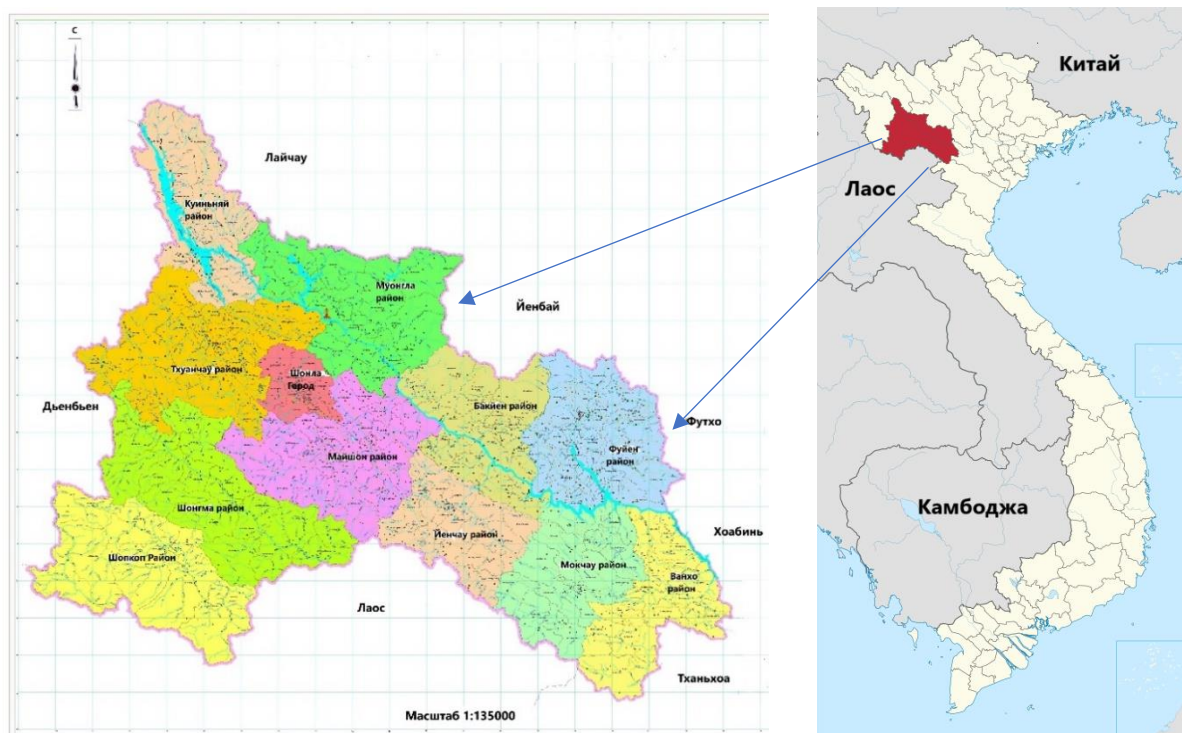


Рисунок 1. Расположение района исследования

Стихийные бедствия являются одной из опасностей, которые наносят значительный ущерб Шонла. Уровень риска стихийных бедствий в провинции Шонла приведен в таблице 1.

Таблица 1. Уровень риска стихийных бедствий в провинции Шонла [3]

Район, город	Тип стихийного бедствия							
	Сильный дождь	Внезапные наводнения, оползни	Холод, сильный холод	Засуха	Град и грозы	Изморозь	Наводнение	Землетрясение
Шонла Сити	Высокий	Середина	Середина	Середина	Высокий	Высокий	Высокий	Очень низкий
Куинья	Высокий	Очень высокий	Короткий	Короткий	Середина	Короткий	Короткий	Очень низкий
Туанчау	Середина	Середина	Середина	Короткий	Середина	Середина	Середина	Очень низкий
Муонгла	Очень высокий	Очень высокий	Середина	Короткий	Середина	Очень высокий	Высокий	Короткий

Бакйен	Середин	Высокий	Высокий	Середина	Середина	Очень высокий	Очень низкий	Очень низкий
Фуйен	Середин	Высокий	Короткий	Короткий	Середина	Короткий	Короткий	Очень низкий
Мокчау	Высокий	Середина	Высокий	Короткий	Высокий	Высокий	Высокий	Середина
Йенчау	Высокий	Середина	Высокий	Высокий	Середина	Середин	Середин	Очень низкий
Майшон	Середин	Середина	Высокий	Высокий	Высокий	Очень высокий	Высокий	Очень низкий
Шонгма	Середин	Очень высокий	Короткий	Высокий	Середина	Середин	Короткий	Короткий
Шопкоп	Середин	Середина	Короткий	Середина	Середина	Очень высокий	Короткий	Короткий
Ванхо	Очень высокий	Высокий	Высокий	Короткий	Середина	Короткий	Середин	Середина

С другой стороны, Шонла подвержена различным видам стихийных бедствий, особенно оползням, которые повреждают дороги, мосты и сельскохозяйственные угодья, нарушают дорожное движение и влияют на жизнь людей. Подробная информация об ущербе приведена в таблице 2.

Таблица 2. Сводка ущерба, причиненного стихийными бедствиями в провинции Шонла в период 2011-2024 гг.

Год	Общие человеческие потери (погибшие, пропавшие без вести и раненые) (Единица измерения: количество человек)	Общая стоимость ущерба имуществу (дома, рис, урожай, аквакультура, ирригационные сооружения, дорожное движение...) (Единица измерения: млрд донгов)
2011	8	146
2012	25	331
2013	36	315
2014	21	170
2015	43	347
2016	42	433
2017	59	2.628
2018	40	1.271
2019	6	462
2020	16	219.3
2021	5	193,75
2022	23	506
2023	16	367.7
2024	18	650,44

Итого	358	8.040,19

В период с 2011 по 2024 год стихийные бедствия и оползни представляли постоянную угрозу и нанесли огромный ущерб провинции, в результате чего погибло 358 человек и был нанесен ущерб на сумму около 8.040,19 млрд донгов. В частности, 2017 год стал годом наибольшего ущерба в провинции, где прошли многочисленные сильные и очень сильные дожди, вызвавшие внезапные наводнения и оползни в некоторых районах провинции, в результате чего пострадало 59 человек (25 погибших, 04 пропавших без вести, 30 раненых), а общий экономический ущерб составил 2,628 млрд донгов [1]. Поэтому оценка и обновление информации о рисках стихийных бедствий становятся все более актуальными. Оценка текущей ситуации со стихийными бедствиями является в настоящее время научной и неотложной основой для предложения решений по предотвращению и минимизации ущерба от стихийных бедствий, в соответствии с социально-экономическими условиями исследуемой территории. В результате исследования и анализа реальности/

Выводы

1. Ежегодно в провинции Шонла часто случаются стихийные бедствия, особенно внезапные наводнения и оползни, которые приводят к серьезным последствиям. Внезапные наводнения и оползни происходят в основном в районах с сильно расчлененным рельефом. Внезапные наводнения и оползни в этой провинции часто сопровождаются сильными дождями, которые продолжаются много дней.

2. На национальных и провинциальных автомагистралях, расположенных в провинции, оползни случаются очень часто как на положительных, так и на отрицательных склонах. Объем оползня составляет от десятков до сотен м³, а его протяженность может составлять 100–200 м, что приводит к локальным заторам на дорогах.

3. Риски, вызванные оползнями в выявленной области, включают ущерб людям, имуществу и инфраструктуре, а также заторы на дорогах. Внезапные наводнения и оползни не только приводят к гибели людей и уничтожению имущества, но и оставляют после себя неровные дороги, оползни, сели, упавшие и сломанные деревья...

Поэтому необходимо проводить действительно научные исследования и оценки связанных факторов (таких как геоморфология, геология, гидрология...) синхронно, планируя работы в сфере социального обеспечения, управления и жилых районов, чтобы обеспечить науку и пригодность для минимизации вредных последствий стихийных бедствий в целом и оползней в частности, тем самым стабилизируя жизнь людей и способствуя устойчивому развитию провинции Шонла.

Библиография

1. Статистическое управление провинции Шонла. Статистический ежегодник провинции Шонла за каждый год с 2011 по 2024 год. Шонла.

2. Народный комитет провинции Шонла, План по предупреждению и борьбе со стихийными бедствиями в провинции Шонла на период 2021–2025 гг. 2021. Шонла. с 60.

3. Народный комитет провинции Шонла, План по предупреждению и борьбе со стихийными бедствиями в провинции Шонла в 2024 году. 2024. Шонла. с 28.

4. Народный комитет провинции Шонла, [Электронный ресурс]. 2024. URL: <https://sonla.gov.vn> (дата обращения: 21.02.2025).

***Перспективы создания информационно-аналитических баз данных
для оценки деятельности ООПТ по мониторингу окружающей среды
(на примере заповедников Мурманской области)***

***Сосна Е.М.* (МГРИ, emsosna@yandex.ru),
Хлебосолова О.А. (МГРИ, hlebosolova@mgri.ru)***

Аннотация

В работе обсуждается необходимость создания единой системы мониторинга состояния окружающей среды федеральных и региональных ООПТ. На примере государственных природных заповедников Мурманской области рассмотрены функции и основные задачи деятельности в контексте требований российского законодательства. Предложено использование критериально-оценочного подхода для сбора и систематизации данных из открытых источников, позволяющего описать результаты природоохранной, научно-исследовательской и рекреационной деятельности ООПТ. Создание информационно-аналитической базы данных об ООПТ Мурманской области с использованием предложенного подхода рассматривается как условие разработки проектов эффективного управления природопользованием на региональном уровне.

Ключевые слова

Система мониторинга окружающей среды, информационно-аналитическая база данных, государственный природный заповедник, критериально-оценочный подход, Мурманская область

Теория

Важным условием совершенствования деятельности особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Российской Федерации служит получение достоверной информации о фактическом состоянии всех компонентов природы (включая биологическое разнообразие на видовом и экосистемном уровне), изменении под влиянием климатических и других природных факторов, влиянии всех видов хозяйственной деятельности, а также эффективности управления природопользованием на ООПТ. Владение достоверной информацией и ее своевременный анализ позволяют вовремя выявлять опасности и риски, принимать необходимые природоохранные меры, изменять параметры рекреационного использования ООПТ, разрабатывать и внедрять комплексные научно-исследовательские программы [8]. Именно поэтому проблема создания эффективной системы экологического мониторинга в ООПТ находится в центре современных научных исследований: ей посвящено 858 диссертаций (биология – 211, науки о Земле – 182, экономика – 179), а количество научных публикаций насчитывает более 120 тысяч [5]. Вместе с тем, изменение российского законодательства, расширение сети охраняемых территорий, новые задачи ООПТ в развитии внутреннего туризма, необходимость всесторонней оценки их рекреационного потенциала для сохранения уникальных природных комплексов и удовлетворения потребности населения в отдыхе требует постоянного пересмотра сложившихся подходов к созданию информационно-аналитических баз данных и мониторинга состояния окружающей среды.

Целью нашего исследования стало использование критериально-оценочного подхода для сбора и систематизации данных из открытых источников, позволяющих описать результаты природоохранной, научно-исследовательской и рекреационной деятельности заповедников Мурманской области.

В основу критериально-оценочного подхода положено представление в информационно-аналитических базах данных сведений из открытых источников, дающих

основание судить о выполнении возложенных на каждую категорию ООПТ функций и решении специфических задач деятельности, поставленных перед каждой ООПТ.

В соответствии со статьей 7 ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» № 33 от 15 февраля 1995 г., деятельность государственных заповедников направлена на решение комплекса взаимосвязанных задач: охрану уникальных природных комплексов и объектов растительного и животного мира; организацию и проведение научных исследований; осуществление государственного экологического мониторинга; экопросвещение, подготовку научных кадров и специалистов, организацию и осуществление туризма [7].

На территории Мурманской области находятся 62 ООПТ регионального значения и 10 федерального значения, в число которых входят: 3 государственных природных заповедника, 3 государственных природных заказника и 4 памятника природы [1].

В качестве объекта исследования были выбраны государственные заповедники. С помощью различных открытых источников, включая официальные сайты, проведен анализ деятельности трех ООПТ Мурманской области – заповедников «Кандалакшский», «Лапландский» и «Пасвик». В основу критериально-оценочной базы положены следующие направления деятельности ООПТ:

- 1) Проведение мероприятий, направленных на охрану территории, объектов животного и растительного мира, включая негативное воздействие природных и антропогенных факторов.
- 2) Организация и проведение научных исследований по программе «Летопись природы» и другим научно-исследовательским темам.
- 3) Наличие публикаций по итогам научных исследований (наличие доступа к их изучению).
- 4) Проведение государственного экологического мониторинга.
- 5) Экологическое просвещение.
- 6) Подготовка научных кадров и специалистов в области охраны окружающей среды.
- 7) Организация и осуществление туризма.

Кандалакшский государственный природный заповедник был создан в 1932 году, он расположен на побережье Белого моря и включает в себя множество островов в Белом и Баренцевом морях (рисунок 1). Главной целью создания данного заповедника было сохранение и изучение редких видов и мест их обитания, например, таких как гага гребенушка, белая чайка, морской заяц и другие [2].



Рисунок 1. Границы территории Кандалакшского государственного природного заповедника [2]

Лапландский государственный природный заповедник создан 17 января 1930 года для сохранения популяции северного оленя и природы в нетронutom первозданном состоянии. Занимает площадь более 278 тыс. га и включает в себя разнообразные ландшафты: от горных тундр до таежных лесов [3].

Государственный природный заповедник «Пасвик» был основан 16 июля 1992 года для сохранения и изучения северных сосновых лесов, обширных водно-болотных угодий мирового значения и фауны водоплавающих птиц. Одной из важнейших задач является ведение комплексного мониторинга северных экосистем [4].

Выводы

Использование критериально-оценочного подхода для сбора и систематизации сведений из открытых источников об особо охраняемых природных территориях Российской Федерации позволяет описать результаты их природоохранной, научно-исследовательской и рекреационной деятельности с позиций выполнения требований федерального и регионального законодательства и возложенных на каждую ООПТ специфических задач.

Предложенный подход рассматривает проведение экологического мониторинга как важную часть деятельности ООПТ и одновременно подчеркивает ее связь с другими направлениями, обеспечивая системное представление информации. Детализация выбранных критериев и показателей позволит создать эффективную информационно-аналитическую базу данных для многоцелевого использования (аудит, общественный контроль, управление природопользованием в ООПТ и регионе, разработка программ развития природоохранной и рекреационной деятельности).

Сравнительный анализ данных по заповедникам Мурманской области вскрывает проблемы представления в открытых источниках достоверной информации: например, недостаточность данных по различным направлениям деятельности Кандалакшского государственного природного заповедника, а максимальную полноту материалов по программе «Летопись природы» в государственном природном заповеднике «Пасвик» (они представлены с момента основания заповедника в 1992 году).

Сбор и пополнение базы данных, а также ее систематический анализ может быть положен в основу геоэкологического обоснования единой системы мониторинга состояния окружающей среды федеральных и региональных ООПТ Мурманской области.

Библиография

1. Информационно-аналитическая система «Особо охраняемые природные территории России» (ИАС «ООПТ РФ») [Электронный документ]. – Режим доступа: http://www.oopt.aari.ru/?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com, свободный (дата обращения 24.02.2025).
2. Официальный сайт Кандалакшского государственного природного заповедника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kandalaksha-reserve.ru/>, свободный (дата обращения 20.02.2025).
3. Официальный сайт Лапландского государственного природного биосферного заповедника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://laplandzap.ru/> pdf, свободный (дата обращения 20.02.2025).
4. Официальный сайт государственного природного заповедника «Пасвик» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://mpr.gov- https://pasvik-reserve.ru/](https://mpr.gov-https://pasvik-reserve.ru/), свободный (дата обращения 20.02.2025).
5. Российская государственная библиотека: Авторефераты диссертаций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/search#col=autoref>, свободный (09.02.2025).
6. Схема размещения ООПТ Мурманской области [Электронный документ]. – Режим доступа: https://mpr.gov-murman.ru/upload/iblock/90b/Prilozhenie_Obshch.pdf, свободный (дата обращения 20.02.2025).
7. Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях от 14.03.1995 N 33-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_6072/, свободный (дата обращения 23.02.2025).
8. Фоменко Г.А. Системное развитие научных исследований и экологического мониторинга в российских ООПТ федерального значения: программные документы / Г.А. Фоменко Г.А., М.А. Фоменко, Н.И. Троицкая, М.С. Стишов, А.В. Михайлова; науч. ред. д.г.н., проф. Г.А. Фоменко. – Ярославль: АНО НИПИ «Кадастр», 2015. – 200 с.

Алгоритм проведения мониторинговых наблюдений и составление прогнозов процесса переработки берегов равнинных водохранилищ

**Степанова М.В.* (МГРИ, Stepanova-Mariya2702@yandex.ru),
Экзарьян В.Н. (МГРИ, vnekzar@rambler.ru)**

Аннотация

В статье предлагается новый алгоритм мониторинговых наблюдений и прогноза процесса переработки берегов равнинных водохранилищ (на примере Волгоградского водохранилища). Авторами поднята проблема квазистационарного протекания процесса и практически отсутствия мониторинговых наблюдений на Волгоградских и других водохранилищах Волжского каскада. Применение корреляционно-регрессионного анализа при обработке материалов дистанционного зондирования позволяет моделировать и прогнозировать процесс переработки берегов на заданный период. Предложенные математические уравнения позволили составить корреляционную матрицу закономерностей процесса переработки берегов, которые в дальнейшем использовались для составления прогнозной модели.

Ключевые слова

Переработка берегов равнинных водохранилищ, мониторинговые наблюдения, прогноз, дистанционные методы

Источники финансирования

За счет личных средств.

Теория

Процесс переработки берегов водохранилищ представляется сложным для изучения в пространственно-временном и генетическом аспектах инженерно-геологическим процессом [1]. Авторами поставлена цель создания алгоритма проведения мониторинговых наблюдений и прогноза процесса переработки берегов на равнинных водохранилищах. Актуальность работы заключается в возможности своевременного предотвращения негативных последствий, вызванных активизацией процесса переработки берегов водохранилищ.

Исследование процесса переработки берегов равнинных водохранилищ проводилось в пределах прибрежной территории Волгоградского водохранилища (рис. 1). В процессе работы использовались методы математической статистики (корреляционно-регрессионный анализ) и материалы дистанционного зондирования.

В 2023-2024 годы были проведены натурные наблюдения за исследуемым процессом на Волгоградском водохранилище, которые показали, что процесс все еще протекает и на определенных участках есть разрушения инфраструктуры населенных пунктов [4].



Рисунок 1. Процесс переработки берега Волгоградского водохранилища (левый берег)

В настоящее время для возобновления системы мониторинговых наблюдений и прогноза процесса переработки берегов равнинных водохранилищ был разработан алгоритм.

На любых равнинных водохранилищах по материалам дистанционного зондирования определяется величина переработки берега (ВПБ) при условии перехода процесса в квазистационарный режим.

По материалам дистанционных методов были выделены участки прибрежной зоны Волгоградского водохранилища, подверженные процессу переработки берегов. В пределах этих участков определена величина переработки берегов за 2015 г. и 2025 г. Для этого были заложены множественные «наблюдательные створы» на берегах водохранилища. Представлены формы сводных таблиц:

- величин переработки берегов (таблица 1);
- показателей факторов, определяющих изучаемый процесс (таблица 2).

Таблица 1. Величина переработки берегов Волгоградского водохранилища за период 2015-2025 гг.

№ створа наблюдения, населенный пункт	Величина переработки берегов (у), 2015-2025 гг.

Таблица 2. Факторы и условия процесса переработки берегов Волгоградского водохранилища за 2015 г. и 2025 г.

№ створа наблюдения,	Показатели факторов и условий переработки берегов, 2015 г.	Показатели факторов и условий переработки берегов, 2025 г.

населенный пункт		

По выявленным закономерностям для идентичных по геолого-литологическому строению береговых склонов возможно сделать предварительный прогноз переработки берегов, используя только материалы дистанционных методов [3]. Предварительный вариант прогноза на 2035 г. с учетом квазистационарности процесса переработки берегов водохранилищ можно представить в виде:

$$\text{ВПБ}_{2025-2035} = \text{ВПБ}_{2015-2025} (1)$$

Однако обработка материалов дистанционного зондирования с использованием регрессионно-корреляционного анализа позволяет выявить взаимосвязь активности процесса с факторами и условиями, определяющими интенсивность протекания берегообрушения, которая представляется в виде формулы (2).

$$Y_{2015-2025} = \int (X_1, X_2 \dots X_n) (2)$$

где $X_1, X_2 \dots X_n$ – показатели факторов и условий переработки берегов на 2015 г.

Составляется корреляционная матрица, отражающая закономерности процесса переработки берегов и позволяющая выявить факторы и условия, которые оказывают наибольшее влияние на интенсивность протекания изучаемого процесса.

Условия, определяющие в большей степени процесс переработки, – это морфометрия берегового склона и геолого-литологическое строение. Факторами, показывающими наилучшую коррелируемость, являются ширина надводной и подводной части отмели, величина линейного отступления берегового уступа, показатели размываемости горных пород, слагающие берега, рассчитанные по методу Е.Г. Качугина [2], высота клифа и другие.

При расчетах уровень режим принимался ежегодно постоянным.

На следующем этапе алгоритма составляется регрессионная прогнозная модель по материалам 2015, 2025 гг., которая имеет вид:

$$Y_{2015-2025} = ax_1 + bx_2 + \dots mx_n (3)$$

где $a, b, \dots, m$ – коэффициенты, определяемые при моделировании процесса переработки берегов;

$X_1, X_2, \dots X_n$ – показатели факторов и условий переработки берегов на 2015 г.

Исходя из уравнения (3), рассчитывается прогноз на 2035 год, который можно представить в следующем виде:

$$Y_{2025-2035} = ax_1 + bx_2 + \dots mx_n (4)$$

где $a, b, \dots, m$ – коэффициенты, определяемые при моделировании процесса переработки берегов;

$X_1, X_2, \dots X_n$ – показатели факторов и условий переработки берегов на 2025 г. (исходные данные).

Выводы

Предложенный алгоритм мониторинговых наблюдений и прогноза процесса переработки берегов равнинных водохранилищ по материалам, полученных дистанционными методами, позволит получать перманентную информацию о интенсивности процесса переработки водохранилищ и факторах, определяющих активность протекания процесса. Корреляционно-регрессионный анализ дает возможность определить закономерности протекания процесса переработки берегов, которые лягут в основу перманентного моделирования и прогнозирования процесса. Предложенный алгоритм является достаточно универсальным и может быть использован при изучении и прогнозировании процессов переформирования равнинных водохранилищ.

Библиография

1. Епишин В.К. Экзарьян В.Н. Прогноз процесса формирования берегов водохранилищ. – М.: Энергия, 1979. – 112 с.
2. Качугин Е.Г. Геологическое изучение динамики берегов водохранилищ. М., «Наука», 1975. 145 с.
3. Степанова М.В. Экзарьян В.Н. Особенности изучения процесса переформирования берегов крупных водохранилищ с применением материалов дистанционного зондирования. Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2024. – Т. 66, № 2. – С. 60-68.
4. Степанова М.В. Экзарьян В.Н. Совершенствование системы мониторинга процесса переработки берегов водохранилищ. Геоэкологические проблемы техногенного этапа истории земли – 2024: Сборник материалов Международной научно-практической конференции – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2024. – С. 168-171.

Анализ влияния сточных вод на экологическое состояние Красноярска

**Абрамян А.Г.* (ФГБОУ ВО «МГРИ», abarm@mail.ru),
Слащева А.В. (ФГБОУ ВО «МГРИ», slashchevaav@mgri.ru)**

Аннотация

В Красноярске, крупном промышленном узле России, функционирует свыше 17-ти тысяч предприятий, организаций и учреждений, охватывающих широкий спектр отраслей: от производства космического оборудования и обработки цветных металлов до машиностроения, деревообработки, транспорта, химической и пищевой промышленности, включая торговлю и сферу услуг. Основными источниками загрязнения природной среды Красноярска являются промышленные предприятия и система жилищно-коммунального хозяйства. Сточные воды формируются как вследствие атмосферных осадков, так и за счёт различных видов человеческой деятельности – бытовых и промышленных процессов. Они проходят через промышленные, сельскохозяйственные, бытовые, ливневые и другие зоны, а также включают в себя отходы производственных и сельскохозяйственных процессов. Система очистки сточных вод играет критическую роль в защите окружающей среды, обеспечивая очистку различных видов отходов с помощью инженерных и технических решений.

Ключевые слова

Сточные воды, Красноярск, загрязнение водных объектов, гидроэлектростанция, методы очистки сточных вод

Теория

Загрязнение водных объектов остаётся одной из актуальных проблем, обусловленной неконтролируемым сбросом сточных вод в природные водоёмы, где очищенные воды часто превышают установленные нормативы для сброса. В связи с этим из года в год потребность в эффективной очистке сточных вод неуклонно растёт. Решением этой проблемы может являться замена устаревшего оборудования на современное, а также внедрение модернизированных технологий, включающих новейшие методы очистки и доочистки сточных вод [3].

Согласно данным государственных отчётов Роспотребнадзора, Красноярский край стал лидером среди российских регионов по объёмам выбрасываемых загрязняющих веществ в атмосферу (45% от общего объёма), использованию водных ресурсов (30 % от общего объёма извлечения) и сбросу сточных вод (32% от всего сброса) [4].

Развитие города напрямую ведёт к ухудшению качества воды в реке Енисей.

Основные источники загрязнения водных ресурсов включают:

- атмосферные осадки, переносящие загрязнители из воздуха и почвы, включая антропогенные вещества;
- химические, физические и биологические загрязнители;
- городские сточные воды;
- промышленные стоки различных отраслей [5].

Использованные сточные воды сбрасываются в водные объекты в соответствии с установленными нормами. Осадки сточных вод, представляющие собой иловые массы с 95-98% содержанием воды, содержат органические и минеральные вещества. Их используют для производства биогаза, создания компостов и как органические удобрения. Однако, применение таких удобрений ограничено из-за высокого содержания тяжёлых металлов и хлорированных углеводородов.

Исследования показывают, что главными загрязнителями, сдерживающими использование осадков в качестве удобрений, являются соли тяжёлых металлов, составляющие менее 1% от массы сухого вещества. Токсичные органические соединения присутствуют в осадках в низких концентрациях. Органические загрязнители, попадающие в почву с осадками, быстро разлагаются (в течение 1-4 недель) и детоксицируются в растениях за 2 недели. В России ежегодно образуется до 100 млн тонн осадков сточных вод [1].

Строительство Красноярской гидроэлектростанции (рисунок 1 [2]) оказало значительные изменения на гидрологический, температурный и ледовый режимы и привело к ряду отрицательных последствий:

- значительное снижение температурного режима: средняя температура воды Енисея в районе Красноярска уменьшилась с 20-25 °С до 8-12 °С летом, что оказало существенное влияние на экосистему;
- зимнее формирование обширных полыней: в нижнем бьефе ГЭС образуются полыньи, достигающие длины до 500 км, что является нетипичным явлением для региона;
- зимние туманы и смог: при температурах ниже -15-20 °С над полыней возникают туманы парения, которые выбросами промышленных предприятий и транспорта формируют опасные смоговые условия;
- зимние наводнения: увеличение расходов воды на ГЭС в зимний период приводит к частым наводнениям, что негативно сказывается на инфраструктуре и жизни населения;
- нарушение летнего температурного режима: изменение температурного режима рекреационных зон Красноярска снижает их привлекательность для отдыха;
- ухудшение самоочищения реки: понижение температуры воды в нижнем бьефе замедляет процессы самоочищения Енисея;
- изменение видового состава рыб: снижение температуры привело к значительным изменениям в видовом составе ихтиофауны, что отражается на рыболовстве и экосистеме в целом [4].



Рисунок 1. Красноярская ГЭС

Современные методы очистки сточных вод включают в себя широкий спектр типов и способов.

Первичная очистка сточных вод осуществляется механическими методами: фильтрацией, отстаиванием и процеживанием. Для биологической очистки воды

используются биологические пруды, биофильтры и окислительные каналы. Затем применяются химические методы очистки: окисление, восстановление, нейтрализация и отстаивание воды. Применяются физико-химические методы очистки, где выделяют коагуляцию, свёртывание, флотацию, ионный обмен, дистилляцию, вымораживание и электролиз сточных вод. Физические методы включают ультрафиолетовое обеззараживание, ультразвуковую обработку, магнитную и электромагнитную обработку и ионизирующее облучение.

Ультрафиолетовое излучение – наиболее совершенный способ обеззараживания воды, относящееся к коротковолновой части невидимого спектра. При обработке воды ультрафиолетовыми лучами не возникает негативных последствий [5]. Схема обеззараживания ультрафиолетовым излучением представлена на рисунке 2 [6].

Среди преимуществ дезинфекции сточных вод ультрафиолетовым светом можно выделить следующие: ультрафиолет обладает уникальными обеззараживающими свойствами, уничтожая большинство вредных и опасных микроорганизмов; процесс очистки воды автоматизирован и не требует много времени; ультрафиолетовое обеззараживание не влияет на саму воду, так как происходит за счёт внутриклеточной реакции самих бактерий и микроорганизмов [5].



Рисунок 2. Схема технологического процесса обеззараживания воды ультрафиолетовым излучением

Выводы

Загрязнение водных объектов, особенно в Красноярском крае, представляет собой серьёзную экологическую проблему, вызванную сбросом сточных вод и влиянием человеческой деятельности. Основные источники загрязнения включают сточные воды, атмосферные осадки и промышленные стоки. Эффективная очистка сточных вод требует внедрения современных технологий, таких как механические, химические и физико-химические методы, включая ультрафиолетовое обеззараживание. Необходимость в обновлении устаревшего оборудования и технологий становится всё более актуальной для улучшения качества воды и защиты экосистемы реки Енисей.

Библиография

1. Демиденко, Г. А. Агроэкологическая оценка осадков сточных вод на очистных сооружениях города Красноярска / Г. А. Демиденко // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 4 (139). – С. 240-244. – EDN UWQHJG.
2. Красноярская ГЭС – как строили первую гидроэлектростанцию на Енисее и чем она уникальна [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://architectureguru.ru/krasnoyarsk-hydroelectric-power-station/>, свободный (дата обращения: 23.02.2025).
3. Лебедева, В. В. Экологические аспекты очистки сточных вод правобережных очистных сооружений Г. Красноярск / В. В. Лебедева // Молодые учёные в решении актуальных проблем науки: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Красноярск, 23–24 апреля 2020 года / под общей редакцией Ю. Ю. Логинова. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева", 2020. – С. 381-383. – EDN SNJNXW.
4. Пак, М. В. Проблема сточных вод Красноярского края / М. В. Пак, Л. А. Герасимова // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2014. – Т. 1, № 10. – С. 234-235. – EDN TAQFAT.
5. Соколова, Ю. А. Инновационные методы очистки сточных вод, сбрасываемых в реку Енисей Г. Красноярска / Ю. А. Соколова // Инновационные тенденции развития российской науки: мат-лы IX Международной научно-практической конференции молодых учёных, Красноярск, 22–23 марта 2016 года / Ответственный за выпуск: В.Л. Бопп. Том Часть 1. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2016. – С. 84-85. – EDN WGOKYX.
6. Преимущества ультрафильтрации сточных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dpkgroup.ru/obezzarazivanie-stocnoj-vody-ultrafioletom-princip-raboty-oborudovanie-effektivnost-i-nedostatki/>, свободный (дата обращения: 23.02.2025).

Экологические и экономические аспекты использования биогазовых комплексов

***Алабужев Г.А.* (МГРИ, jorjik_goga@mail.ru),
Экзарьян В.Н. (МГРИ, vnekzar@rambler.ru)***

Аннотация

Биогазовые технологии позволяют эффективно утилизировать органические отходы, снижая нагрузку на окружающую среду и сокращая выбросы парниковых газов. Полученный биогаз используется для генерации электроэнергии и тепла, что снижает зависимость от традиционных источников энергии и способствует энергосбережению.

С экономической точки зрения биогазовые комплексы обеспечивают дополнительные возможности для монетизации отходов и повышения рентабельности аграрного и промышленного сектора. Производство и продажа биогаза, а также органических удобрений, позволяют снизить эксплуатационные затраты предприятий и создать новые рабочие места.

Проанализированы ключевые принципы работы биогазовых установок, технологические этапы переработки отходов и их конечные продукты. Особое внимание уделено преимуществам биогазовых комплексов с точки зрения экологии, включая снижение загрязнения почв, воды и воздуха. Представлены экономические выгоды от внедрения таких технологий, а также возможные барьеры и перспективы их дальнейшего развития.

Ключевые слова

Биогаз, экологические аспекты, экономическая эффективность, органические отходы, возобновляемая энергия

Теория

Биогазовые комплексы представляют собой технологические системы, в которых органические отходы подвергаются анаэробному брожению с образованием биогаза, основными компонентами которого являются метан (CH_4) и диоксид углерода (CO_2). Сырьем для таких комплексов могут служить сельскохозяйственные отходы, бытовые и промышленные органические отходы, а также специальные энергетические культуры. Технология компостирования органических отходов основана на применении специального покрытия – мембранной пленки, которая непроницаема для газообразных веществ и не препятствует прохождению воздуха, углекислого газа и водяных паров. Аэрационный бурт представляет собой герметичное бетонное сооружение. Через перфорацию в полу воздух поступает в компостируемую массу, обеспечивается отвод избыточного тепла и газов, а аэрация также обеспечивает удаление избыточной влаги из компостируемой массы (рисунок 1).

Экологические аспекты

Ежегодно в мире образуется значительное количество органических отходов. Например, российский агропромышленный комплекс производит около 773 млн тонн отходов в год, из которых потенциально можно получить 66 млрд кубометров биогаза, что эквивалентно примерно 110 млрд киловатт-часов электроэнергии. Однако без надлежащей утилизации эти отходы становятся источником загрязнения окружающей среды [4].

Традиционные методы хранения и переработки органических отходов, таких как навоз, часто приводят к значительным выбросам метана в атмосферу, что усиливает парниковый эффект. Метан обладает парниковым потенциалом, превышающим потенциал диоксида углерода в 25 раз, что делает его значимым фактором глобального потепления. Использование биогазовых технологий позволяет сократить эти выбросы за счет контролируемого

анаэробного брожения и последующего использования полученного биогаза для выработки энергии.

Кроме того, применение биогазовых установок способствует снижению загрязнения почв и водоемов. Традиционное хранение навоза в анаэробных прудах требует длительного времени и специальных условий для предотвращения утечек в грунтовые воды. Биогазовые комплексы позволяют перерабатывать навоз и другие органические отходы в более короткие сроки, уменьшая риск загрязнения окружающей среды [2].

Дополнительным экологическим преимуществом является получение в процессе анаэробного брожения высококачественных органических удобрений, которые могут быть использованы в сельском хозяйстве, снижая потребность в химических удобрениях и улучшая структуру почвы. Это способствует снижению нагрузки на экосистемы и повышению устойчивости аграрных систем.

Экономические аспекты

С экономической точки зрения, биогазовые комплексы представляют собой эффективный инструмент для диверсификации источников энергии и повышения энергетической независимости. Полученный биогаз может быть использован для выработки электрической и тепловой энергии, что снижает затраты на традиционные энергоносители. Кроме того, обогащенный биогаз может быть использован в качестве топлива для автотранспорта, что открывает дополнительные возможности для его коммерциализации.

Внедрение биогазовых технологий требует значительных первоначальных инвестиций. Капитальные затраты на строительство биогазовой установки включают расходы на проектирование, приобретение оборудования, строительство инфраструктуры и пусконаладочные работы. Капитальные затраты на внедрение технологии анаэробного сбраживания в несколько раз выше по сравнению с традиционными методами утилизации отходов, что может затруднять их широкое распространение [1].

Основными источниками дохода от биогазовых комплексов являются: продажа электроэнергии, реализация органических удобрений и снижение расходов на утилизацию отходов

Произведенный биогаз используется для генерации электроэнергии, которая может быть реализована в общую сеть. Например, в Беларуси на биогазовом комплексе в деревне Квачи Несвижского района в 2022 году было выработано 17,86 млн кВт·ч электроэнергии [3].

Побочным продуктом анаэробного сбраживания является дигестат — высококачественное органическое удобрение, которое может быть реализовано сельскохозяйственными предприятиями, снижая их зависимость от минеральных удобрений. Себестоимость производства одного литра жидких органических удобрений при наличии соответствующей линии составляет 10–15 центов. При продаже этих удобрений по рыночной цене можно получить значительную прибыль. Например, при производстве и реализации 1 млн литров удобрений доход может составить от \$100 000 до \$150 000.

Использование биогазовых технологий позволяет предприятиям сократить расходы на утилизацию органических отходов, что особенно актуально для крупных животноводческих комплексов. По данным Российского энергетического агентства, переработка отходов сельского хозяйства страны может обеспечить выработку 60–70 миллиардов кубометров биогаза в год. Это не только удовлетворяет внутренние потребности, но и создает потенциал для экспорта в другие страны.

Экономическая эффективность биогазовых комплексов определяется соотношением получаемых доходов и понесенных затрат. Срок окупаемости таких проектов варьируется в зависимости от масштабов установки, используемого сырья, рыночных цен на энергию и других факторов. В среднем срок окупаемости биогазовых комплексов составляет от 5 до 10 лет [5].

Помимо прямых экономических выгод, биогазовые комплексы способствуют созданию новых рабочих мест в сельской местности, развитию инфраструктуры и повышению энергетической независимости регионов. По оценкам Российского экологического оператора, к 2030 году биогазовая энергетика может создать около 2,5 тыс. новых рабочих мест.

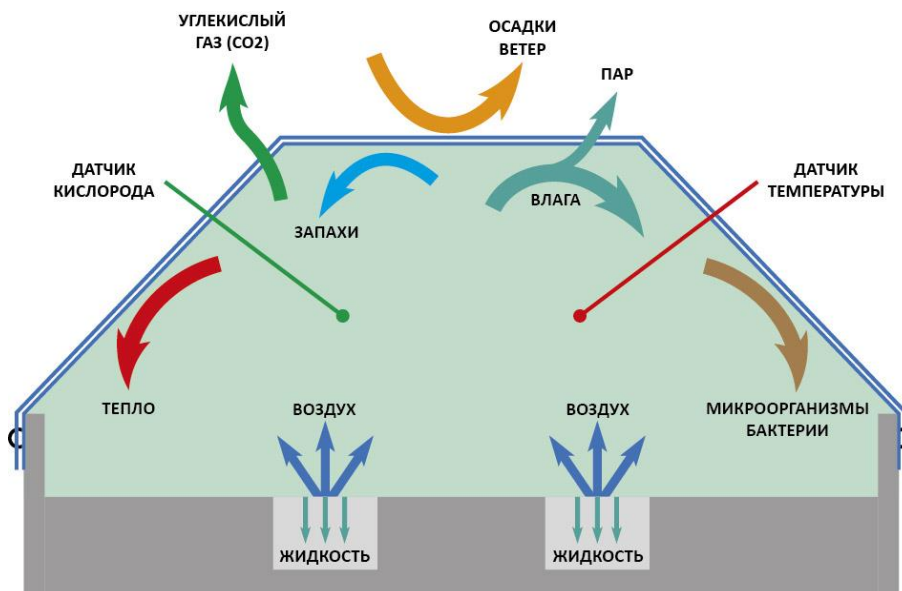


Рисунок 1. Схема аэрационного бурта

Выводы

Биогазовые комплексы обладают значительным потенциалом как с экологической, так и с экономической точек зрения. Их использование способствует эффективной утилизации органических отходов, снижению негативного воздействия на окружающую среду и производству возобновляемой энергии. Экономические преимущества включают снижение затрат на энергию, получение дополнительного дохода от продажи продуктов переработки и создание новых рабочих мест. Для успешного внедрения биогазовых технологий необходимы инвестиции в инфраструктуру и повышение осведомленности общества о преимуществах таких проектов.

Библиография

1. Биогазовые технологии — новый тренд экономики замкнутого цикла [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://journal.ecostandard.ru/eco/kontekst/biogazovye-tekhologii-povuy-trend-ekonomiki-zamknutogo-tsikla/> дата обращения (15.02.2025)
2. Методический подход к эколого-экономической оценке проектов биогазовой энергетики [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://journalaer.ru/fileadmin/user_upload/site_15934/2022/02_Magaril_Gitelman_Karaeva_Kisel-ev.pdf дата обращения (15.02.2025)
3. Перспективы и опыт использования биогазовых установок на территории республики Беларусь [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/29499/699-701.pdf?sequence=1&isAllowed=y> дата обращения (15.02.2025)
4. Экологическая и экономическая целесообразность использования биотоплива [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=29953> дата обращения (15.02.2025)

5. Экологические и экономические аспекты применения биогазовых технологий для переработки органических отходов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-i-ekonomicheskie-aspekty-primeneniya-biogazovyh-tehnologiy-dlya-pererabotki-organicheskikh-othodov> дата обращения (15.02.2025)

Получение экологически чистой энергии путём пассивного использования мощностей механизмов-потребителей ископаемого топлива. Концепция «постэнергии»

Бердников И.И. * (МГРИ, berdoss97@gmail.com)

Аннотация

В данной работе предлагается некая промежуточная концепция развития возобновляемых источников энергии. Механизм получения энергии, представленный в данной работе, работает пассивно от неиспользуемой мощности, производимой агентами потребления ископаемого топлива. Сам по себе он не производит никакого воздействия на окружающую среду кроме момента его утилизации после срока истечения службы. Также в работе предложена новая концепция развития энергетики, названная «Постэнергией». К ней относятся способы выработки энергии, функционирующие по тем же принципам, что описаны выше.

Ключевые слова

«зелёная» энергетика, экология, устойчивое развитие, возобновляемые источники энергии, доступная энергия, «постэнергия»

Теория

Механизмы получения энергии, созданные согласно концепции постэнергии будут промежуточным звеном между полноценными возобновляемыми источниками энергии и традиционными ископаемыми топливными ресурсами [1,2]. Поскольку сами постэнергетические источники энергии не потребляют ископаемое топливо и не производят никаких выбросов загрязняющих веществ, а лишь используют ту энергию, что выделяется при функционировании механизмов потребителей энергии от ископаемого топлива, то их нельзя отнести к потребителям ископаемого топлива. Но и к возобновляемым источникам энергии их отнести тоже нельзя, поскольку они вырабатывают, хоть и «чистую» энергию, но не от возобновляемых источников.

На конец 2023 года суммарная выработка электроэнергии на возобновляемых источниках составила в России 7,8 млрд. кВт/ч, что составляет около 0,6% из общего объёма выработки электроэнергии подобные цифры сохраняются уже несколько лет. Общий объём выработки электроэнергии составил 1,178 трлн кВт/ч. из них [2]:

- 750 млрд кВт/ч. – тепловые электростанции;
- 217 млрд кВт/ч. – атомные электростанции;
- 203 млрд кВт/ч. – гидроэлектростанции;
- 7,8 млрд кВт/ч. – возобновляемые источники энергии.

ВИЭ вырабатывают достаточно большое количество электроэнергии, если вывести это число отдельно от списка. К примеру, мощности ВИЭ России хватило бы для полного обеспечения энергией Латвии и некоторых схожих по площади государств [8]. Но, возвращаясь к списку, становится очевидно, что при подавляющем доминировании доли ТЭС в выработке электроэнергии упор конкретно в развитие ВИЭ мало поможет «озеленению» структуры энергетики России. В нашей стране на данный момент, к сожалению, не так много выгодных с экономической точки зрения мест для развития возобновляемых источников энергии. Наиболее перспективными для развития ВИЭ являются южные регионы РФ. В них достаточно целесообразно вводить в эксплуатацию ветряные и солнечные электростанции ввиду климатических условий, но далеко не в каждой точке южных регионов есть потенциал для развития подобных ВИЭ [7].

Постэнергетические же источники получения энергии интегрируются в любые урбанизированные или промышленные территории, что позволяет повысить экологичность энергетики, во-первых, путём появления новых «зелёных» источников энергии, а во-вторых, за счёт снижения нагрузки на ТЭЦ, АЭС или ГЭС, являющимися энергогенераторами для большинства городов. Таким образом, появление постэнергетических способов выработки энергии даст новый толчок к развитию «зелёной» энергетики, но при этом без необходимости создания условий для функционирования ВИЭ.

В качестве первого предлагаемого прототипа постэнергетического механизма был разработан модифицированный вариант объекта организации дорожного движения искусственная дорожная неровность (далее ИДН) «лежащий полицейский» с вращающимся валом внутри [4]. Прототип получил название «ПЭМ-1» (постэнергетический механизм первый). Прототип был вдохновлён устройством и принципом работы ветрогенераторов (рис. 1). В качестве источника энергии для «ПЭМ-1» будет выступать автомобильный транспорт. По аналогии с энергией ветряного потока, проезжающий транспорт будет прокручивать подвижные части «ПЭМ-1», соединённые с электрогенератором. Результатом является получение электроэнергии за счёт пассивного использования движительной силы автомобилей. Сам источник генерации «ПЭМ-1» в таком случае является не потребителем ископаемого топлива, а лишь преобразователем потенциально не используемой движительной энергии потребителей ископаемого топлива.

Устройство системы

Разработано два варианта устройства системы «ПЭМ-1».

Первый вариант (Рис. 1): в ИДН встраивается металлический вал. Он механически соединяется осью с электрогенератором. Генератор, подключен к аккумуляторной батарее или к контактной сети.

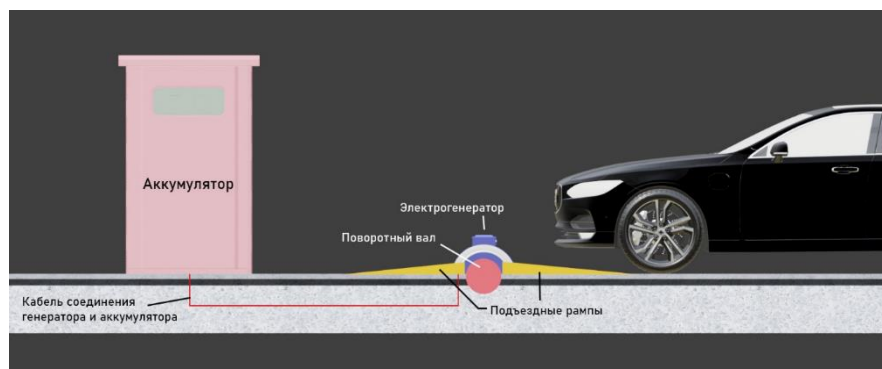


Рисунок 1. Первый вариант устройства «ПЭМ-1»

Второй вариант (Рис. 2): Первый металлический вал, выступающий из поверхности асфальта меньше [3], чем ИДН располагается за 5-10 метров до ИДН. Второй вал располагается через 25-30 метров после ИДН. Оба вала механически соединяются осью с электрогенераторами. Генераторы, подключены к аккумуляторной батарее или к контактной сети.

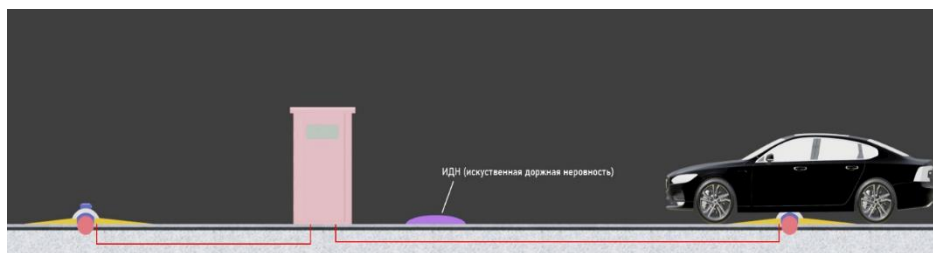


Рисунок 2. Второй вариант устройства «ПЭМ-1»

Принцип работы первого варианта

Автомобиль, проезжая через ИДН прокручивает вал, механически соединённый осью с электрогенератором, который, в свою очередь, подключён к сети и к аккумуляторной батарее.

Принцип работы второго варианта

Автомобиль проезжает через первый вал, прокручивает его, далее пересекает ИДН. Успевают набрать небольшую скорость перед вторым валом и прокручивают его приблизительно с такой же скоростью, что и первый вал.

В случае со вторым вариантом «ПЭМ-1» будет генерироваться больше электроэнергии, а также оптимизировано соблюдение скоростного режима водителями автотранспорта, поскольку перед первым и вторым валом необходимо будет немного сбавить скорость, что обеспечит более заблаговременное торможение перед ИДН и менее резкий разгон после его пересечения

Преимуществом первого варианта «ПЭМ-1» является более упрощённая и, соответственно более дешёвая схема установки.

«ПЭМ-1» предварительно предлагается располагать на тех участках дорог, где наблюдается средняя загруженность трафика в черте города и на участках высокой загруженности межгородских трасс и магистралей.

Потенциально «ПЭМ-1» сможет обеспечивать энергией дорожные фонари, работающие на электричестве элементы организации дорожного движения (светофоры, указатели и т.п.), придорожные АЗС и кафе. Мощность выработки зависит от плотности распространения «ПЭМ-1» на том или ином участке дороги. Вероятно, при максимально эффективном распределении точек установки «ПЭМ-1», эти механизмы смогут обеспечивать энергией многоквартирные и частные дома.

Выводы

В работе представлена новая перспективная концепция развития экологически чистых источников энергии.

Проведённое исследование позволяет обратить внимание на новое ответвление развития «зелёной» энергетики. Механизмы концепции «постэнергии» в перспективе могут стать отличным способом разгрузки современных электростанций, работающих на ископаемом топливе.

Помимо представления новой концепции развития энергетики в работе предложен первый прототип выработки электроэнергии «ПЭМ-1», полностью отвечающий принципам этой концепции.

Автор не ограничивается лишь представлением прототипа, дальнейшие исследования будут направлены на экономическую и энергетическую целесообразность внедрения «ПЭМ-1» в практическое применение.

Библиография

1. Возобновляемые источники энергии: действительно ли они экономичны и экологичны <https://rg.ru/2023/11/22/vozobnovliaemye-istochniki-energii-dejstvitelno-li-oni-ekonomichny-i-ekologichny.html>, свободный (Дата обращения: 04.12.24).
2. Выработка электроэнергии в России в 2023 году выросла на 0,7% [Электронный ресурс] / Режим доступа <https://tass.ru/ekonomika/19869375>, свободный (Дата обращения: 04.12.24).
3. ГОСТ Р 52605-2006. НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Технические средства организации дорожного движения ИСКУССТВЕННЫЕ НЕРОВНОСТИ Общие технические требования. Правила применения [Электронный ресурс] / Режим доступа <https://docs.cntd.ru/document/1200048469>, свободный (Дата обращения: 04.12.24).
4. Зачем нужен лежащий полицейский и как его монтировать [Электронный ресурс] / Режим доступа https://www.garant.ru/ia/press_release/1407662/, свободный (Дата обращения: 04.12.24).
5. ИДН из ударопрочной резины [Электронный ресурс] / Режим доступа <https://ptkor.ru/page/idn-lezhachij-policejskij/>, свободный (Дата обращения: 04.12.24).
6. Принцип работы ветрогенератора [Электронный ресурс] / Режим доступа <https://tcip.ru/blog/wind/printsip-dejstviya-i-raboty-vetrogeneratora.html>, свободный (Дата обращения: 04.12.24).
7. Развитие ветроэнергетики в России [Электронный ресурс] / Режим доступа https://www.frwd.energy/vetryanye_elektrostantsii_kompanii, свободный (Дата обращения: 04.12.24).
8. Список стран по производству электроэнергии [Электронный ресурс] / Режим доступа <https://clck.ru/3Gfz8N>, свободный (Дата обращения: 04.12.24).

Исследование концентрации хлорофилла «а» в воде с помощью данных дистанционного зондирования

***Волохо И.Г. (МГРИ, volokho.ira@mail.ru),
Рукавицын В.В. (МГРИ, rukavitsynvv@mgri.ru)***

Аннотация

Хлорофилл «а» используется в качестве показателя массы фитопланктона и в качестве ориентира для оценки органического воздействия на акваторию. Использование данных дистанционного зондирования для определения концентрации хлорофилла – мощный инструмент, который позволяет получать информацию о состоянии водоемов в широком масштабе. Метод основан на способности хлорофилла поглощать и отражать свет в определенных спектральных диапазонах. В этом исследовании рассматривается распределение хлорофилла «а» реке Енисей. Цель работы – провести тематическую обработку данных дистанционного зондирования с целью выявления концентрации хлорофилла «а». Уровень хлорофилла «а» определен с помощью спутниковых снимков Sentinel 2A, сделанных в августе 2021 года и в августе 2024 года. В прибрежных районах концентрация хлорофилла «а» была выше, чем в реке.

Ключевые слова

Хлорофилл «а», дистанционное зондирование, Sentinel-2A, Енисей

Теория

Хлорофилл «а» – это основной фотосинтетический пигмент, присутствующий во всех растениях и водорослях, включая фитопланктон (микроскопические растения, обитающие в воде). Его концентрация напрямую связана с биомассой фитопланктона. Чем больше хлорофилла «а», тем больше фитопланктона [1]. Фитопланктон – основа большинства водных пищевых цепей. Он производит кислород через фотосинтез, используя солнечный свет, воду и углекислый газ.

Концентрация хлорофилла «а» в поверхностных водах служит простым показателем уровня первичной продукции (фотосинтеза) в экосистеме. Это косвенно указывает на общее состояние здоровья водной среды. Высокий уровень хлорофилла «а» может свидетельствовать о присутствии повышенного количества питательных веществ, что сигнализирует о возможном загрязнении антропогенного происхождения.

Измерение концентрации хлорофилла «а» – это относительно простой и доступный метод оценки уровня питательных веществ в воде.

Результаты измерений были представлены для оценки пространственно-временного распределения хлорофилла «а» в реки Енисей, чтобы лучше понять состояние и качество воды.

Дистанционное зондирование представляет собой эффективный и экономически целесообразный способ мониторинга качества воды, который может быть применен для оценки состояния морских экосистем. В зависимости от спутника создаются различные изображения в разных диапазонах. [2]

В данной работе используются данные со Спутника Sentinel 2A. Sentinel-2A предоставляет многоспектральные изображения среднего разрешения, которые позволяют оценить концентрацию хлорофилла «а» с умеренной точностью.

В качестве района исследования была выбрана часть реки Енисей в районе города Красноярск.

Используются два спутниковых снимка за 2021 и 2024 года для определения хлорофилла «а». Обработка спутниковых снимков будет производиться в программном обеспечении QGIS.

Методика проведения исследования представлена:

1. Выбор исходных данных;
2. Первичная обработка данных;
3. Выделение границ водной поверхности;
4. Вычисление концентрации хлорофилла «а» для Sentinel 2A по формуле:

$Chla(мкг/л) = ((B5+B6)/B4)^{[3][4]}$, где B4 (красный) – центральная длина волны 665 нм; B5 – (видимый и ближний инфракрасный (VNIR)) – центральная длина волны 705 нм; B6 (видимый и ближний инфракрасный (VNIR)) – центральная длина волны 740 нм; - это спектральные диапазоны каналов спутника Sentinel 2[5]

5. Создание карт-схем;
6. Анализ полученных данных.

Значения концентрации хлорофилла-а в исследуемой зоне, согласно данным обработки изображений Sentinel 2A, в августе 2021 года были оценены в диапазоне 0,8-4,6 мкг/л (Рис.1.), а в августе 2024 года - в диапазоне 0,8-2,8 мкг/л. (Рис.2.).

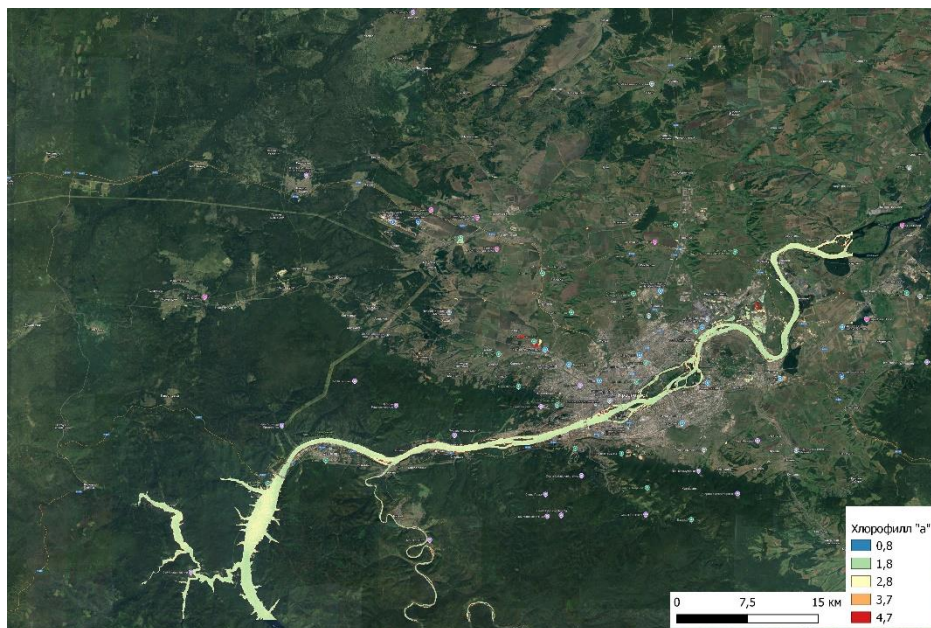


Рисунок 1. Распределение содержания хлорофилла на 26.08.2021г.

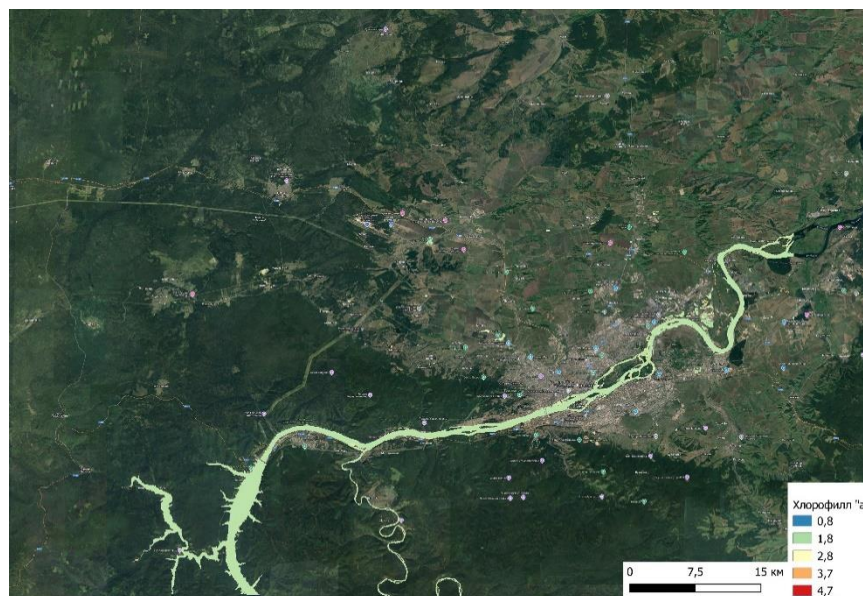


Рисунок 2. Распределение содержания хлорофилла на 15.08.2024г.

Значения хлорофилла «а» на реке Енисей в пределах исследуемой территории имеют существенные различия. В августе 2024 года концентрация хлорофилла показана меньше, чем в августе 2021 года. Самые максимальные значения хлорофилла «а» прослеживаются по берегам реки. Сильный паводок на Енисее в 2021 году, затопивший прибрежные территории вплоть до плотины Красноярской ГЭС, мог стать причиной повышенной концентрации хлорофилла в реке. Повышенная концентрация хлорофилла в воде в 2021 году, указывает на "цветение воды" или эвтрофикацию.

Выводы

Данные дистанционного зондирования можно использовать для исследования содержания хлорофилла «а» в водной поверхности. Большие показатели концентрации хлорофилла «а» свидетельствуют об обильном развитии фитопланктона, что зачастую является главной причиной повышенной мутности и цветности водных масс. Снижение концентрации хлорофилла в воде — это показатель, который указывает на возможные изменения в состоянии водной экосистемы, и его интерпретация требует учета множества факторов.

Библиография

1. Мордасова Н.В., Косвенная оценка продуктивности вод по содержанию хлорофилла// Труды ВНИРО. 2014; том 153, С 41 – 55.
2. Болданова Е.В. Оценка трофности озера Байкал с использованием дистанционного зондирования // Географический вестник = Geographical bulletin. 2022. № 2(61). С. 73–89.
3. Бочаров А.В., Тихомиров О.А., Хижняк С.Д., Пахомов П.М. Мониторинг содержания хлорофилла в водоемах по данным спутника// Журнал прикладной спектроскопии. 2017;84(2):С 272-277.
4. Şeyma M K, Ersin A. Estimating Chlorophyll-A Concentration using Remote Sensing Techniques. Ann Rev Resear. 2018.

5. Sentinel 2 Bands and Combinations[Электронный ресурс] .- Режим доступа: <https://gisgeography.com/sentinel-2-bands-combinations/>, свободный (Дата обращения: 26.02.2025)

Применение штамма дрожжей *Yarrowia lipolytica* в нефтедеструкции

Давлетов З.Е.* (МГРИ, davletov.zahar@ya.ru)

Аннотация

Проведено исследование по применению штамма дрожжей *Yarrowia lipolytica* в нефтедеструкции. Проведен лабораторный эксперимент, в ходе которого произведена оценка биодegradации нефти в различных условиях при применении рассматриваемой дрожжевой культуры а также сравнение полученных показателей с другими известными аналогами.

Ключевые слова

Дрожжи, штамм, *Yarrowia lipolytica*, биодеструкция, нефтедеструкция, биоремедиация

Теория

Нефтепродукты являются одними из наиболее опасных загрязнителей подземных, поверхностных вод и почв, что несомненно требует универсальных, доступных и перспективных как в экологическом, так и в экономическом плане методов очистки. [1]

В настоящее время одним из таких является биотехнологический подход, сопряженный с задействованием микроорганизмов, обладающими необходимыми для биодеструкции нефти свойствами. [2]

Цель данной работы заключается в оценке целесообразности применения конкретного штамма дрожжей – *Yarrowia lipolytica* – относительно существующих аналогов. Для достижения этой цели ставятся следующие задачи:

1. провести лабораторный эксперимент по культивированию и вносу выращенной культуры в почву, загрязненную нефтепродуктами;
2. произвести анализ содержания нефтепродуктов визуальным осмотром и весовым методом до и после вноса штамма дрожжей;
3. сравнить результаты с полученными при использовании аналогов.

В ходе эксперимента штамм дрожжей *Yarrowia lipolytica* был культивирован в чашках Петри в инкубаторе. Выращенная биомасса подготавливается к засеву, инкубируясь в пробирках, а затем в колбах в жидкой среде YTD. [3]

Внесение культуральной массы производилось в несколько образцов воды и почвы с различными свойствами, загрязненных нефтепродуктами в различной степени, а также содержащихся при разных температурных режимах. К иным свойствам образцов среды относились такие показатели, как pH, количество питательных веществ и соленость воды.

Перед засевом был произведен визуальный осмотр пробы воды и водной вытяжки из почвы под микроскопом, в которые затем была внесена культуральная жидкость. Через определенный промежуток времени концентрация нефтепродуктов в них значительно снизилась.

Концентрации – за вычетом контрольного образца – составляли 6, 12 и 30 мг/дм³. (рисунок 1)

Более конкретные значения были получены в ходе замеров ИК-спектрофотометрическим методом. (рисунок 1, 2)

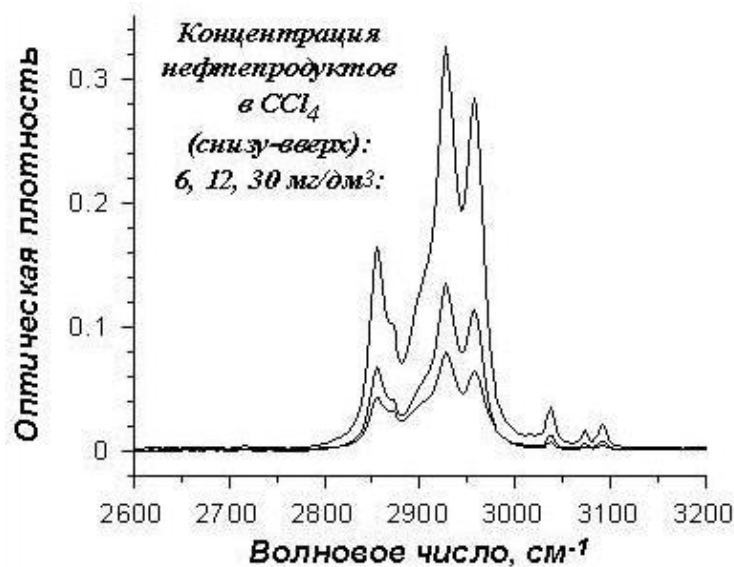


Рисунок 1. Замеры на ИК-спектрофотометре до внесения культуральной жидкости

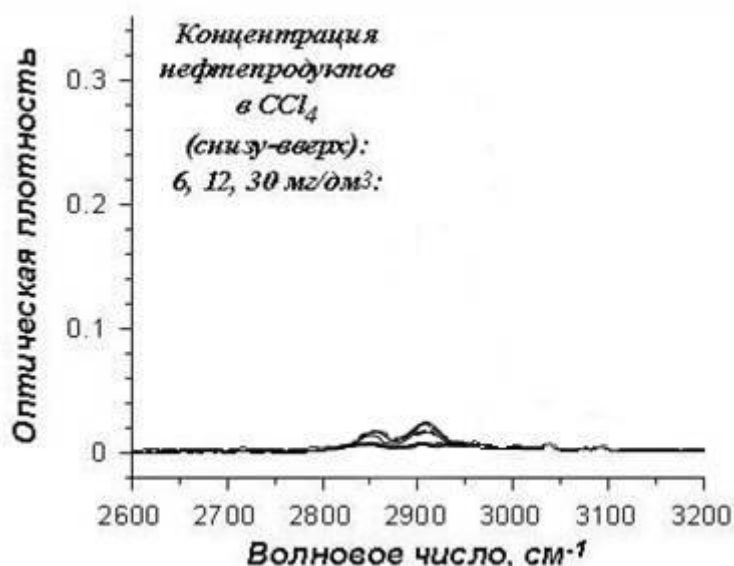


Рисунок 2. Замеры на ИК-спектрофотометре спустя 14 суток с внесения культуральной жидкости

Стоит отметить, что в отличие от микроорганизмов с аналогичными свойствами, *Yarrowia lipolytica* продемонстрировал большую устойчивость к низким температурам, высокой солености воды и низкому содержанию питательных веществ. При этом процесс деструкции нефтяных углеводородов протекал примерно в 1.5 раза медленнее, чем с применением аналогов при положительной температуре в диапазоне 17-25 градусов.

Однако, к недостаткам применения биопрепаратов можно отнести в первую очередь их невысокую эффективность при ликвидации крупных разливов нефти и нефтепродуктов, при которых толщина пленки на водной поверхности составляет более 1 мм, а также необходимость внесения значительного количества питательных веществ, стимулирующих активность микробиоты при очистке больших объемов нефтезагрязненных вод. Именно низкая требовательность рассматриваемого штамма к питательным веществам представляет

его потенциал к применению при относительно сильном загрязнении нефтепродуктами водоемов и почв.

Все вышеперечисленное делает культуру дрожжей *Yarrowia lipolytica* потенциально применимой при биоремедиации, к примеру, водоемов Крайнего Севера. Также это предполагает возможность их использования в засоленных природных субстратах при пониженных температурах (например, на территории нефтеразлива, где кроме нефти присутствуют минерализованные пластовые воды). [4] Помимо прочего, существует возможность задействовать ее в купе с другими микроорганизмами, способствующими ускоренному росту и нефтедеструкции.

Для приготовления препарата к культуре микроорганизмов можно добавить питательный премикс на основе различных органических компонентов в различных соотношениях (таких как сухое обезжиренное молоко, мука различных растительных культур, молочная сыворотка, меласса и т.п.), неорганические вещества, стимулирующие микробный рост - в первую очередь содержащие такие макроэлементы как азот и фосфор, железо и пр. (различные комплексные минеральные удобрения). Кроме того, в сухой форме препарат содержит защитные среды, используемые для увеличения выживаемости микроорганизмов при сушке, например растворы сахаров, сложные среды, такие как раствор сухого обезжиренного молока, сухие протеины и другие. [2]

Выводы

Как итог, рассматриваемый штамм дрожжей оказался достаточно универсальным: несмотря на существование аналогов, способных даже к более активному расщеплению нефтяных углеводов, большая часть из них обладает той или иной «слабостью», к примеру - слабой устойчивостью к низким температурам или малоактивному росту при недостатке питательных веществ в среде. В то же время штамм *Yarrowia lipolytica* продемонстрировал более высокую устойчивость к неблагоприятным факторам роста и биодеструкции, в сочетании с рядом других микроорганизмов он имеет потенциал для достаточно активной нефтедеструкции в суровых для прочих аналогичных микроорганизмов условиях.[2] Довольно простой процесс культивирования микроорганизма и применения при биоремедиации делает рассмотренный штамм дрожжей удобным и полезным в биотехнологическом подходе.

Библиография

1. Коршунова Т.Ю., Логинов О.Н., «Нефтяное загрязнение водной среды: особенности, влияние на различные объекты гидросферы, основные методы очистки», журнал «ЭКОБИОТЕХ», 2019;
2. Шестаков А.И., Сerezкин И.Н., Ламова Я.А., Гавирова Л.А., Шестакова О.О., Ершова О.А., Шабалин Н.В., Исаченко А.И., «Штамм *Yarrowia lipolytica* – деструктор нефти и нефтепродуктов», патент, 2019;
3. Лабораторная методика культивирования штамма-продуцента липазы *Yarrowia lipolytica* в колбах на 750 мл;
4. Емельянова Е.К., «Микроорганизмы природных биоценозов для биоремедиации почв и водных объектов Сибири, загрязненных нефтепродуктами», диссертация, 2009.

Разработка алгоритма проведения комплексной геоэкологической оценки городских территорий (на примере г. Южно-Сахалинска)

***Донецков А.А.* (МГРИ, alexej.donetzkov@yandex.ru),
Рукавицын В.В. (МГРИ, rukavitsynvv@mgri.ru)***

Аннотация

В данной работе предложен и протестирован алгоритм геоэкологической оценки городских территорий на примере урбоэкологического комплекса города Южно-Сахалинск. Алгоритм включает в свой состав 5 показателей: Изменение MSAVI2, запечатанность почв, крутизна склонов, плотность населения и вид территориальные зоны. На изучаемой территории (город Южно-Сахалинск и прилегающие территории) выделены 59 территориальных зон. Для каждой зоны проведена оценка нагрузки на урбоэкосистему. В целом изучаемая территория подвержена низкой нагрузке. При этом разработанный алгоритм возможно масштабировать, добавляя в него дополнительные показатели. Следующим этапом работы является оптимизация алгоритма и увеличение количества изучаемых показателей.

Ключевые слова

Урбоэкосистемы, спутниковые снимки, комплексная геоэкологическая оценка, интегральный показатель нагрузки на урбоэкосистему

Теория

Существует множество методов оценки геоэкологического состояния территории, которые различаются подходами и методами, направленными на решение экологических проблем и обеспечение экологически устойчивого развития региона. Однако комплексная оценка, которая учитывает все основные факторы, особенности и тенденции изменения качества городской среды, практически не проводится.

Методы изучения и оценки городских экосистем — это относительно новые и всё ещё развивающиеся направления. Однако уже сейчас существует множество показателей, среди которых наиболее доступными и хорошо изученными благодаря наличию данных являются индикаторы, полученные в результате анализа спутниковых изображений. В работе были использованы данные многозональной съёмки, полученные спутниками Sentinel-2., эти данные находятся в открытом доступе.

Алгоритм проведения комплексной геоэкологической оценки городских территорий базируется на расчёте интегрального показателя нагрузки на урбоэкосистему, в состав которого входят антропогенная нагрузка и природные риски. В качестве меры оценки интегрального показателя нагрузки на урбоэкосистему применена 5-ти балльная шкала с оценочными значениями степени нагрузки на урбоэкосистему, где 1 - максимальная нагрузка, а 5 — минимальная. Баллы, присвоенные конкретной территории по каждому критерию, суммировались в итоговую оценку.

В качестве основы алгоритма проведения комплексной геоэкологической оценки городских территорий частично были использованы критерии экологической значимости урбогеосистем и критерии оценки неблагоприятных экзогенных процессов г. Тарусы [5].

Один из важнейших показателей состояния урбоэкосистемы является значение любого вегетационного индекса, однако это значение - лишь безразмерная величина яркости пикселей и характеризуют состояние растительности в определённый момент времени. В виду этого целесообразно рассматривать не единичный показатель значения индекса, а величину его изменения за определённый промежуток времени. Следовательно, критерий, отражающий абсолютное значение индекса NDVI, был замен на показатель изменения в период с 2017 по

2023 годы аналогичного, но менее подверженного влиянию внешних факторов индекса MSAVI2 [1]. Полученные результаты интерпретируются следующим образом: уменьшение индекса более чем на 0,3 условных единицы (у.е.) показывает, что растительность была практически полностью уничтожена, что соответствует 1 баллу; уменьшение на 0,1 - 0,3 у.е. – частичная деградация растительного покрова; значения от -0,1 до 0,1 у.е. – состояние растительного покрова практически не изменилось, значения от 0,1 до 0,3 у.е. – растительный покров частично восстановился; увеличение более чем на 0,3 у.е. – растительный покров практически полностью восстановился, в этом случае присваивается значение 5 – минимальная нагрузка.

К городским запечатанным почвам относятся почвы, закрытые дорожными покрытиями, зданиями и сооружениями. Запечатанные под асфальтобетонные покрытия городские территории способствуют изменению микроклимата и гидрологического режима, что сказывается на незапечатанных городских почвах.

Значения данного параметра рассчитывались, опираясь на методику, предложенную Хайбрахмановым Т.С. [4]. Была проведена полуавтоматическая классификация изучаемой территории. В ходе классификации были выявлены территории, подверженные сильному антропогенному воздействию. Процент запечатанности почвы рассчитывался как отношение площади территории, подверженной сильному антропогенному воздействию к площади оцениваемого участка.

Южно-Сахалинск расположен между двумя горными хребтами, по мере расширения города увеличивается вероятность активизации склонов процессов, которые могут оказывать негативное воздействие на урбоэкосистему. Одним из наиболее наглядных показателей, отражающим вероятность негативных событий является показатель крутизны склонов. Он рассчитывается на основании цифровой модели рельефа Южно-Сахалинска.

На основании методического материала [2] Была произведена следующая классификация склонов по крутизне:

На склоны с крутизной более 40° возможны осыпи; при крутизне в 20 – 40° могут возникать лавины, обвалы; при значениях в 10 – 20° проявляются оползневые процессы; при 5 - 10° - медленное сползание пород; на склонах крутизной менее 5° склоновые процессы отсутствуют.

Плотность населения изучаемого района получена из результатов исследования проекта глобальных показателей численности населения с высоким разрешением [6]. Единицами измерения которого являются количество человек на квадратный километр, рассчитанное на основе общих данных по Российской Федерации за 2020 год. Помимо этого, проведено сравнение численности населения согласно этому исследованию и данных Сахалинстата по численности населения за 2020 год. В результате сравнения выявлена погрешность и проведена экстраполяция значений плотности населения.

Значение показателя максимальной плотности населения рассчитывалось исходя из отношения демографической ёмкости территории к площади территории пригодной для застройки, ёмкость была определена согласно руководству по комплексной оценке и функциональному зонированию территорий в районной планировке [3]. Так максимальная нагрузка (1 балл) на урбоэкосистему будет достигнута при плотности населения свыше 9000 чел./км².

Территориальные зоны были определены согласно карте функционального планирования Южно-Сахалинска. Шкалирование степени воздействия конкретной территориальной зоны на урбоэкосистему проводилось экспертным методом. Минимальный балл, характеризующий максимальную антропогенную нагрузку, получили территориальные зоны с наиболее высокой антропогенной нагрузкой на урбоэкосистему (промышленные площадки, территории, занятые многоквартирными зданиями, крупные объекты коммерции),

по мере уменьшения антропогенной нагрузки оценка увеличивалась, так территориям с естественным растительным покровом, которые оказывают наименьшую антропогенную нагрузку на урбоэкосистему, был присвоен максимальный балл. Стоит отметить, что в случае с сельскохозяйственными угодьями невозможно применение вегетационных индексов для оценки изменения состояния растительности, так как в зависимости от севооборота ежегодно изменяются состав сельскохозяйственных культур, засеваемых на полях.

Вышеперечисленные показатели сведены в таблицу параметров интегрального показателя нагрузки на урбоэкосистему (табл. 1).

Таблица 3. Параметры интегрального показателя нагрузки на урбоэкосистему

Баллы	Оцениваемые параметры				
	Изменение MSAVI2	Запечатанность почв, %	Крутизна склонов, °	Плотность населения, Чел/км ²	Территориальные зоны
1	< -0,3	81-100	> 40	> 9001	Застройка высокой плотности и слабоозеленные территории
2	-0,3 – -0,1	61-80	20 – 40	6001-9000	Сельскохозяйственные угодья
3	-0,1 – 0,1	41-60	10 – 20	3001-6000	Застройка низкой плотности
4	0,1 – 0,3	21-40	5 - 10	1001-3000	Рекреационные зоны с трансформированным растительным покровом
5	> 0,3	0-20	< 5	< 1000	Природные территории

Интегральный показатель нагрузки на урбоэкосистему рассчитывается, как среднее значение по пяти критериям. Итогом расчётов служит база данных параметров интегрального показателя нагрузки на урбоэкосистему.

На изучаемой территории выделены 59 территориальных зон. Для каждой зоны проведена оценка нагрузки на урбоэкосистему (рисунок 1).

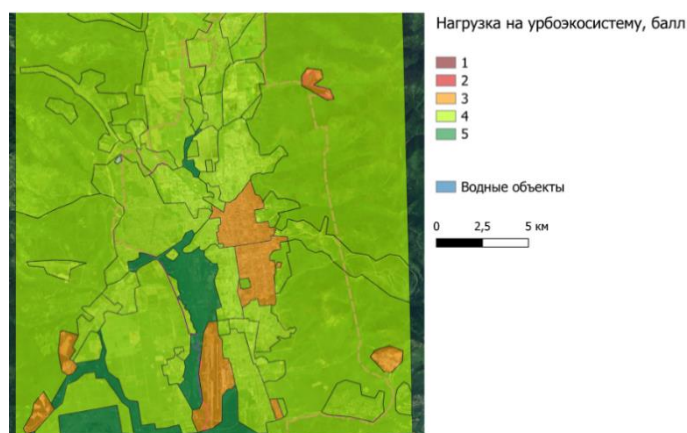


Рисунок 1. Карта интегрального показателя нагрузки на урбоэкосистему

Исходя из оценки по вышеуказанным 5 критериям можно утверждать, что нагрузка на урбоэкосистему города Южно-Сахалинск в целом низкая, за исключением центральной части города, территории аэропорта и карьеров добычи строительных материалов.

Выводы

Проведенные исследования показали, что алгоритм проведения комплексной геоэкологической оценки городских территорий отображает антропогенную нагрузку на урбоэкосистему и учитывает природные риски.

Информация, полученная в результате комплексного геоэкологического анализа, использоваться при создании градостроительных проектов. Эти данные могут быть использованы при разработке мер по охране окружающей среды и улучшению санитарно-эпидемиологической обстановки в городских районах. Предложенные в исследовании идеи могут быть применены при разработке генерального плана развития города и реализации инвестиционных проектов.

Главное достоинство данного алгоритма – его простое масштабирование, с добавлением в базу данных большего числа показателей, которые могут быть как результатами дистанционных, так и стационарных исследований.

В дальнейшем предполагается продолжить исследование в данном направлении, оптимизировать алгоритм и расширить список учитываемых параметров.

Библиография

1. Токорева О.С. Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли: учебное пособие / О.С. Токорева; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. - 148 с.
2. Попов Ю.В., Пустовит О.Е. Курс «Общая геология». Учебное пособие к разделу «Континентальные склоновые процессы и отложения» - Москва-Берлин: Директ-Медиа, 2016. 48 с.
3. Руководство по комплексной оценке и функциональному зонированию территорий в районной планировке / Центр. н.-и. и проект. ин-т по градостроительству. — 2-е изд., испр. и доп.. — М. : Стройиздат, 1982. — 105 с. ил.; 20.
4. Хайбрахманов Т.С., Никифорова Е.М., Кошелева Н.Е. (2017). Картографическое обеспечение эколого-геохимической оценки запечатанных почв на урбанизированных территориях. InterCarto. InterGIS [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://istina.ipmnet.ru/publications/article/68086122/>, свободный (дата обращения: 23.02.2025);
5. Харитонов Т.И., Мерекалова К.А., Родина В.О., Моисеев А.И., Баталова В.А., Омерда Е.А., Подгорный О.М. 2017. Структура и ценность городских ландшафтов как основа городского планирования [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://istina.ipmnet.ru/publications/article/72432885/>, свободный (дата обращения: 23.02.2025);
6. WorldPop and Center for International Earth Science Information Network (CIESIN), Columbia University (2018). Global High Resolution Population Denominators Project [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://dx.doi.org/10.5258/SOTON/WP00675>, свободный (дата обращения: 23.02.2025).

Анализ природоохранных мероприятий при освоении нефтяных месторождений

**Карагулов Ч.А.* (МГРИ, karagulovcingiz@gmail.com),
Слащева А.В. (МГРИ, slashchevaav@mgri.ru)**

Аннотация

На сегодняшний день нефтедобывающее производство занимает одно из первых мест среди отраслей промышленности по уровню негативного воздействия на окружающую природную среду. Необходимо создание специализированных служб охраны окружающей среды на предприятиях нефтедобычи, организации специального движения технологического транспорта и разработки комплексных природоохранных программ с учётом региональных особенностей, например, в северных районах. Особое внимание уделяется организации природоохранной деятельности на предприятиях, разработке комплексных мероприятий по предотвращению загрязнения атмосферного воздуха, водных объектов и почв, а также инновационным технологиям, реализуемым ведущими нефтяными компаниями, включая ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Нефтяная компания «Лукойл» и ПАО «Сургутнефтегаз», с акцентом на привлечение зеленых инвестиций в экологическую безопасность.

Ключевые слова

Система охраны окружающей среды, нефтяные месторождения, нефтяное загрязнение, природоохранные мероприятия, «зеленые» инвестиции

Теория

Для полноценного анализа системы охраны окружающей среды на различных нефтяных месторождениях, были решены следующие задачи: изучены нормы и правила охраны окружающей среды при нефтедобыче; проанализированы виды загрязнений природной среды на этапах освоения нефтяных месторождений; проведен анализа природоохранных мероприятий ведущих нефтедобывающих компаний.

Характерными особенностями нефтедобывающего производства являются: во-первых, повышенная опасность его продукции, то есть добываемого флюида – нефти, газа, высокоминерализованных и термальных вод; во-вторых, то, что оно способно вызывать глубокие преобразования природной среды – на больших глубинах до 8-9 км; в-третьих, то, что практически все его объекты, применяемые материалы, оборудование, техника являются источником повышенной опасности; в-четвертых, изымаются из сельскохозяйственного, лесохозяйственного или иного пользования огромные по территории участки земли. В таблице 1 представлены виды негативного воздействия на окружающую среду на нефтяных месторождениях.

Таблица 1. Негативное воздействие на окружающую среду на разных стадиях производственно-технологического процесса на нефтяных месторождениях

Производственно-технологические стадии	Природные объекты		
	Земная поверхность	Поверхностные и подземные воды	Атмосферный воздух
Поиски и разведка	Нарушение и загрязнение почвенного и растительного покрова; отчуждение земли под строительство буровых установок и размещение	Загрязнение поверхностных и подземных вод промывочной	Аварийные выбросы нефти и газа в процессе бурения и

	временных поселков; активизация экзогенных геологических процессов; снижение биопродуктивности экосистем.	жидкостью, засоление поверхностных водоемов, при самоизливе рассолов вскрытых структурно– поисковыми и разведочными скважинами.	освоения скважин; газопылевое загрязнение при строительстве дорог и промышленных площадок.
Добыча	Изъятие земель из сельскохозяйственного оборота под нефтепромысловые объекты.	Нарушение изолированности водоносных горизонтов из-за перетоков.	Загрязнение углеводородом, сероводородом, оксидами серы и азота при эксплуатации скважин; выделение отработанных газов транспортными средствами и двигателями буровых установок.
Первичная переработка и транспортировка	Эксплуатация земель под складирование отходов; нарушение экологической обстановки при строительстве и эксплуатации магистральных нефтепроводов.	Утечка нефтепродуктов и химических реагентов из резервуаров и дозировочных установок; загрязнение поверхностных и подземных вод горюче-смазочными материалами, бытовыми и техническими отходами.	Распыление и розлив нефти и нефтепродуктов, потери при испарении легких фракций нефти во время хранения в резервуарах и производстве сливоналивных операций.

Основными загрязнителями окружающей среды при технологических процессах нефтедобычи являются: нефть и нефтепродукты, сернистые и сероводородсодержащие газы, минерализованные пластовые и сточные воды нефтепромыслов и бурения скважин, шламы бурения, нефте- и водоподготовки и химические реагенты, применяемые для интенсификации процессов нефтедобычи, бурения и подготовки нефти, газа и воды. Уровень загрязнения окружающей среды отходами производства оценивается кратностью превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) поступающих веществ в природные объекты. По ориентировочным оценкам, большая часть углеводородного загрязнения приходится на атмосферу – 75 %, 20 % фиксируется в поверхностных и подземных водах и 5 % накапливается в почвах.

По данным документа 4156-86 «Санитарные правила для нефтяной промышленности» для всех предприятий и объектов в существующих и осваиваемых районах добычи нефти должен быть разработан комплекс природоохранных мероприятий. При составлении проектов разработки месторождений нефти должен быть включен раздел «Охрана окружающей среды».

Производственные объединения и предприятия, осуществляющие лабораторный контроль за состоянием объектов внешней среды, ежегодно согласовывают с гидрометеорологической и санитарно-эпидемиологической службами сеть размещения постов наблюдения.

В комплексе природоохранных мероприятий должно быть предусмотрено предупреждение загрязнения атмосферного воздуха, предприятия нефтедобычи обязаны предупреждать возможность нефтегазопроявлений при бурении и ремонте скважин; также следует предусматривать предупреждение загрязнения поверхностных и подземных вод. В проектах и условиях строительства, реконструкции и эксплуатации предприятий (объектов) в северных районах должны быть предусмотрены мероприятия по предотвращению изменения природных мерзлотных характеристик грунта. Производственные отходы подлежат уничтожению в специально отведенных местах способами, согласованными с органами государственного санитарного надзора. На территориях месторождений и прилегающих районов организовывается движение специального автомобильного технологического транспорта, перемещение технологического оборудования и установок по строго определенным маршрутам, которые должны быть предусмотрены проектом разработки и освоения месторождений.

Служба охраны окружающей среды на нефтедобывающих предприятиях создается с целью организации природоохранной деятельности предприятий и всех его подразделений. На нее возлагается ответственность за обеспечение осуществления мероприятий по охране окружающей среды, регламентированных соответствующими нормативными актами.

Охрана окружающей природной среды охватывает целый комплекс технических, технологических, организационных и экономических мероприятий, осуществляемых с одной целью – снижения воздействия производственных процессов на окружающую среду. Отсюда возникает необходимость разработки подхода к организации управления этой сферой деятельности предприятий.

В работе проведен анализ инновационных технологий системы охраны окружающей среды и снижения, устранения негативных последствий трех нефтяных компаний Российской Федерации: ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Нефтяная компания «Лукойл», ПАО «Сургутнефтегаз». В чем состоят инновационные технологии на примере ПАО «НК «Роснефть» (рис. 1).



Рисунок 1. Экологические цели компании ПАО «НК «Роснефть»

Компанией на регулярной основе проводится масштабная работа по обеспечению экологической безопасности, сохранению и восстановлению природных ресурсов. Для достижения лучших показателей в этих областях ПАО «НК «Роснефть» постоянно

совершенствует подходы к управлению природоохранной деятельностью, наращивает масштабы экологических мероприятий и необходимые инвестиции в ООС. По итогам 2022 года «зеленые» инвестиции «Роснефти» составили порядка 57 млрд руб., что на 4% превышает уровень прошлого года. Суммарно за последние три года этот показатель составил почти 156 млрд руб. Средства были направлены на повышение надежности трубопроводов, улучшение управлением сточными водами, обращение с отходами и рекультивации нарушенных земель, в том числе «исторического наследия».

Выводы

В настоящее время концепция «зеленой экономики» активно внедряется во многие производственные сферы, наибольшее значение она принимает в сферах, связанных с использованием природных ресурсов. Россия является одним из мировых лидеров по экспорту нефтепродуктов и природного газа, следовательно, получает значительную часть доходов от их использования, основные силы и финансирование идут на развитие нефтегазового комплекса. Такое развитие приводит к негативным последствиям для окружающей среды территории, где ведутся нефтедобывающие работы, а что ужаснее – к нарушению экосистем в целом.

В таких условиях для России является необходимым создание новых технологий, которые значительно уменьшат нагрузку на природную среду от разработки нефтегазоносных месторождений, но при всем этом увеличат экономические выгоды при их использовании. Примером такого позитивного взаимодействия экономики и экологии служит активное внедрение системы экологического менеджмента. В каждой из выбранных нефтяных компаний внедрена система экологического менеджмента, что поднимает их в «Рейтинге экологической ответственности нефтегазовых компаний».

Библиография

1. 4156-86 «Санитарные правила для нефтяной промышленности» Минздрав СССР, 15.10.1986.
2. Закон РФ «О недрах» (в редакции Федерального закона от 3 марта 1995 года №27-ФЗ) (с изменениями на 8 декабря 2020 года).
3. Коршак А.А., Шаммазов А.М. Основы нефтегазового дела. Учебник для вузов: - Уфа.: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2011.
4. Учебно-методическое пособие «Экология нефтегазодобывающего комплекса». – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2018 г.

Разработка программы геоэкологического мониторинга на территории ПЗРО (на примере ФГУП «РАДОН»)

Коваль А.Д.* (МГРИ, gelya.koval.2014@mail.ru)

Аннотация

В данной работе рассматривается программа геоэкологического мониторинга на территории пункта захоронения радиоактивных отходов Ленинградской области. Целью исследования является создание системы, позволяющей эффективно отслеживать экологическое состояние и потенциальные риски, связанные с захоронением радиоактивных материалов. В рамках работы проведен анализ существующих методов мониторинга, проектная оценка ПЗРО, а также составлена предварительная программа мониторинга на каждом этапе жизненного цикла ПЗРО.

Ключевые слова

Мониторинг, захоронение, радиоактивные отходы, окружающая среда, наблюдение

Теория

Создание пункта захоронения радиоактивных отходов (ПЗРО) в Ленинградской области обусловлено сосредоточением в районе исследования большого количества предприятий атомной энергетики, в процессе деятельности которых образуются радиоактивные отходы. Радиоактивные отходы, находящиеся на территории данных объектов, хранятся в наземных сооружениях, которые не могут быть переведены в статус ПЗРО. В силу этого существует необходимость поиска решения проблемы удаления этих РАО из сферы человеческой жизнедеятельности. Современным и технически осуществимым способом решения этой проблемы является захоронение накопленных, а также вновь образующихся, твердых и отвержденных радиоактивных отходов в приповерхностном пункте захоронения радиоактивных отходов заглубленного типа [5]. Общий вид планируемого ПЗРО представлен на Рисунке 1.

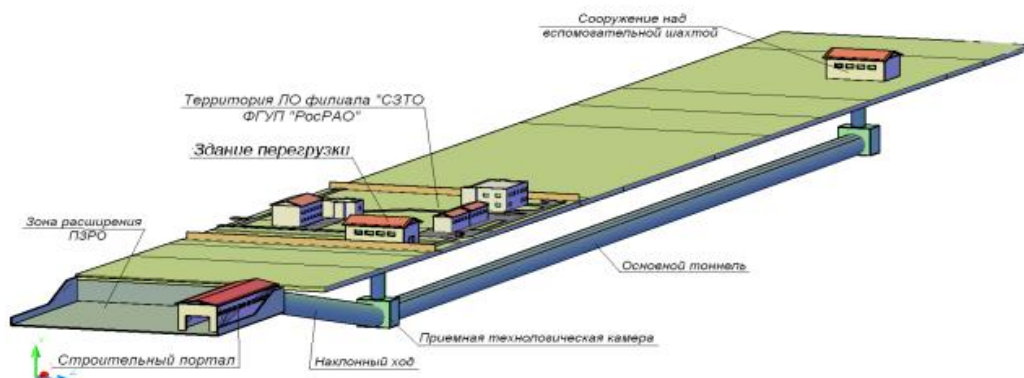


Рисунок 13. Общий вид ПЗРО [1]

Для безопасной эксплуатации ПЗРО требуется разработать комплексную программу геоэкологического мониторинга, которая позволит выявлять любые изменения инженерно-геологической направленности и выработать рекомендации по устранению (минимизации) возможных факторов негативного влияния на окружающую среду на всех этапах жизненного цикла объекта.

Первым шагом для разработки программы является определение границ и объекта наблюдений. По имеющимся результатам радиационных последствий аварий следует, что ПЗРО относится к III категории потенциальной радиационной опасности по ОСПОРБ-99/2010. Для объектов III категории потенциальной радиационной опасности устанавливается СЗЗ, ограниченная территорией самого объекта (горного отвода размещения ПЗРО) [4]. Однако для получения более обширной и качественной информации мониторинг следует проводить в разных местах в пределах горного отвода размещения ПЗРО и вне его. Исходя из этого, можно выделить следующие границы наблюдений:

- мониторинг на площадке – проводится на территории, расположенной на поверхности в границах горного отвода;
- мониторинг внутри объектовый – пространство внутри и снаружи проектных контуров подземного сооружения (горный мониторинг);
- мониторинг внеплощадочный – территории, прилегающие непосредственно к площадке или контрольные внеплощадные точки (например, геодезические репера, отслеживающие тектонические движения на региональном уровне и др.);
- сопутствующий мониторинг – на площадке временного складирования отвалов выбранных пород (контроль устойчивости откосов).

По пространственному расположению можно выделить поверхностный и подземный (горный) мониторинг, что и определяет непосредственно объекты мониторинга.

На каждом этапе жизненного цикла пункта захоронения радиоактивных отходов необходимо применять разные виды мониторинга [2]. Рассмотрим каждый этап по отдельности.

Организация мониторинга до начала строительства подразумевает выполнение комплексных инженерных изысканий (при необходимости выполняются на всех этапах строительства), по данным которых разрабатывается Программа наблюдений, в которой определяются места, методы, оборудование и частота проведения наблюдений. Согласно Программе проводится первый цикл наблюдений, с получением обобщенных и уточненных фоновых характеристик площадки горного отвода и площадки складирования изъятной породы (осуществляется минимум за год до начала строительства с внедрением горного мониторинга). Как правило, осуществляются основные виды наблюдений, к которым относятся:

- стационарные гидрогеологические наблюдения за режимом и свойствами подземных вод (наблюдательные скважины и т.д.);
- геодезические наблюдения в контрольных точках территории, важных для безопасности;
- инженерно-геологические и геофизические наблюдения, в том числе наблюдения за возможными дифференцированными смещениями земной коры и тектоническими процессами;
- инженерно-геологические и геофизические наблюдения за изменением напряженно-деформированного состояния массива вмещающих пород;
- сейсмический мониторинг.

По результатам наблюдений проводится:

- обработка и интерпретация (анализ) данных мониторинга;
- прогноз изменений инженерно-геологических условий;
- прогноз взаимовлияния подземного объекта и окружающей среды;
- принятие дополнительных решений по дальнейшим наблюдениям определение дополнительных контрольных точек и зон наблюдения, а также внесение изменений в проектную документацию.

На этапе организации мониторинга при строительстве ПЗРО продолжают основные виды наблюдений и начинается основной горный мониторинг. При строительстве ПЗРО к основным видам наблюдений добавляются: специальные наблюдения за устойчивостью и деформированием горных выработок, включая крепь и приконтурную часть массива горных пород; специальные наблюдения за тектоническими нарушениями, пересекающими горные выработки (в случае выявления); наблюдения за изменением напряженно-деформированного состояния массива вмещающих пород; контроль за образованием трещин в массиве горных пород на площадке складирования изъятной породы; дополнительный мониторинг устойчивости откосов отсыпанных пород.

По результатам основных наблюдений проводится:

- обработка и интерпретация (анализ) данных мониторинга;
- среднесрочный прогноз изменений инженерно-геологических условий;
- среднесрочный прогноз взаимовлияния подземного объекта и окружающей среды (включая безопасность ПЗРО);
- принятие дополнительных решений по дальнейшим наблюдениям.

Для проведения горного мониторинга помимо визуальных наблюдений предусматривается обустройство подземных сооружений контрольно-измерительной аппаратурой (КИА) с автоматическими считывающими устройствами.

Основными задачами контроля за поведением горного массива являются:

- выбор в пределах горного отвода участков массива, подлежащих контролю;
- выбор и обоснование критериев контроля массива или отдельных его элементов;
- разработка схем контроля и необходимых средств их совершенствования;
- контроль параметров микроклимата в рабочей зоне подземных выработок;
- оповещение обслуживающего персонала в случае возникновения опасных ситуаций.

Организация мониторинга в эксплуатационный период. В периоде эксплуатации можно выделить три самостоятельных этапа: период загрузки РАО в сооружение захоронения (составляет от 6 до 10 лет в зависимости от поступления РАО, но не менее 1,5 лет); период активного наблюдения за состоянием инженерных и естественных барьеров, вмещающих пород и окружающей среды (составляет примерно 30 лет); период закрытия ПЗРО (составляет примерно 1 год).

Данные мониторинга проходят экспертную проверку, по результатам которой принимается решение о введении новых средств наблюдений или минимизации (консервации) ряда имеющихся контрольных точек с аппаратурой. На этом этапе, согласно Программе наблюдений, продолжают основные виды наблюдений. По результатам наблюдений проводится:

- обработка и интерпретация (анализ) данных мониторинга;
- долгосрочный прогноз изменений инженерно-геологических условий;
- долгосрочный прогноз взаимовлияния подземного объекта и окружающей среды (включая безопасность ПЗРО);
- принятие дополнительных решений по дальнейшим наблюдениям с выбором точек наблюдения автономной мониторинговой аппаратуры.

При организации мониторинга в постэксплуатационный период Служба мониторинга после соответствующей оценки экспертной комиссии может завершить (законсервировать) некоторые наблюдения, проводимые на площадке, вне площадки (кроме постоянных), по решению комиссии на необходимый срок. Данные автономных наблюдений передаются под контроль соответствующих служб в единую систему.

На последних сроках проведения мониторинга организуется: демонтаж (или консервация) отработавшего наблюдательного оборудования; монтаж наиболее современной автономной мониторинговой техники.

После оценки работоспособности средств наблюдений, обустроенных в соответствующих контрольных точках, оставляемая контрольная аппаратура переводится в полный автономный режим [3].

Выводы

Разработка программы геоэкологического мониторинга на проектируемом ПЗРО необходима для контроля состояния окружающей среды и обеспечения радиационной безопасности. Она позволяет отслеживать изменения в гидрогеологических, атмосферных и других условиях, а также уровень радиации на территории пункта и вокруг него. Это помогает своевременно выявлять потенциальные угрозы и принимать меры по их устранению, предотвращая негативное воздействие на окружающую среду и здоровье людей.

Благодарности

Автор выражает благодарность кандидату географических наук, доценту Буфетовой Марине Васильевне, как научному руководителю в период написания работы.

Библиография

1. Предварительные материалы по ОВОС. - Москва: Государственная корпорация по атомной энергии "РОСАТОМ", 2015. - 217 с.;
2. Нормы безопасности МАГАТЭ [Электронный ресурс]: материал с сайта pub.iaea.org – Режим доступа https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1640R_web.pdf, (дата обращения: 03.02.2025).
3. Приказ Ростехнадзора от 24.08.2016 N 352 [Электронный ресурс]: материал с сайта sudact.ru – Режим доступа <https://sudact.ru/law/prikaz-rostekhnadzora-ot-24082016-n-352-ob/>, (дата обращения: 05.02.2025);
4. СП 2.6.1.2612-10 ОСПОРБ-99/2010 [Электронный ресурс]: материал с сайта stroychik.ru – Режим доступа https://stroychik.ru/wp-content/uploads/2020/04/osporb_cp2-6-1-2612-10.pdf, (дата обращения: 05.02.2025).
5. Технические аспекты создания регионального пункта захоронения радиоактивных отходов. Ретроспектива подходов [Электронный ресурс]: материал с сайта int.ibrae.ac.ru – Режим доступа [https://int.ibrae.ac.ru/docs/Radwaste_Journal_1\(2\)18/2_sorokin.pdf](https://int.ibrae.ac.ru/docs/Radwaste_Journal_1(2)18/2_sorokin.pdf), (дата обращения: 05.02.2025);

Перспективы развития Астраханского газоперерабатывающего завода в рамках климатической доктрины России

***Курнева В.М.* (МГРИ, kurneva0101@mail.ru),
Буфетова М.В. (МГРИ, bufetovamv@mgri.ru)***

Аннотация

Астраханский газоперерабатывающий завод (ГПЗ), один из крупнейших объектов газовой промышленности России, играет ключевую роль в переработке природного газа и производстве продукции, востребованной как на внутреннем, так и на международном рынке. В условиях глобальной климатической повестки и реализации климатической доктрины России перед предприятием стоят новые вызовы и возможности. Статья представляет аналитическую базу для дальнейших исследований в области снижения углеродного следа и перехода к устойчивым технологиям в газовой отрасли. Выявленные перспективы развития Астраханского ГПЗ могут стать основой для разработки новых технологических решений.

Ключевые слова

Астраханский газоперерабатывающий завод, климатическая доктрина, парниковые газы, углеродная нейтральность

Теория

Изменение климата является одной из важнейших проблем XXI века, выходящей за пределы научного контекста и требующей комплексного междисциплинарного подхода. Оно оказывает значительное влияние на экологическую, экономическую и социальную сферу, что делает его ключевым фактором в достижении целей устойчивого развития Российской Федерации.

В условиях глобальных климатических изменений, для формирования единой государственной политики в отношении изменения климата и его последствий, была создана климатическая доктрина Российской Федерации.

В первой редакции доктрина была утверждена по распоряжению президента РФ Дмитрия Медведева 17 декабря 2009 года, обновленный вариант документа был принят 26 октября 2023 года указом президента Владимира Путина.

Документ составлялся в рамках обязательств российской стороны по разработке политики и мер в области климата, предусмотренных Рамочной конвенцией ООН об изменении климата.

Ключевой долгосрочной целью климатической политики является достижение не позднее 2060 года углеродной нейтральности (баланса между антропогенными выбросами парниковых газов и их поглощением) [4].

Астраханский ГПЗ, как крупное промышленное предприятие, связанное с переработкой природного газа с высоким содержанием сероводорода и углекислого газа, является значимым источником выбросов парниковых газов (рисунок 1). Изучение его вклада и возможностей сокращения выбросов помогает реализовать цель климатической доктрины на региональном уровне.



Рисунок 1. Астраханский ГПЗ

Эмиссии парниковых газов предприятий делятся на две категории: «горячие» и «холодные». «Горячие» выбросы происходят от источников, связанных с процессом сжигания топлива и сырья, таких как технологические печи и факельные установки. «Холодные» выбросы образуются из источников, не связанных с горением, - вентиляционные системы, насосное и компрессорное оборудование.

Ежегодная добыча и переработка 12 млрд м³ сырья сопровождается выбросом в атмосферу 2880 тыс. т парниковых газов (CO₂ – 99,96 %, CH₄ – 0,042 %, N₂O – 0,0001 %). «Горячие» выбросы дают большую часть всех эмиссий [1].

Таблица 1. Выбросы парниковых газов Астраханским ГПЗ (на 2023 год)

Структурное подразделение	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	ПГ
	тыс. т/год			
«Горячие» выбросы завода	2879,489324	1,0585	0,003063	2880,5509
«Холодные» выбросы завода	1,834	0,145705	-	1,9797
Всего выбросов завода	2879,491158	1,2041757	0,003063	2880,6984

В процессе добычи и переработки природного газа в атмосферу поступает не только CO₂, который традиционно образуется во время работы технологического оборудования (печей, горелок факельных установок), но и CO₂ изначально содержащийся в сырье. Его доля составляет около 50% от общего выброса CO₂.

Для того, чтобы оценить вклад других парниковых газов в парниковый эффект, их выбросы выражают в единицах CO₂-эквивалента. Согласно Приказу Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 27 мая 2022 г. N 371 «Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов», показатель глобального потепления для метана составляет 25, а для закиси азота – 298. Это означает, что выброс 1 т метана эквивалентен выбросу 25 т CO₂, выброс 1 т закиси азота – 298 т CO₂. Таким образом, оба компонента парниковых газов оказывают воздействие на радиационные характеристики атмосферы, соответственно, на один и два порядка больше, чем CO₂.

В единицах CO_2 -эквивалента годовой валовый выброс парниковых газов для Астраханского ГПЗ составляет 2910,508 тыс. т. Размеры эмиссий парниковых газов в единицах CO_2 -эквивалента позволяют оценить суммарный парниковый эффект, который вызывают источники предприятия [1].

Главными направлениями сокращения выбросов парниковых газов для Астраханского ГПЗ в настоящее время являются эффективное энергосбережение, перевод автотранспорта на компримированный природный газ, техническая реконструкция производства, а также внедрение новой технологии – обратной закачки кислых газов в подземные пласты Астраханского газоконденсатного месторождения (АГКМ) [2].

Процесс перевода автотранспорта Астраханского ГПЗ на КПП – долгосрочный проект, целью которого является стопроцентное использование газомоторной техники

На данный момент доля автотранспорта Управления технологического транспорта и специальной техники, работающего на компримированном природном газе (КПП), составляет около 80% от общего автопарка. Это реализуется в рамках программы, утвержденной председателем Правления ПАО «Газпром» А.Б. Миллером, по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива на 2023-2025 годы. Двигатели на КПП сокращают выбросы: оксида углерода на 95%, углеводородов на 80% и оксидов азота на 30% [3].

«Газпром добыча Астрахань» начал переводить свой транспорт на газомоторное топливо с 2015 года. На 2023 год Управление технологического транспорта и специальной техники астраханского газодобывающего предприятия насчитывало 301 единицы газомоторной техники.

Одним из ключевых направлений снижения выбросов парниковых газов является эффективное энергосбережение, которое позволяет не только уменьшить углеродный след предприятия, но и повысить его экономическую эффективность.

На Астраханском ГПЗ выполняются мероприятия, направленные на экономию энерго- и теплоресурсов. В рамках программы было выполнено:

- замена светильников снизило потребление электроэнергии на 68,8 тыс. кВт/ч;
- техническое обслуживание конденсаторных установок сократило потери активной энергии, сэкономив 5376,6 тыс. кВт/ч.
- эксплуатация турбин рекуперации на установках очистки газа от кислых компонентов У-172/272, где предусмотрено, что каждая турбина при включении разгружает электродвигатель и снижает потребление электроэнергии, экономия энергоресурсов составила 4507,1 тыс. кВт/ч;
- внедрение на системах парового обогрева Астраханского ГПЗ термостатических конденсатоотводчиков позволило сэкономить 18186 Гкал тепловой энергии [3].

Мероприятия программы энергосбережения также направлены на снижение удельного потребления топливно-энергетических ресурсов на собственные технологические нужды, которое составило 182,030 кг у.т./тыс. м^3 по переработке газа и газового конденсата.

Уникальная особенность сырья Астраханского газоконденсатного месторождения — высокая концентрация кислых компонентов (13% CO_2 и 26% H_2S). Сероводород перерабатывается в серу, а углекислый газ, пройдя все этапы технологического цикла, выбрасывается в атмосферу через печи дожигания отходящих газов. И хотя выброс сырьевого CO_2 входит в состав выбросов парниковых газов от процессов переработки сырья, составляя больше половины выбросов Астраханского ГПЗ, сокращение данного вида выбросов можно осуществить на стадии добычи сырья, радикально уменьшив выброс CO_2 в атмосферу.

Сущность проекта заключается в выделении из добытого природного газа кислых компонентов (углекислый газ и сероводород) на промысле с их последующей закачкой в

выработанные или изолированные пласты. Этот способ помогает снизить или полностью исключить выбросы углекислого газа и сероводорода.

Кислые газы предполагается закачивать в зонах пониженного пластового давления. Нагнетаемый кислый газ поддержит пластовое давление, тем самым будет способствовать увеличению газо- и конденсатоотдачи. При этом закачиваемые в пласт кислые компоненты также снижают и давление начала конденсации пластового газа, способствуя повышению конденсатоотдачи.

Подземное захоронение кислого газа как способ утилизации нашло широкое применение в Северной Америке, внедряется в Западной Европе и на Ближнем Востоке.

Однако, зарубежный опыт закачки кислых газов неприменим к нашим условиям, так как ориентирован на использование отработанных резервуаров с низкой производительностью и невысоким давлением. Поэтому перед масштабным внедрением этой технологии на Астраханском газоконденсатном месторождении (АГКМ) целесообразно провести ее отработку на опытно-промышленном полигоне. [3].

На данный момент, проект «Опытный полигон для отработки технологии обратной закачки на разбуренной части АГКМ» находится на стадии разработки проектной документации.

Выводы

Таким образом, деятельность Астраханского ГПЗ по сокращению парниковых газов, включая энергосбережение, перевод автотранспорта на КПП и планируемую обратную закачку кислых газов, вносит существенный вклад в реализацию целевых установок климатической доктрины и одновременно обеспечивает рост технологической эффективности предприятия.

Библиография

1. В.А. Андрианов, Е.В. Кудрявцева, В.И. Серебрякова Эмиссия парниковых газов при эксплуатации Астраханского газоконденсатного месторождения // Геология, география и глобальная энергия. – 2011. – № 4(43). – С. 174-180.
2. Е.В. Кудрявцева, В.А. Андрианов Рыночные механизмы Киотского протокола в решении проблемы обращения с выбросами парниковых газов Астраханского газового комплекса // Геология, география и глобальная энергия. – 2009. – № 4(35). – С. 205-208.
3. Е.В. Кудрявцева, В.А. Андрианов, С.А. Груничева Сокращение выбросов парниковых газов при добыче сырья на Астраханском газоконденсатном месторождении // Геология, география и глобальная энергия. – 2016. - № 4(63). – С. 67-73.
4. Указ Президента РФ от 26 октября 2023 г. № 812 «Об утверждении Климатической доктрины Российской Федерации.

Геоинформационные технологии как метод моделирования процессов затопления

***Мазур А.И. * (МГРИ, almazur19@icloud.com),
Экзарьян В.Н. (МГРИ, ekzaryanvn@mgri.ru)***

Аннотация

Актуальность данного исследования обуславливается применением дистанционных средств обработки информации для моделирования процессов затопления территорий Российской Федерации. С помощью геоинформационных технологий возможно интерпретировать полученную информацию в модель, которая наглядно показывает степень поражения территорий водой. Необходимость данного исследования заключается в сравнении и оценке затопляемых территорий и поражении территориально-промышленных комплексов и населенных пунктов, что негативно сказывается не только на состоянии окружающей среды, но и на экономической составляющую государства. Наибольшую опасность представляют сезонные паводки, вызванные таянием снежного покрова, что может спровоцировать наводнения вблизи пойм крупных рек.

В научном труде акцентируются методы анализа информации, полученных с данных аэрокосмостъемки, для изучения рисков в связи с зонами затоплений прибрежных территорий. Исследования проводились с применением индексов обработки дистанционной информации и сравнении полученных результатов со снеготаянием на реке Амур.

Ключевые слова

Геоинформационные технологии, затопление, анализ, данные, риски

Теория

Затопление территорий – это опасное гидрологическое явление, в большинстве случаев вызванное гидрологическими процессами, возникающих под действием различных природных или гидродинамических факторов, или их сочетаний, приносящих ущерб населению, природной среде и объекты экономики. На примере реки Амур предлагается обработать данные дистанционного зондирования для сравнения существующих данных о разливе реки в весенний период времени – активного таяния снежного покрова. Разлив реки Амур в период паводков может достигать 10-25 километров в ширину при ширине самой реки в 40-50 километров. Таким образом, детальное изучение земной поверхности для определения зон затопления основывалось на применение снимков спутника дистанционного зондирования Земли – Landcast 8, обеспечивающий сбор и сохранение многоспектральных изображений разрешения в 30 метров на точку. При обработке аэрокосмоснимков происходит математически строгое преобразование исходного изображения (снимка) в ортогональную проекцию и устранение искажений, вызванных рельефом, условиями съемки и типом камеры – это называется ортокоррекцией. Использование снимков спутника Landcast 8 и последующей обработки проходило в Google Earth Engine – пространственной платформе для обработки большого количества географических данных, после чего выполнялся анализ данных о зонах затопления территорий на основе различных геопространственных характеристик. Методика работы в Google Earth Engine показана на рисунке 1.

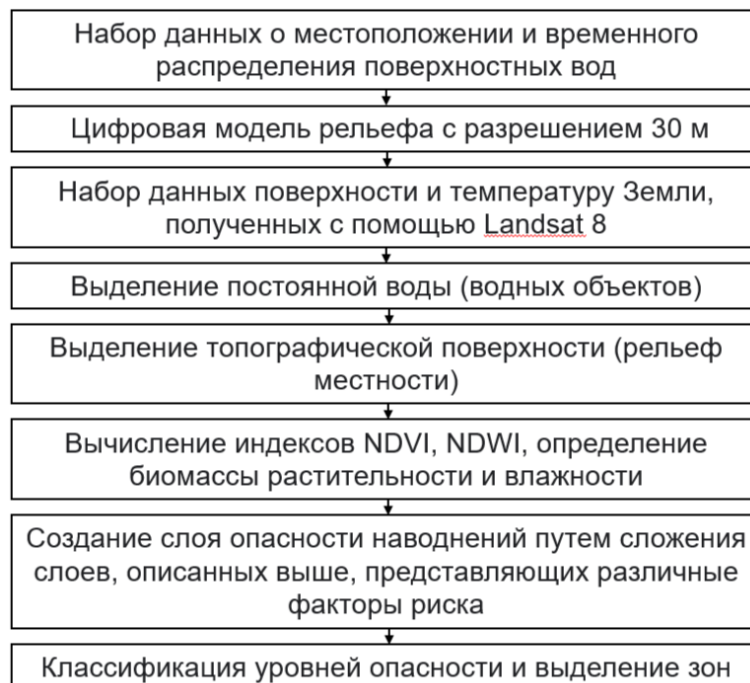


Рисунок 1. Общая схема методики использования Google Earth Engine

Для обработки снимков требуются данные о:

1. наличии воды на поверхности Земли (постоянной и сезонной);
2. расстояния от постоянной воды (водных объектов) и создание карты расстояний, где значения на карте варьируются в зависимости от того, насколько близко расположена территория к постоянной воде;
3. оценка рисков по различным критериям, включая высоту над уровнем моря (по данным DEM), топографические позиции и влажность (NDWI);
4. обработка данных аэрокосмоснимков Landsat 8 для избавления от облачности, что позволяет увеличить точность анализа земной поверхности.

Для анализа водной поверхности лучше использовать Normalized Difference Water Index (NDWI): нормализованный индекс водной поверхности, который помогает выявлять наличие воды и различать ее от наземного покрова. Он рассчитывается по формуле:

$$NDWI = \frac{(GREEN - NIR)}{(GREEN + NIR)}$$

Где *GREEN* — отражательная способность в зелёном канале, *NIR* — в ближнем инфракрасном канале. По этой формуле получаются значения в диапазоне от -1 до 1, где положительные значения обычно указывают на водные объекты, а отрицательные — на объекты, не содержащие влагу, например, растительность или почву.

Digital elevation model (DEM) — представляет собой данные о цифровой поверхности Земли, куда входят топографическая информация о рельефе местности, русла рек, искусственные формы рельефа. Цифровая модель рельефа выступает в виде растрового изображения — данных о высотных отметках в виде матрицы чисел, имеющей также диапазоны цветов. Таким образом, с имеющимися пространственными данными и последующей их обработкой можно создать слои путем сложения выше описанных факторов опасностей затопления территории по следующим показателям:

1. оцениваются топографические данные (высота местности и уклон);
2. учитывается растительность, которая может влиять на удержание влаги и движение воды;
3. указывается наличие и количество переувлажненных участков территории.

Далее происходит классификация по уровням опасности: от высокого (красные участки) до низких (голубые участки – водные объекты) рисков. Также для сравнения предлагалось использовать индекс Normalized Difference Snow Index (NDSI) – стандартизованный индекс различий снежного покрова, используемый для определения наличия снежного покрова на территории. NDSI основан на разнице в поглощении света в ближнем инфракрасном (NIR) и видимом зеленом (Green) диапазонах.

Для расчёта NDSI по данным Landsat 8 используется следующая формула:

$$NDSI = \frac{(GREEN - SWIR1)}{(GREEN + SWIR2)}$$

Где *GREEN* – значение отражательной способности в зеленом диапазоне, где снег отражает свет, что делает его видимым, *SWIR* – значение отражательной способности в коротковолновом инфракрасном диапазоне, где снег отражает свет гораздо меньше, чем другие поверхности, например, вода или растительность. Разность (*GREEN* – *SWIR1*): показывает разницу между отражательной способностью в зеленом диапазоне и в коротковолновом инфракрасном диапазоне. Снежный покров будет иметь высокое значение в зеленом диапазоне и низкое в *SWIR1*, что дает положительное значение [Рис. 2].

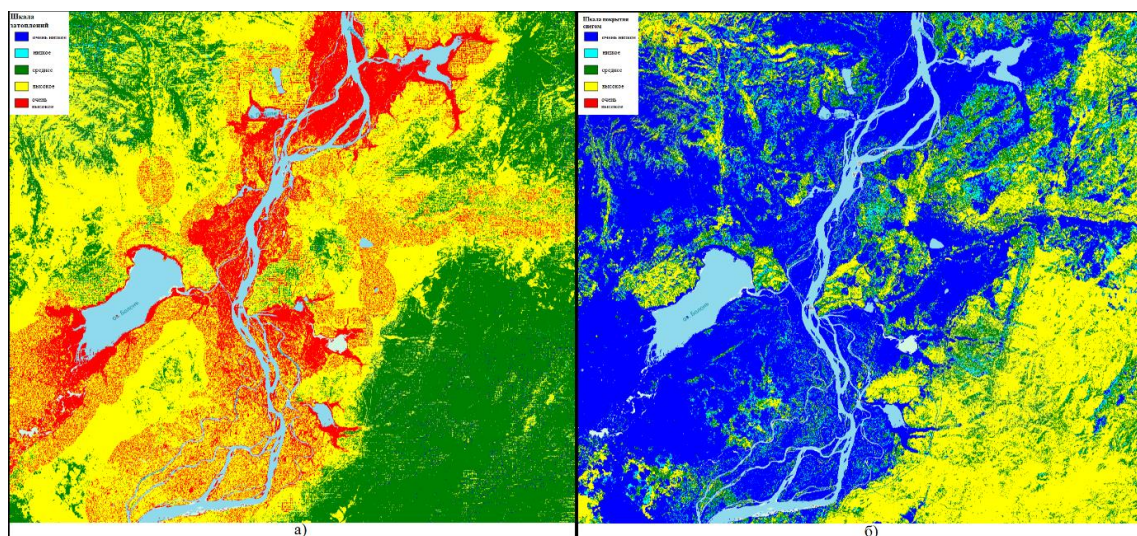


Рисунок 2. Изображения участка реки Амур, полученные при обработке: а) всех имеющихся геопространственных данных, учтенных в работе; б) аэрофотоснимка с последующим применением индекса NDSI

Из моделей видно, что при снеготаянии (б) вода стремится к зонам понижениям (водным объектам), что влияет на уровень воды и может спровоцировать затопление (а) в долинах реки Амур и рядом находящихся водных бассейнах. Таким образом, в наибольшей степени подвержены затоплению территории вдоль реки, менее – в районах наибольшего процесса снеготаяния. Данные аэрокосмоснимков при их обработке показывают, что наибольший риск затопления приходится на поймы реки, однако районы затопления охватывают порядка 8-10 километров, в зависимости от участка территории.

Выводы

Google Earth Engine (GEE) – платформа для анализа геопространственных данных, которая может быть полезна для изучения такого опасного гидрогеологического процесса, как затопление территорий. С помощью неё можно использовать спутниковые данные, такие как Landsat 8, для анализа высотных отметок территории, изучения рельефа, процессов снеготаяния, изучения биомассы растительности и переувлажнения территорий, что в конечном итоге дает информацию о зонах затопления. Сравнение временных рядов изображений позволяет анализировать изменения в затопленных зонах, чтобы оценить сезонные изменения или влияние природных явлений. Применение данной платформы будет полезно для разработки приложений, совмещенных с климатическими изменениями и гидрологическими ситуациями в регионах Российской Федерации для дальнейшего анализа и предотвращения рисков ущерба населенным пунктам и промышленно-территориальным комплексам.

В результате, внедрение Google Earth Engine в практику государственного управления и экологического мониторинга окружающей среды может существенно повысить эффективность реагирования на затопления, что, в свою очередь, приведет к снижению риска для жизни и здоровья людей, а также минимизации экономических потерь. Применение данной платформы открывает новые горизонты в области устойчивого развития и охраны окружающей среды, что является особенно актуальным в условиях глобальных климатических изменений.

Библиография

1. Аннабаев А.Ф., Мухаметшов Д.И., Павлова Л.Г., Шаймарданов Д.А., Мониторинг паводков на основе дистанционного зондирования Земли //Бюллетень науки и практики, 2024. Т. 10. №7. С. 82-85. Доступно по: <https://doi.org/10.33619/2414-2948/104/11>
2. Е. А. Симонов, О. И. Никитина, П. Е. Осипов, Е. Г. Егидарсв, А. В. Шаликовский. Мы и амурские наводнения: невыученный урок? / Под ред. А. В. Шаликовского. — М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2016. — 216 с.
3. Нгуен Хо Минь Там. Применение Google Earth Engine для мониторинга наводнений в Центральном Вьетнаме // Пространственные данные: наука и технологии: сборник статей по итогам научных конференций. М., 2021 № 12 С. 106-116. DOI:10.30533/scidata-2021-12-106-116
4. Нестерева А.С., Жданова Е.Н., Минина А.А. Прогнозирование затопляемых участков реки Амга с использованием геоинформационной технологии. Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2021;9(4). Доступно по: <https://moitvivi.ru/ru/journal/pdf?id=959> DOI: 10.26102/2310-6018/2021.35.4.006

Методологические аспекты комплексной оценки земельных ресурсов и проведение мониторинга земель: на примере Воронежской области

**Мамедова С.А.* (МГРИ, tamedova.sevil2000@yandex.ru),
Абрамова Е.А. (МГРИ, abramovaea@mgri.ru)**

Аннотация

Рассматриваются основные методы и подходы к мониторингу и оценке состояния земельных ресурсов Воронежской области, одной из ключевых сельскохозяйственных территорий России. Описание эколого-ландшафтного землеустройства региона подчеркивает важность рационального использования земель с учетом природных и антропогенных факторов. Приводится обзор методов оценки, таких как геоинформационные технологии, биоиндикаторный анализ, агрохимические исследования и экономическая оценка, а также методики комплексной оценки земельных ресурсов, включающей сбор данных, полевые работы, лабораторные исследования и моделирование. Акцентируется внимание на применении комплексного мониторинга для предотвращения деградации земель и обеспечения их устойчивого использования.

Ключевые слова

Земельные ресурсы, Воронежская область, мониторинг, эколого-ландшафтное землеустройство, деградация

Теория

Воронежская область расположена в Центральной части России и занимает важное место среди регионов с развитым сельским хозяйством. Расположенная на юго-западе Европейской части страны, она граничит с Рязанской, Липецкой, Белгородской, Курской и Тамбовской областями (рис.1).



Рисунок 14. Местоположение Воронежской области

Её территория характеризуется разнообразием природных ландшафтов, которые обеспечивают благоприятные условия для развития сельского хозяйства, в том числе для возделывания зерновых и технических культур, а также скотоводства. Особое значение для

региона имеют чернозёмные почвы, которые занимают около 75% его территории. Чернозёмы обладают высоким уровнем плодородия, что способствует интенсивному развитию агропромышленного комплекса, обеспечивая регион продовольственными и сельскохозяйственными товарами [2].

Сельское хозяйство в Воронежской области является одним из ведущих секторов экономики, при этом использование земельных ресурсов в регионе не всегда осуществляется рационально. Интенсивное использование земель, связанное с активным земледелием, приводит различным экологическим проблемам, таким как деградация почв, эрозия, засоление и истощение земель. В связи с этим необходима системная работа по мониторингу и оценке состояния земельных ресурсов для разработки мероприятий, снижающие или предотвращающие эти процессов. Важным инструментом в этом процессе является эколого-ландшафтное землеустройство.

Эколого-ландшафтное землеустройство – это процесс, направленный на рациональное использование и охрану земельных ресурсов с учетом экологических, природных и антропогенных факторов. В Воронежской области эколого-ландшафтное землеустройство реализуется через комплексный подход, учитывающий особенности территории. В этом процессе важное место занимает принцип устойчивого развития, который предполагает гармонизацию природопользования с охраной окружающей среды.

Для эффективного мониторинга и оценки состояния земельных ресурсов в Воронежской области применяются различные методы, указанные в таблице 1.

Одним из наиболее перспективных методов является использование современных технологий, таких как дистанционное зондирование и спутниковые снимки. Эти методы позволяют проводить анализ состояния почвы, уровня эрозии, а также изменений в растительном покрове. Наряду с этим активно используются более традиционные методы, такие как агрохимический анализ почвы, биоиндикаторный метод и экономическая оценка [1].

Таблица 4. Основные методы оценки состояние земельных ресурсов в Воронежской области

Метод	Характеристика
Геоинформационные технологии	Использование цифровых карт и спутниковых снимков для анализа состояния почв и земельных угодий.
Биоиндикаторы метод	Оценка состояние земель на основе анализа растительного покрова и биологического разнообразия.
Агрохимический метод	Исследование содержания питательных веществ, кислотности и уровня загрязнения почв.
Экономическая оценка	Учет продуктивности земель и их рыночной стоимости для рационального землепользования.

Агрохимический анализ позволяет изучить содержание питательных веществ в почве, её кислотность, а также уровень загрязнённости. Это помогает в оценке состояния почв и определении их пригодности для сельскохозяйственного использования. Биоиндикаторный метод основан на анализе растительного покрова и биологического разнообразия, что позволяет судить о состоянии экосистемы и потенциальных угрозах для её устойчивости. Экономическая оценка, в свою очередь, анализирует продуктивность земель, их рыночную стоимость и экономическую целесообразность использования.

Это необходимо для принятия обоснованных решений относительно оптимального использования земельных ресурсов.

Одним из важнейших элементов в процессе мониторинга земельных ресурсов является комплексный подход. Этот подход включает в себя не только научные исследования, но и полевые работы, лабораторные исследования, а также моделирование различных сценариев изменений ландшафтов и прогнозирование рисков деградации земель. Системный мониторинг земельных ресурсов позволяет своевременно выявлять изменения в их состоянии и оперативно реагировать на возможные угрозы [3].

Методика комплексной оценки земельных ресурсов Воронежской области состоит из нескольких этапов (табл.2). На первом этапе происходит сбор исходных данных, включая анализ картографических, статистических и архивных материалов. На втором этапе проводятся полевые работы, которые включают отбор проб почвы, анализ состояния растительности и определение физико-химических свойств почвы. Лабораторные исследования направлены на изучение содержания макро- и микроэлементов, органического вещества и загрязнителей в почвах. Далее следует этап анализа и моделирования, когда с использованием специализированных технологий и программных средств проводится прогнозирование изменений ландшафтов и оценка рисков деградации земель. Завершается процесс разработкой рекомендаций по улучшению состояния земель, формированием предложений по оптимизации структуры землепользования и защите экосистем [4].

Таблица 5. Этапы методики комплексной оценки земельных ресурсов в Воронежской области

Этап	Описание
Сбор исходных данных	Анализ картографических, статических и архивных материалов.
Полевые работы	Отбор проб почв, анализ состояния растительности, определение физико-химических свойств почвы.
Лабораторные исследования	Изучение содержания макро- и микроэлементов органического вещества и загрязнителей.
Анализ и моделирование	Использование ГИС-технологий для прогнозирования изменений в ландшафтах и оценки рисков деградации земель.
Разработка рекомендаций	Формирование предложений по улучшению состояния земель и разработка схем рационального землепользования.

Применение таких методов и подходов способствует не только оценке состояния земельных ресурсов, но и их эффективному использованию в долгосрочной перспективе. Это позволяет избежать деградации почв, сохранить экосистемы и повысить продуктивность сельского хозяйства, что особенно важно для Воронежской области, где сельское хозяйство занимает центральное место в экономике региона [1].

Таким образом, внедрение современных методик оценки и мониторинга земельных ресурсов в Воронежской области является важной частью стратегии устойчивого развития региона. Эффективное использование земель, их сохранение и восстановление с помощью эколого-ландшафтного землеустройства, мониторинга и комплексной оценки состояния позволяют минимизировать риски деградации и обеспечить долгосрочное устойчивое землепользование.

Выводы

Воронежская область, обладая значительным сельскохозяйственным потенциалом благодаря плодородным черноземам, требует комплексного подхода к управлению земельными ресурсами для предотвращения их деградации и обеспечения устойчивого землепользования. Применение эколого-ландшафтного землеустройства, включающее использование геоинформационных технологий, агрохимических анализов, биоиндикаторных методов и экономической оценки, способствует эффективному мониторингу и оценке состояния земельных ресурсов региона. Методика комплексной оценки, включающая сбор данных, полевые исследования, лабораторные анализы и моделирование, позволяет прогнозировать риски деградации и разрабатывать рекомендации для улучшения состояния земель. Внедрение таких подходов в управление земельными ресурсами Воронежской области способствует их сохранению, повышению устойчивости сельского хозяйства и обеспечению рационального использования природных ресурсов в долгосрочной перспективе.

Библиография

1. Гаврилова Н. И. Методы эколого-ландшафтного землеустройства: теория и практика. – СПб.: Научное издательство, 2018. – 256 с.
2. Иванов В. В. Устойчивое землепользование и охрана земельных ресурсов в России. – М.: Экология, 2020. – [Электронный ресурс] <https://www.ecology.ru/zemleustroystvo> (дата обращения: 17.02.2025).
3. Петров А. М., Сидоров И. А. Геоинформационные технологии в мониторинге земельных ресурсов. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2019. Петров А. М., Сидоров И. А. Геоинформационные технологии в мониторинге земельных ресурсов. [Электронный ресурс] <https://www.vsu.ru> (дата обращения: 18.02.2025).
4. Шарова Л. В. Мониторинг земельных ресурсов в Воронежской области: проблемы и решения. – Воронеж: Наука, 2021. – 224 с.

Геоэкологическая оценка степени загрязнения почв Кисловодска тяжелыми металлами

**Овсов Д.А.* (МГРИ, danovso@mail.ru),
Щерба В.А. (МГРИ, shcherbava@mgri.ru)**

Аннотация

Проведенные исследования позволили выявить локально повышенные концентрации тяжёлых металлов (в особенности мышьяка, никеля, цинка и меди) в почвах Кисловодска, что связано с антропогенными факторами (автотранспорт, промышленность, утилизация отходов, сельскохозяйственная деятельность). Установленные превышения по ряду проб свидетельствуют о рисках для здоровья населения и для устойчивости городской экосистемы. Несмотря на то, что основная часть территории сохраняет относительно благоприятное состояние, выявленные участки загрязнения требуют применения комплекса мероприятий по экологической реабилитации почв (фиторемедиация, внесение сорбентов, рекультивация и др.).

Ключевые слова

Тяжёлые металлы, загрязнение почв, фиторемедиация, рекультивация, агротехнические мероприятия, химическая стабилизация

Теория

Кисловодск – бальнеологический и климатический среднегорный курорт всероссийского значения, входящий в состав особо охраняемого эколого-курортного региона – Кавказские Минеральные Воды. Город Кисловодск обязан своим происхождением уникальному сочетанию природных лечебных ресурсов – целебным минеральным водам, мягкому умеренному климату с большим количеством солнечных дней, живописному горному ландшафту.

Как известно, загрязнение почв городов тяжёлыми металлами (медь, цинк, никель, мышьяк и др.), являющимися приоритетными загрязняющими веществами, представляют серьёзную угрозу для здоровья населения и функционирования экосистем. В настоящее время загрязнение земель тяжёлыми металлами занимают второе место по степени опасности, уступая пестицидам [4].

С целью определения уровня химического загрязнения почв исследуемой территории (оценка загрязнения почв, грунтов, донных отложений тяжёлыми металлами) было отобрано 42 поверхностных проб с глубины 0,0 - 0,2 м; 114 проб с глубин 0,2-1,0; 1,0-2,0; 2,0-3,0 м; 6 проб с глубин 3,0-4,0; 4,0-5,0 м; 2 пробы с глубины 5,0-6,0 м.

Оценка степени химического загрязнения почв проводилась двумя способами:

1. Выявлялось отношение фактического содержания тяжёлых металлов и мышьяка в поверхностных пробах, пробах из скважин, пробах донных отложений к ОДК/ПДК. 2. Определялось отношение фактического содержания тяжёлых металлов и мышьяка в поверхностных пробах, пробах из скважин, пробах донных отложений к региональному фоновому значению.

Сначала рассмотрим отношение фактического содержания тяжёлых металлов и мышьяка в поверхностных пробах, пробах из скважин, пробах донных отложений к ОДК/ПДК. Согласно результатам исследований, в 85 из 164 отобранных проб почв, грунтов и донных отложений концентрации хотя бы одного из элементов (медь, цинк, никель, мышьяк) превышают установленные ПДК (ОДК - в случае наличия таковых).

В результате были получены следующие данные: медь – 3 пробы (превышения от 1,5 до 1,8); цинк – 8 проб (превышения от 1,05 до 2,74); никель – 17 проб (превышения от 1,1 до 1,45); мышьяк – 84 пробы (превышения от 1,03 до 3,5).

Отношение фактического содержания тяжелых металлов и мышьяка в поверхностных пробах, пробах из скважин, пробах донных отложений к региональному фоновому показателю, в соответствии с результатами исследований в 15 из 164 отобранных проб почв, грунтов и донных отложений концентрации хотя бы одного из элементов (медь, цинк, никель, мышьяк) превышают региональные фоновые значения. В частности, эти превышения ПДК составили: медь – 3 пробы (превышения от 2,38 до 2,96); цинк – 8 проб (превышения от 1,07 до 2,55); мышьяк – 9 проб (превышения от 1,02 до 1,35).

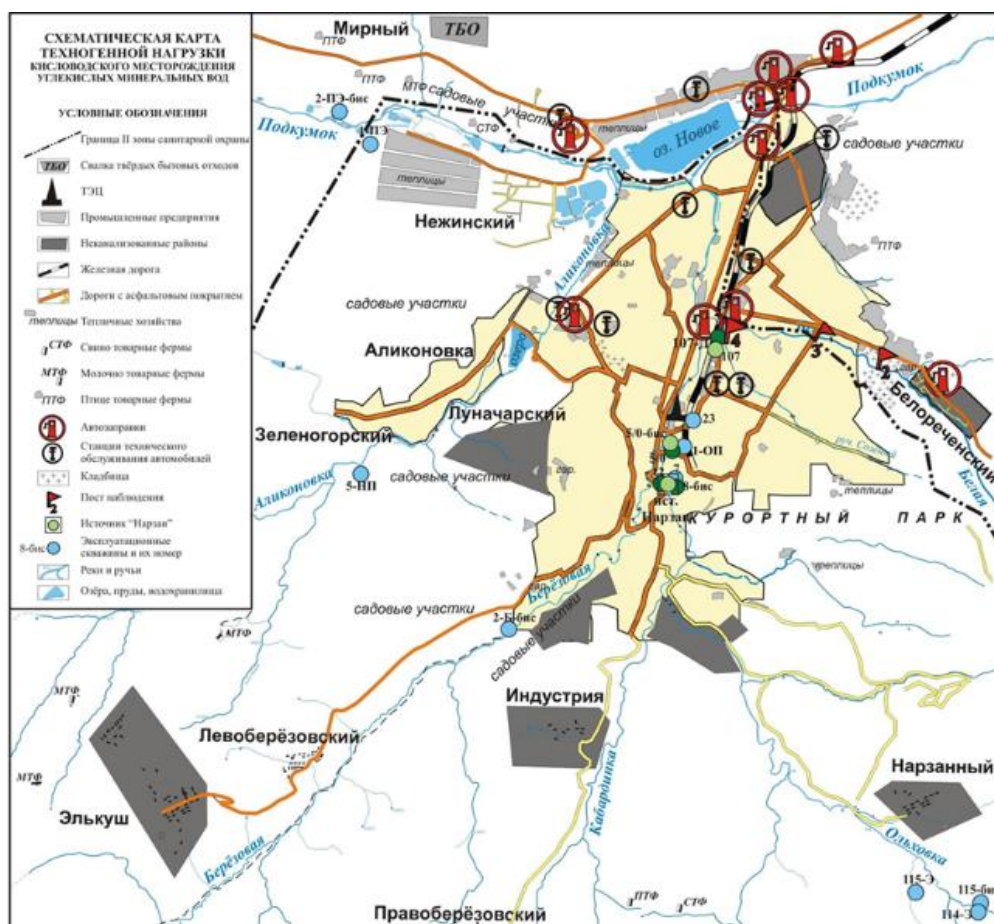


Рисунок 1. Схема техногенной нагрузки курорта Кисловодск

Основными источниками ухудшения экологической ситуации на курорте являются [рис. 1] [3]:

- Рост автотранспорта (96 % всех выбросов в городскую атмосферу).
- Неканализованный жилой фонд (40 % территории).
- Сельское хозяйство (применение ядохимикатов, животноводческие фермы, выпас скота в черте города).
- 10 АЗС на территории города (3 во 2-й зоне санитарной охраны).
- ТЭЦ, расположенная в самой низкой точке рельефа закрытой котловины.
- Бытовые отходы.

- 2 полигона ТКО.
- Местные производства.

Были выявлены предприятия, которые могут быть источниками загрязнения почв по каждому из рассматриваемых элементов (медь, цинк, никель, мышьяк). При этом учтены основные направления производства, материалы и процессы, в которых данные металлы могут использоваться или образовываться.

Медь: 1) Кисловодский фарфоровый завод «Феникс» - глазури, пигменты и краски для нанесения декоративных покрытий. 2) Libra Plast – в составе некоторых красителей или добавок при производстве полимерной продукции. 3) Обувные и швейные производства (Sadko, Fraskolli, La Stella, Фривей, Мода, Уют и др.) – когда используется медьсодержащая фурнитура, краски, клеи, как правило, в малых объемах.

Цинк: 1) Libra Plast – цинковые соединения (ZnO) и другие добавки могут входить в состав красителей, стабилизаторов для пластмасс. 2) Кисловодский фарфоровый завод «Феникс» – иногда цинк используют в глазурих или в составе декоративных покрытий. 3) Обувные производства – при покрытии металлической фурнитуры (оцинкованные детали, кнопки, молнии) либо в составе клеев и пигментов.

Никель: 1) Производители обуви, одежды и аксессуаров – никелирование металлической фурнитуры (пряжки, застёжки, кнопки), что может приводить к небольшим выбросам при обработке и утилизации отходов производства. 2) Кисловодский фарфоровый завод «Феникс» – реже, но некоторые цветные пигменты на основе никеля используются в керамическом производстве.

Мышьяк: 1) Кисловодский фарфоровый завод «Феникс» – исторически As могли применять в некоторых пигментах и глазурих. 2) Сельскохозяйственные угодья вокруг – исторически мышьяк мог использоваться в пестицидах; если земли впоследствии были застроены или оказались рядом с промышленными зонами, возможно вторичное попадание As в почвы.

Ниже рекомендуются основные способы уменьшения и нейтрализации загрязнения почв тяжёлыми металлами (медью, цинком, никелем и мышьяком), которые рекомендуются использовать на исследуемой территории [1,2].

Агротехнические методы: 1) Внесение органических (торф, компост) или неорганических (например, фосфат-содержащих) добавок для связывания металлов в малодоступные формы. 2) Коррекция pH (известкование кислых почв) для снижения подвижности Cu, Zn, Ni, As.

Фиторемедиация: 1) Высадка растений-«аккумуляторов», способных активно поглощать или закреплять тяжёлые металлы (например, некоторые виды люпина, горчицы, подсолнечника, ивы).

Химическая стабилизация: 1) Применение специальных реагентов (цеолит, бентонит, фосфаты, железоксидные материалы), связывающих тяжёлые металлы и снижающих их биодоступность. 2) Использование геополимерных смесей в целях уменьшения миграции металлов.

Выводы

Данные, полученные в ходе проведённого исследования, указывают на наличие локально повышенных концентраций тяжёлых металлов (в особенности мышьяка, никеля, цинка и меди) в почвах Кисловодска, что связано с антропогенными факторами (автотранспорт, промышленность, утилизация отходов, сельскохозяйственная деятельность). Установленные превышения по ряду проб свидетельствуют о рисках для здоровья населения и для устойчивости городской экосистемы. Несмотря на то, что основная часть территории сохраняет относительно благоприятное состояние, выявленные участки загрязнения требуют применения комплекса мероприятий по экологической реабилитации почв (фиторемедиация, внесение сорбентов, рекультивация и др.). В целом, для исследуемой территории рекомендуется осуществлять дальнейший мониторинг и совершенствовать систему природоохранных мер, чтобы не допустить ухудшения экологической обстановки в регионе и обеспечить сохранение рекреационных и лечебных свойств курорта.

Библиография

1. Витько Е.В. Экологический каркас территории устойчивость развития агроландшафтов Ставрополя // Современные проблемы биологии и экологии: материалы докладов Международной научно-практической конференции (10-12 марта 2011 г. г. Махачкала). Махачкала: изд-во ГОУВПО «Дагестанский государственный педагогический университет», 2011. С. 353–355.
2. Жарикова Е.А. Тяжёлые металлы в городских почвах: Оценка содержания и экологического риска // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2021. Т. 332. № 1. С. 164–173.
3. Помеляйко И. С. Экологическое состояние рек курортного региона (г. Кисловодск) // Стратегия устойчивого развития регионов России. 2011. № 6. С. 127–132.
4. Якупова Н. А., Валеева С. А. Геоэкологический анализ почв, загрязнённых тяжёлыми металлами на территории города Уфы // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2021. № 9 (1). С. 58–61.

Оценка динамики состояния растительного покрова, загрязненного нефтепродуктами, с помощью методов дистанционного зондирования Земли

***Павлюков Д.А.* (МГРИ, den_pavlyukov225@mail.ru),
Рукавицын В.В. (МГРИ, rukavitsynvv@mgri.ru)***

Аннотация

В данной работе был рассмотрен алгоритм оценки динамики состояния растительного покрова, который загрязнен нефтепродуктами, с помощью методов дистанционного зондирования Земли, на примере аварии, произошедшей 11 мая 2021 года на границе республики Коми и Ненецким автономным округом. На рассматриваемом объекте был проведен расчет показателя вегетационного индекса NDVI в период с 2020 года до 2024 года, и предложен прогноз восстановления растительного покрова, территории, подверженной загрязнению, до 2030 года.

Ключевые слова

Нефтепродукты, дистанционное зондирование, аэрокосмический снимок, вегетационный индекс

Теория

Сложно переоценить роль нефти в современной мировой экономике. На всех стадиях нефтепользования, начиная от разведки и добычи нефти и кончая утилизацией ее отходов, в той или иной мере за счет разливов нефти, а также выбросов вредных веществ в атмосферу, водную сферу и на сушу происходит загрязнение окружающей среды, отрицательное воздействие на здоровье людей. Аварийные ситуации при этом лишь усиливают и концентрируют это влияние.

Объектом исследования является участок леса, подверженный загрязнению нефтепродуктами, в результате аварии, произошедшей 11 мая 2021 года на границе республики Коми и Ненецким автономным округом. Источником загрязнения стала разгерметизация нефтесборного коллектора одной из скважин на участке от магистральной насосной станции (МНС) Ошского месторождения до ДНС-5 Харьягинского месторождения [3]. Разлив произошел на расстоянии около 300 метров от береговой линии реки. Большая часть маслянистой жидкости распространилась в почве рядом с местом утечки. Общий объем утечки составил порядка 90 тонн, из них 9 тонн попало в акваторию реки Колвы [1].

Для определения динамики восстановительных процессов растительного покрова был использован вегетационный индекс NDVI. Индикатор NDVI является одним из наиболее эффективных инструментов для оценки динамики восстановительных процессов растительного покрова. Вегетационный индекс NDVI основан на разнице между отражением инфракрасного и видимого света, что делает его особенно чувствительным к изменениям в состоянии растительности. Значение индекса зависит от того, как растение отражает и поглощает световые волны разной длины. Способность разных культур к отражению и поглощению световой волны различна.

Для расчета вегетационного индекса NDVI использовалось программное обеспечение QGIS, которая представляет собой удобную для пользователя Географическую информационную систему с открытым исходным кодом (GIS), лицензированную по общедоступной лицензии GNU, которая поддерживает многочисленные векторные и растровые форматы и базы данных.



Рисунок 1. Область исследования за год до аварии (27.06.2020) и через месяц после аварии (07.06.2021)

После определения границ объекта исследования (рис. 1), с помощью ранее показанной формулы расчета индекса NDVI создаются слои, визуально отражающие изменения индекса.

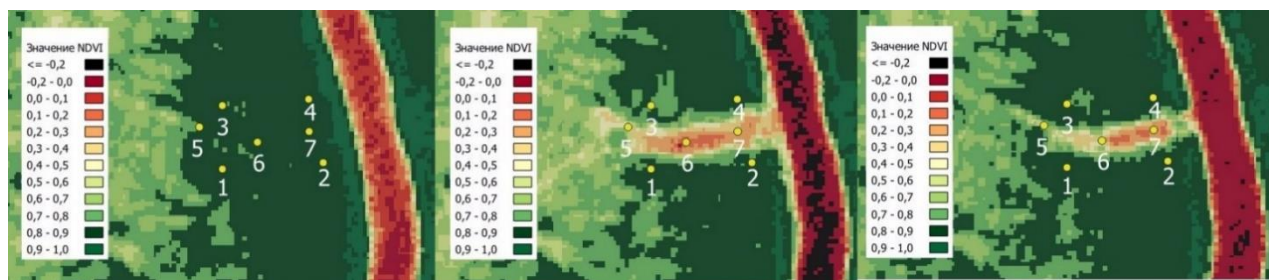


Рисунок 2. Динамика изменений индекса NDVI в 2020, 2021 и 2024 годах

Переводя полученные результаты в числовое выражение, можно получить следующие результаты:

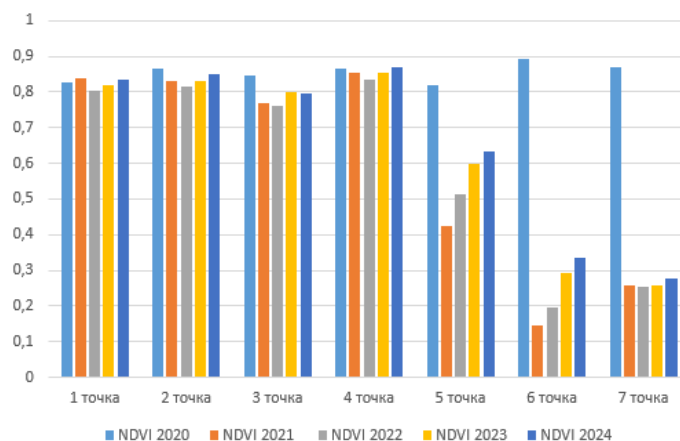
Таблица 1. Результаты NDVI

	NDVI 2020	NDVI 2021	NDVI 2022	NDVI 2023	NDVI 2024
1 точка	0.82658	0.83857	0.8018	0.82018	0.83255
2 точка	0.86417	0.83036	0.81641	0.83165	0.85098
3 точка	0.84623	0.76992	0.76037	0.79996	0.79682
4 точка	0.86608	0.8549	0.83294	0.85375	0.87063
5 точка	0.82047	0.42571	0.51266	0.60002	0.63244
6 точка	0.89364	0.14651	0.19443	0.29213	0.33579
7 точка	0.87024	0.25628	0.25529	0.2588	0.27542

Как можно заметить из таблицы 1, участки, подверженные загрязнению нефтепродуктами значительно снизили свои показатели рассматриваемого вегетационного индекса относительно фоновых, полученных в 2020 году, однако каждый последующий год заметен рост индекса NDVI, что говорит о постепенном восстановлении лесных ресурсов данного участка. В свою очередь, неподверженные негативному воздействию участки территории не изменили значения рассматриваемого вегетационного индекса.

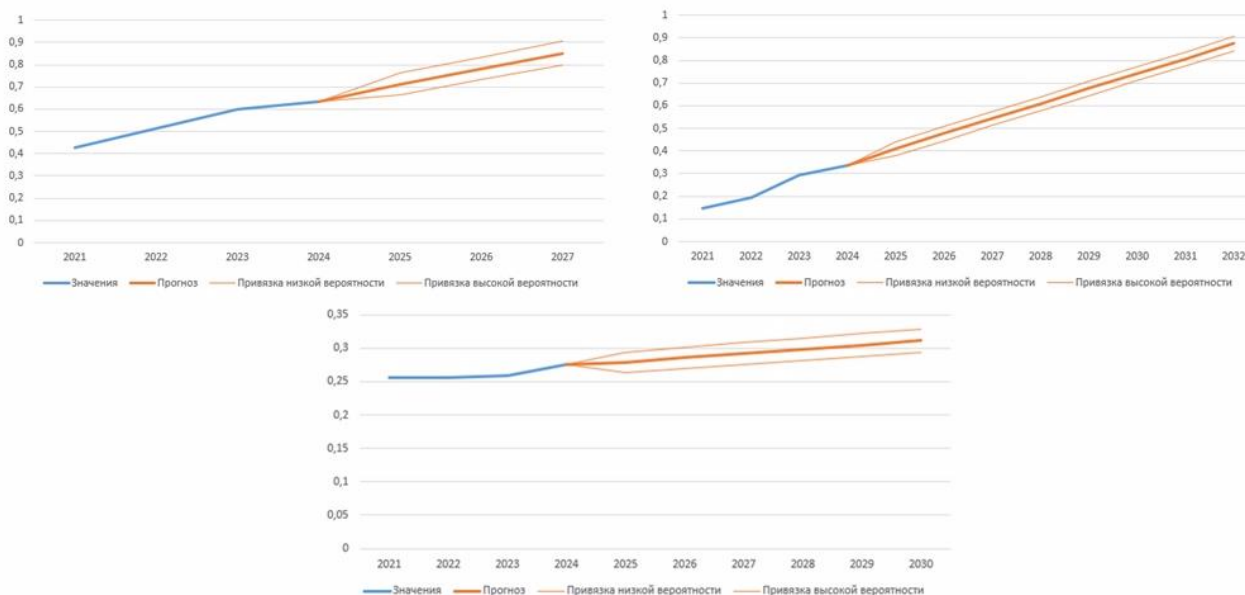
Для наглядности была создана диаграмма 1, показывающая изменения индекса NDVI на всех выбранных точках.

Диаграмма 1. Изменения индекса NDVI



Также было созданы прогнозные диаграммы изменений индекса NDVI, в точках, подверженных загрязнению нефтепродуктами. Для создания прогноза был выбран метод экспоненциального сглаживания [2]. Данный метод опирается на данные прошлых лет, определяя средний темп изменения и создает прогноз на будущее. Такие прогнозы не учитывают множество факторов и могут быть неточными, однако могут показывать вероятностную динамику восстановления лесных массивов на рассматриваемой территории.

Диаграмма 1. Прогнозирование изменений индекса NDVI в точках 5,6 и 7



Из построенных диаграмм видно, что в точке 5 уровень растительности вернется к моменту, который был до аварии примерно в 2027 году, в точке 6 – к 2032 году, а вот для восстановления растительности в точке 7, вероятней всего, потребуются как минимум два десятилетия. В целом, на полное самоочищение рассматриваемой территории, без проведения рекультивационных мероприятий, необходимо не менее 20 лет, что схоже с результатами исследований о влиянии нефтяного загрязнения почв на формирование растительного покрова [4].

Выводы

Таким образом, проведенные исследования показали, что оценка динамики состояния растительного покрова, загрязненного нефтепродуктами, с помощью методов дистанционного зондирования Земли способна продемонстрировать восстановительный процесс растительного покрова экосистемы после техногенной аварии.

Данная методика может быть полезна для:

1. Анализа эффективности рекультивации – позволяет оценить, какие восстановительные мероприятия работают лучше.
2. Прогнозирования дальнейшего восстановления – можно построить прогноз, когда NDVI вернется к нормальным значениям, или определить, если восстановление остановилось.
3. Определения зон с замедленным восстановлением – помогает выявить участки, где деградация растений сохраняется, и требуется дополнительное вмешательство.
4. Часть комплексной оценки долговременных последствий загрязнения – можно понять, остается ли негативное воздействие нефтепродуктов на почву и растительность даже спустя годы.

Библиография

1. В Коми произошёл разлив нефти из-за отказа трубопровода под Усинском. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.dp.ru/a/2023/07/03/v-komi-proizoshjol-razliv-nefti>, свободный (дата обращения: 20.02.2025);
2. Прогнозирование методом экспоненциального сглаживания (ES, exponential smoothing). [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://fnow.ru/algorithm-comparison/jeksponencial-noe-sglazhivanie>, свободный (дата обращения: 24.02.2025).
3. Самые громкие разливы нефтепродуктов в 2021 году. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://terra-ecology.ru/stati/samye-gromkie-razlivy-nefteproduktov-v-2021-godu/>, свободный (дата обращения: 20.02.2025);
4. Суслонов А. В. Влияние нефтяного загрязнения почв на формирование растительного покрова // Молодой ученый. — 2012. — № 3 (38). — С. 116-118. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/38/4414/>, свободный (дата обращения: 25.02.2025).

***Апробация эффективности формирования почвенно-растительного покрова для
рекультивации хвостохранилищ в пгт Никель***

***Пискунов А.С.* (МГРИ, antonyi2001@gmail.com),
Хлебосолова О.А. (МГРИ, hlebosolova0a@mgri.ru)***

Аннотация

В данной статье дано описание экологической опасности хвостохранилищ шлака от медно-никелевого производства, обсуждается их состав в пгт Никель. Приведены результаты проведенного нами в 2024 г. лабораторного эксперимента по созданию конструктозема на шлаках Кольской ГМК. Рассматривается проблема низкой выживаемости растений из стандартных травосмесей в условиях Заполярья. Предложен проект натурного эксперимента по изучению эффективности использования местных видов растений на пробных площадях в 2025 году.

Ключевые слова

Медно-никелевое производство, хвостохранилище, пгт Никель, почвенно-растительный покров

Теория

Хвостохранилища по рельефу представляют собой аккумулятивные образования, возникшие в результате складирования отходов обогащения на поверхности земли. В поверхностном слое хвостовых отложений содержится до 100 % частиц диаметром менее 1 мм (см. рис.1). Экологическая опасность хвостов обогащения заключается в загрязнении окружающей среды за счет фильтрации поровых растворов через тело дамбы и дно хвостохранилища. Также стоит отметить и размерные характеристики подобных объектов: они уступают по площади вскрышным породам, но все равно требуют изъятия значительной площади из естественной природной среды [1, 4].



Рисунок 1. Хвостохранилище Кольской ГМК в пгт Никель (фото Хлебосоловой О.А.)

Отходами медно-никелевого производства, помимо металлургических шлаков, являются скальные и вскрышные породы, хвосты обогащения (Табл.1) [1].

Таблица 1. Динамика образования отходов в компании Норникель, тыс. тонн [5]

Класс опасности	2017	2018	2019	2020	2021
I	0,1	0,1	0,04	0,04	0,04
II	2,4	1,1	0,03	0,05	0,05
III	12	15	5	7	5,6
IV	1 190	1 191	1 115	1 175	1 487
V	30 722	29 517	35 300	144 052	154 923
Итого	31 926	30 725	34 420	145 234	156 416

С каждым годом площадь, занятая хвостохранилищами данного предприятия, увеличивается. В настоящее время их разравнивают, что позволяет проводить натурные эксперименты в полевых условиях с апробацией различных вариантов конструктоземов и видами растений.

В 2024 году нами был проведен лабораторный эксперимент по подбору состава и мощности насыпного конструктозема на металлургических шлаках, взятых из хвостохранилища Кольской ГМК в пгт Никель. Эксперимент был направлен на поиск оптимального геохимического барьера – субстрата, при использовании которого происходит резкое уменьшение интенсивности миграции химических элементов и, как следствие, их проникновение в насыпной грунт [5]. Кроме того, проводился подбор оптимальной мощности и посев травосмесей.

В ходе эксперимента были использованы следующие:

- Кембрийские глины – выполняют защитные экологические функции на пути миграции различных загрязнений;
- Геотекстиль – представляет влагостойкий материал;
- Диатомит – сцементированные кремнистые отложения, обладают хорошими адсорбционными свойствами;
- Бентонит – глина, состоящая в основном из глинистых минералов группы монтмориллонита, обладает высокой адсорбционной способностью и используется для экранирования.

Они использовались в разных сочетаниях (рис. 2). Наилучший результат был достигнут в образце №5 с геотекстилем.

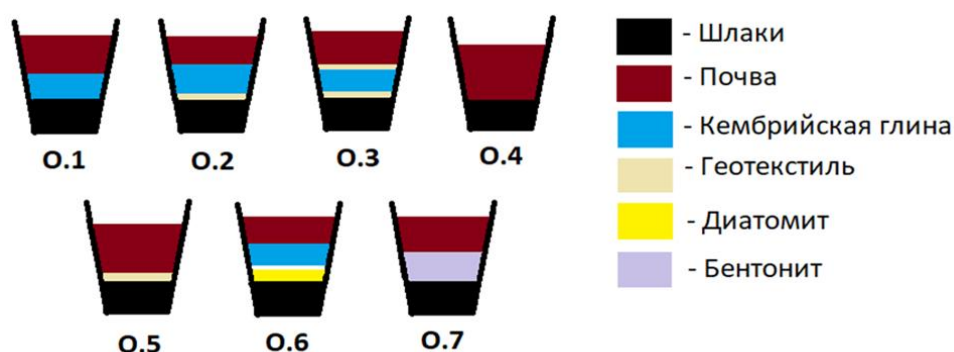


Рисунок 2. Структура геохимических барьеров в образцах

Проводился высеv растений: кресс-салата и мятлика лугового. Оба растения показали достаточно хорошую всхожесть (до 55-60%). Однако высокая эффективность использования растений в лаборатории не гарантирует такого же результата в полевых условиях, поскольку в стандартных травосмесях используются чужеродные для Заполярья виды. Для проверки использования местных видов, а также биокорки – сообщества живых организмов, обитающих на поверхности почв. Они образуют стабильные агрегаты частиц почвы в тонком слое, толщиной от миллиметров до сантиметров. Биокорки могут состоять из сине-зеленых водорослей, лишайников, мхов и грибов. Роль биокорок в поддержании экологического баланса огромна. Они удерживают в грунтах влагу и химические вещества, необходимые для поддержания жизни [2].

Для проведения натурного эксперимента был разработан проект с различным составом конструктора и видов растений для их апробации в полевых условиях на шлаковых полях Кольской ГМК в пгт Никель (Табл.2).

Таблица 2. Варианты комбинаций состава почвенно-растительного покрова для апробации на пробных площадях

№ п/п	Варианты	Предполагаемые преимущества
Вариант №1	шлак /слой геотекстиля /почва /грибы	1) Улучшение динамики воды - гифы грибов связывают частицы почвы, нормализуют инфильтрацию воды и удерживание влаги в почве. 2) Помощь в выживании и развитии растений – грибы являются симбионтами растений, образуя микоризу, через которую к растениям поступают вода и питательные вещества. 3) Биологические индикаторы экологической реабилитации.
Вариант №2	шлак /слой геотекстиля /почва/мхи	1) Мхи способны защищать почву от эрозии. 2) Формирование запаса надземной фитомассы - мхи образуют дернины из большого количества мелких особей на единице площади, что создаёт небольшой, но устойчивый и долговечный покров.
Вариант №3	шлак /слой геотекстиля / /почва/лишайники	1) Лишайники выдерживают резкие перепады температур, сильное ультрафиолетовое излучение, засуху и недостаток питательных веществ. 2) Лишайники выделяют органические кислоты, которые постепенно разъедают горные породы. Этот процесс способствует физическому и химическому выветриванию, измельчению камней и образованию первичной почвы.
Вариант №4	шлак /слой геотекстиля/почва/ сине-зеленые водоросли	1) Закрепление поверхности сыпучих пород 2) Задержка дождевой воды.
Вариант №5	шлак /слой геотекстиля/почва /сине-зеленые водоросли и мхи	1) Большая вероятность отсутствия эрозии. 2) Задержка вредных веществ. 3) Образование устойчивого покрова.

Вариант №6	шлак /слой геотекстиля /почва/мхи/ лишайники	Обеспечение благоприятных условий благодаря устойчивости к суровым условиям.
Вариант №7	шлак /слой геотекстиля /почва /грибы/ сине-зеленые водоросли	Обеспечение благоприятных условий благодаря симбиозу, задержке дождевой воды и другим свойствам.
Вариант №8	шлак /слой геотекстиля / /почва/лишайники/ грибы	Обеспечение благоприятных условий благодаря симбиозу, устойчивости к местным условиям.

Выводы

Таким образом, выбранный нами геохимический барьер (геотекстиль) в сочетании с почвогрунтами мощностью 5 см может быть использован для посева местных видов растений и грибов (в разных вариантах) для обеспечения выживаемости и более высокой скорости зарастания поверхности при проведении биологической рекультивации в условиях Заполярья.

Библиография

1. Денисова Ю. Л., Светлов А. В. Хвосты обогащения медно-никелевых руд. – 2018. С. 1-2
2. Биокорка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://assets.iflscience.com>, свободный (дата обращения – 26.02.2025)
3. Годовой отчет Норникеля за 2022 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ar2021.nornickel.ru/sustainable-development>, свободный (дата обращения – 26.02.2025)
4. Кольская горно-металлургическая компания (промышленные площадки «Никель» и «Заполярный»): влияние на наземные экосистемы / Под общ. ред. Хлебосоловой О.А. Рязань: НП «Голос губернии», 2012. 92с.
5. Норникель [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nornickel.ru>, свободный (дата обращения – 26.02.2025)

Оценка деградации растительности и почв Московской области с применением методов дистанционного зондирования

***Пичугин Р.В. * (МГРИ, vasilievi4.roman@yandex.ru),
Хлебосолова О.А. (МГРИ, hlebosolovaoa@mgri.ru)***

Аннотация

В статье рассматривается проблема получения достоверных геоданных о состоянии почв и растительности и их отражения на современных картах. На примере Московской области обсуждается возможность применения данных дистанционного зондирования для пространственной визуализации особенностей деградации растительности и почв. Особое внимание уделяется расчету вегетационного индекса NDVI с использованием космических снимков, полученных с помощью сервиса Sentinel Hub EO Browser. Представлено изображение, отражающее современное состояние растительности Московской области.

Ключевые слова

Деградация растительности и почв, методы дистанционного зондирования, вегетационный индекс NDVI, Московская область

Теория

Деградация растительности и почв относится к числу самых опасных экологических проблем во всем мире, поскольку ведет к необратимым последствиям в состоянии экосистем, потере плодородия, опустыниванию. На сегодняшний день деградация почв, как никогда, представляет опасность для человечества, так как больше половины земель сельскохозяйственного назначения относят к этой группе. Согласно данным ФАО и Глобального почвенного партнерства, более 1,5 млрд человек проживают на деградированных землях, основная их часть принадлежит к беднейшим слоям населения [4].

Проблема деградации растительности и почв является одной из 17-ти целей устойчивого развития ООН (ЦУР №15), что отражает взгляд международного сообщества на проблему защиты и восстановления экосистем суши для их рационального использования [5].

Развитие геоинформационных технологий, включая использование космических снимков и других методов дистанционного зондирования, значительно упростило задачу достоверных данных о состоянии растительности и почв земного шара. Методы дистанционного зондирования позволяют исследовать труднодоступные места, где по различным причинам невозможно провести полевые исследования. Это может быть связано с удаленностью территории, неблагоприятными погодными условиями или другими ограничениями. Использование космических снимков позволяет получать актуальные данные о состоянии растительности и почв из открытых ресурсов [3].

Целью данного исследования стало построение актуальной карты состояния растительности и почв Московской области с применением данных дистанционного зондирования для выявления площади деградированных земель. Реализация этой цели предусматривает выбор источников данных, их обработку, расчет NDVI (Normalized Difference Vegetation Index, или вегетационный индекс), а также визуализацию итоговых результатов.

В основу работы положены опубликованные карты ландшафтов, растительности и почв Московской области, ресурсы с открытым доступом к космическим снимкам по Московской области. Следует отметить, что многие широко используемые карты не отражают реальную ситуацию, так как были выполнены достаточно давно. Например, карта ландшафтов Московской области была составлена в 1997 году, а почвенная карта – еще в 80-е годы

прошлого столетия. Данные дистанционного зондирования были получены с помощью сервиса Sentinel Hub EO Browser для территории Московской области (со спутников Sentinel-2 и Landsat 4-5) [6].

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) основан на оценке различий в отражении света растениями в инфракрасном и видимом спектрах, что дает нам информацию о состоянии растительности. Например, высокий индекс указывает на здоровую и густую растительность, в то время как низкие значения могут свидетельствовать о деградации или даже о полном отсутствии растительности [3]. Результаты расчетов и последующей визуализации отражают реальную картину изменений земель под влиянием хозяйственной деятельности человека.

Согласно имеющимся в нашем распоряжении данным расчета NDVI, было создано геоизображение состояния растительности Московской области, фрагмент которого (задачная часть) показан на рисунке (рис. 1).

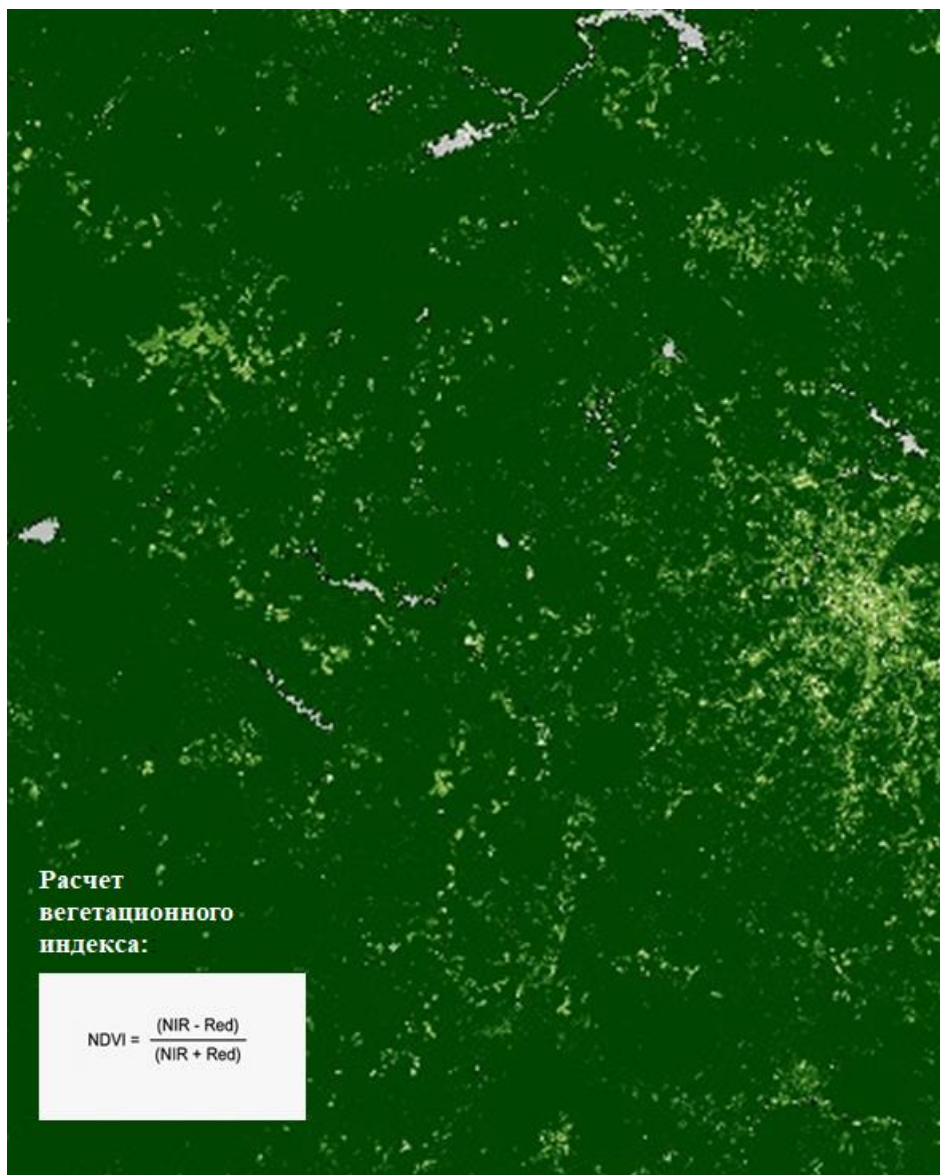


Рисунок 1. Визуализация пространственных особенностей и степени деградации растительности Московской области с использованием индекса NDVI

Выводы

Таким образом, в работе подчеркивается значимость применения методов дистанционного зондирования в процессе мониторинга и управления природопользованием, разработки научных стратегий минимизации деградации растительности и сохранения экосистем Московской области. Применение NDVI позволяет более эффективно реагировать на изменения в состоянии растительности и активно изучать участки распространения деградированных земель.

Библиография

1. Волгин ДА. Почвенные районы Московской области // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». - 2007.- №2.-М.: Изд-во Московского государственного областного университета." С. 115 —120
2. Географические информационные системы и дистанционное зондирование : официальный сайт. – URL: <https://gis-lab.info/qa/ndvi.html> (дата обращения 26.02.2025)
3. Ландшафты Московской области и их современное состояние / Г. Н. Анненская, В. К. Жучкова, В. Р. Калинина и др.; Под ред. И. И. Мамай. - Смоленск : Изд-во Смол. гуманитар. ун-та, 1997. - 296 с.
4. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций: официальный сайт. - URL: <https://www.fao.org/global-soil-partnership/ru/> (дата обращения 24.02.2025)
5. Цель 15: Защита и восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию, рациональное лесопользование, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты биоразнообразия // Организация Объединенных Наций : [сайт]. – 2022. – URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/biodiversity/> (дата обращения: 24.02.2025).
6. Sentinel Hub EO Browser : официальный сайт. - URL: Sentinel Hub EO Browser (дата обращения 24.02.2024)

Экологические последствия загрязнения нефтепродуктами прибрежных районов на примере Туапсинского района

***Шорников В.Ю.* (МГРИ, vitaliy.shornikov00@mail.ru),
Абрамова Е.А. (МГРИ, abramovaea@mgri.ru)***

Аннотация

Экологические последствия загрязнения нефтепродуктами прибрежной зоны Туапсинского района в последнее время приобрели наибольшую актуальность. Исследование посвящено анализу влияния загрязнения на морские экосистемы, здоровье населения и экономические аспекты, связанные с рыбной ловлей.

Ключевые слова

Нефтепродукты, загрязнение, экосистемы, Туапсинский район

Теория

Нефть и её производные, попадая в морские экосистемы, оказывают негативное влияние на водные организмы, нарушая их жизненные циклы и снижая биоразнообразие [5].

Высокие уровни углеводородов приводят к гибели рыб и нарушению их репродуктивных функций, что в свою очередь угрожает устойчивости морских экосистем (рис. 1).



Рисунок 1. Загрязнённая мазутом прибрежно-морская зона Туапсинского района

Кроме того, загрязнение акваэкосистемы Чёрного моря может иметь долгосрочные последствия. Накопление токсических веществ в пищевой цепи может привести к отравлению не только морских организмов, но и людей, употребляющих их в пищу. Это подчеркивает необходимость комплексного подхода к решению проблемы, включая мониторинг состояния экосистем, разработку и внедрение эффективных методов очистки и восстановления [8].

В городе Туапсе существует множество предприятий, но наиболее негативные факторы воздействия на экосистему, как города, так и прибрежных районов оказывают несколько предприятий нефтегазовой компании «Роснефть». Это НПЗ «НК Роснефть-Туапсинский нефтеперерабатывающий завод», «НБ-нефтебаза», «НК Роснефть-Туапсенефтепродукт», НП – пирс налива светлых нефтепродуктов Туапсинского морского торгового порта (рис. 2).

**УДИВИТЕЛЬНЫЕ
-РЯДОМ
КАРТА-СХЕМА**
и его «обстоятсв

СХЕМА - САНИТАРНО - ЗАЩИТНЫХ ЗОН
(согласно СанПиН 2.2.1.2.1.1.200-03).
Постановлением Главного Санитарного врача РФ от
25.09.2007г. №74 изданным и действии с 01.03.2008
годами.

Красный цвет - Первый класс опасности - СЗЗ -
1000 м.

1. ННЗ - «НК Роснефть» - Туапсинский
нефтеперерабатывающий завод.
2. НВ - нефтехим «НК Роснефть» - Туапсинскийнефтепродукто
3. ННЗ - парк отдыха с/х НК нефтепродуктов Туапсинского
морского торгового порта.
4. УТТ - Туапсинский морской терминал налива
сжиженного газа (сгоря турбулент).

Оранжевый цвет - Второй класс опасности - СЗЗ - 500 м.

6. Зеро - Нефтебазы «Синтез» «Нефтепродукты» для
перевалки сырой нефти.
7. Южный мол - Туапсинского морского торгового порта для
перевалки сырой нефти.
8. Северный мол - Туапсинского морского торгового порта для
перевалки сырых грузов.
9. Горючие каменноугольные.

Синий цвет - Третий класс опасности - СЗЗ - 300 м.

10. СПЗ - Туапсинский судоремонтный завод.
11. ТЭЗ - завод железобетонных изделий.
12. Колобаны.
13. ТЭЗ - Туапсинский бакинский терминал (перевалка
мелт-оборудов) - стрелочная.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

— Железные дороги
— Автомагистральные дороги
— Дорожные знаки
— Трусовые дороги
— Трассы
— Овраги
— Скальные выходы
— Радации
— Танкетки
— Дольмены
— Предлагаемые маршруты

□ Водоемы, притоки
□ Пруды, озера, каналы
□ Садовые участки,
□ Огороды
□ Открытые пространства
□ Леса, прогалины
□ Кладбища
□ Ометки уреза воды в м.
□ Болотистая, влажная в м.
□ Руины
□ Пересыхающие ручьи
□ Ометки высот в м.

МАСШТАБ
1:20000
в 1 см 200 м.
горизонтальное сокращение
приблизит. 25 м.

1000 м. 500 300 100

КРАСНОЕ
МОРСКОЕ
ПАСЕКА
КРАЙНЕСКОЕ
ВЕСНА
ВОЛКОВ

В ходе проведенного исследования было установлено, что загрязнение нефтепродуктами негативно сказывается на морской флоре и фауне Туапсинского района. Используемые методы включали анализ проб воды и биологических образцов на содержание

нефтяных углеводородов. Конкретные результаты показали снижение биоразнообразия на 30% в районах с высоким уровнем загрязнения. Данные исследования проводились при поддержке Росприроднадзора в эколого-аналитической лаборатории города Туапсе [2].

В рамках исследования были проведены комплексные полевые и лабораторные работы, направленные на оценку влияния нефтепродуктов на экосистемы Туапсинского района. Основные этапы включали в себя: полевые исследования, которые проводились в течение трех месяцев в летний и осенний сезоны, что позволило учесть сезонные изменения в экосистеме. Основные мероприятия включали сбор проб воды.

Пробы были взяты в пяти точках, включая прибрежные зоны, где наблюдались разливы нефти, и контрольные точки, не подвергавшиеся загрязнению. Отбор проб проводился на уровне глубины 0,5 м и 1 м для анализа вертикального распределения загрязнителей. Также исследования в себя включали изучение состояния морских организмов. Для оценки состояния местной фауны были проведены выборочные отборы ракообразных (например, креветок) и моллюсков (например, устриц). Образцы собирались из загрязненных и фоновых районов.

Лабораторные наблюдения проводились в аккредитованной лаборатории, где были применены методы химического анализа, используя газовую хроматографию, определена концентрация нефтяных углеводородов (УГ) в пробах воды. Результаты показали, что в загрязненных пробах содержание УГ превышает допустимые нормы в 3-5 раз, в то время как в контрольных образцах уровень УГ находился на минимальном уровне. Были проведены также биологические анализы, тесты на жизнеспособность и здоровье морских организмов. Пробы устриц и креветок из загрязненных зон показали высокую смертность (до 40%), а также снижение репродуктивных функций, что подтверждается низким уровнем икры у самок устриц [6].

Для получения полной картины воздействия загрязнения на местное население проведены социологические опросы. В опросе участвовало 200 жителей Туапсинского района. 60% респондентов сообщили о респираторных заболеваниях, таких как астма и хронический бронхит, которые они связывают с загрязнением окружающей среды. Более 70% опрошенных выразили обеспокоенность по поводу состояния местной экосистемы и здоровья своих семей.

Загрязнение нефтепродуктами также имеет значительные экономические последствия для местного населения и бизнеса. Рыболовство, являющееся основным источником дохода для жителей района, страдает от снижения численности рыбы и ухудшения качества уловов. Местные рыбаки сообщают о значительном уменьшении уловов, что напрямую влияет на их доходы.

В долгосрочной перспективе загрязнение может потребовать значительных инвестиций в восстановление экосистемы и очистку водоемов, что также сказывается на экономике региона. Если не принять меры по охране окружающей среды, последствия могут усугубляться, что приведет к ещё большим экономическим потерям.

На основе полученных данных рекомендуется:

1. Разработка и внедрение эффективных мер по предотвращению нефтепродуктов в окружающую среду;
2. Проведение регулярного мониторинга состояния экосистем и здоровья населения;
3. Образование местного населения о вреде нефтяного загрязнения и методах его предотвращения.

Выводы

На основании проведенных исследований были получены следующие результаты:

1. Качество воды: обнаружено значительное превышение концентрации нефтяных углеводородов в пробах из загрязненных зон, что указывает на серьезное загрязнение прибрежных вод.

2. Состояние экосистемы: снижение численности морских организмов, таких как креветки и устрицы, в загрязненных зонах свидетельствует о негативном влиянии нефтепродуктов на морскую фауну. Снижение репродуктивной функции у устриц может привести к долгосрочным последствиям для популяций.

3. Здоровье населения: высокий процент местных жителей с респираторными заболеваниями подчеркивает необходимость обратить внимание на влияние загрязнителей на здоровье людей.

4. Экономические последствия: потери в рыболовстве и другие экономические убытки от загрязнения могут составлять десятки миллионов рублей в год, что ставит под угрозу благосостояние местного населения.

Библиография

1. Андреев А.Н. Влияние нефтепродуктов на морские экосистемы. – 2022. – URL: <https://www.eco-marine.ru/article/oil-impact-tuapse> (дата обращения: 10.01.2025)
2. Голосов Т.Д. Устойчивое управление прибрежными экосистемами в условиях нефтяного загрязнения. – 2023. – URL: <https://www.scientific-journal.ru/article/sustainable-coastal-management> (дата обращения: 09.01.2025)
3. Гальперин М. В. Общая экология. Учебник / М.В. Гальперин. – М.: Форум, Инфра – М, 2023. - 236 с.
4. Извеко Р.А. Интегральный Метод Оценки Качества Объектов Окружающей Среды / Извекова. – М.: Форум, Интеграл – М, 2023. – 113 с.
5. Оноприенко, М. Г. Экология. Учебное пособие / М.Г. Оноприенко. – М.: Омега-Л, 2023. – 432 с.
6. Опекунов, А. Ю. Теория и практика экологического нормирования в России. Учебное пособие / А.Ю. Опекунов, – М.: Битрикс, 2024. – 332 с.
7. Смирнова Е.Ф. Методы оценки ущерба от загрязнения нефтепродуктами в прибрежных зонах. – 2023. – URL: <https://www.eco-researches.ru/article/oil-pollution-damage> (дата обращения: 20.02.2025)
8. Юров Д.П. Нефтяное загрязнение и его влияние на биологическое разнообразие Туапсинского района. – 2021. – URL: <https://www.bio-ecology.ru/article/oil-biodiversity-impact> (дата обращения: 25.01.2025)

***Опыт применения метода оценки устойчивости природных сред в курсе
Ландшафтоведение для студентов-экологов***

***Савушкина Е.Ю.* (МГРИ, savushkinaey@mgri.ru),
Абрамова Е.А.* (МГРИ, abramovaea@mgri.ru)***

Аннотация

В работе рассмотрены методика оценки устойчивости ООПТ к долговременным изменениям природных сред и опыт проведения практических работ по курсу Ландшафтоведение, основанных на изучении и применении этой методики. Применение данной методики оценки устойчивости требует от обучающихся знаний теоретических основ географии, климатологии, заповедного дела, биологии, геологии и собственно ландшафтоведения, а также умений их применить на практике.

Ключевые слова

Ландшафтоведение, особо охраняемые природные территории, оценка устойчивости природных систем

Теория

Цель ландшафтоведения как науки — изучение пространственно-временных закономерностей размещения, формирования, строения и развития природных территориальных и антропогенных комплексов [3]. Знакомство обучающихся с наукой о ландшафтах должна базироваться на знаниях базовых понятий наук о Земле, поскольку ландшафт как природная разноуровневая система охватывает взаимосвязанные части литосферы, гидросферы, биосферы, атмосферы. Именно поэтому её изучение уместно проводить после или совместно с такими дисциплинами как «Общая геология», «География», «Биология», «Основы заповедного дела», «Учение о биосфере», «Четвертичная геология с основами геоморфологии» и «Климатология».

Одной из задач ландшафтоведения является прогноз развития ландшафтов под влиянием хозяйственной деятельности человека и в условиях глобального изменения климата [1]. Изучение устойчивости природных территорий к долговременным изменениям для целей прогнозирования входит в сферу интересов этого научного направления и может рассматриваться в учебном процессе.

Для оценки устойчивости природных территорий часто применяется метод балльных оценок. Балльные оценки по сути своей являются не количественными, а качественными, основной их недостаток — субъективный подход. Тем не менее, метод достаточно широко используется исследователями как для природных ландшафтов [5], так и для оценки состояния, развития и потенциала измененных и агроландшафтов [6].

Метод оценки устойчивости особо охраняемых природных территорий (ООПТ) к долговременным изменениям природной среды, который лег в основу практической работы для студентов 2 курса, обучающихся по направлению 05.03.06 Экология и природопользование, профиль Геоэкология, был разработан М.С. Стишовым с учетом обширного международного опыта подобных оценок [4]. Метод обсуждался сотрудниками ООПТ различных регионов России, а затем доработанная версия прошла апробацию на примере ООПТ Республики Алтай. Ограничением методики является возможность её применения исключительно для площадных ООПТ. Для имеющих точечный характер памятников природы данная оценка не проводится.

В основе метода оценки устойчивости ландшафтов в пределах ООПТ к долговременным глобальным изменениям природной среды положены два аспекта:

консервационная устойчивость и динамическая устойчивость. Под консервационной устойчивостью понимают возможности территории по сохранению ее природных комплексов и их компонентов в современном виде. Под динамической устойчивостью понимают возможность обеспечения естественного характера географических смен биоты и биоценотического покрова в связи с означенными изменениями среды. Динамическая устойчивость является одной из наиболее сложных, но важных для определения составляющих оценки состояния экосистем, поскольку динамические изменения являются актуальными задачами современных исследований экосистем [2].

Общий ход и основные этапы оценки устойчивости приведены на рисунке 1.

На первом этапе оценивается консервативная устойчивость территории. Она определяется:

- географическим положением,
- площадью,
- ландшафтным разнообразием,
- устойчивостью литогенной основы ландшафтов к климатическим изменениям (наибольшей чувствительностью к климатическим изменениям обладают ландшафты, связанные с многолетней мерзлотой, зоной абляции ледников, уровнем водоемов и т.д.).

На втором этапе оценивается динамическая устойчивость. Она определяется иными факторами, к которым относятся:

- разнообразие экстразональных и реликтовых элементов биоты и биоценотического покрова, климатические оптимумы которых располагаются в иных областях.
- связность ООПТ с другими ненарушенными или малонарушенными территориями, обеспечивающая возможности более или менее естественных и свободных миграций флористических и фаунистических комплексов.

На третьем этапе проводят расчет суммарных показателей устойчивости. Все результирующие показатели имеют относительный характер и выражаются в процентах от их максимально возможных значений.

Процедура оценивания предусматривает обращение к уже определенным шкалам с присвоенными балльными оценками. Подразумевается, что в случае кластерных ООПТ сначала производится оценка данных показателей для каждого участка, после чего вычисляется ее среднее значение, используемое в качестве соответствующего показателя для ООПТ в целом. Например, благоприятность географического положения оценивается по трем базовым показателям по сходным шкалам с возможными оценками 0, 2 и 4 балла:

- а) положения по отношению к границам климатически обусловленных физико-географических подразделений;
- б) положения по отношению к побережьям морей и крупных внутренних водоемов;
- в) положения по отношению к областям экстремального климата.

Искомый показатель благоприятности географического положения рассчитывается как выраженная в процентах доля суммы текущих значений всех трех показателей от максимально возможной суммы, равной 12.

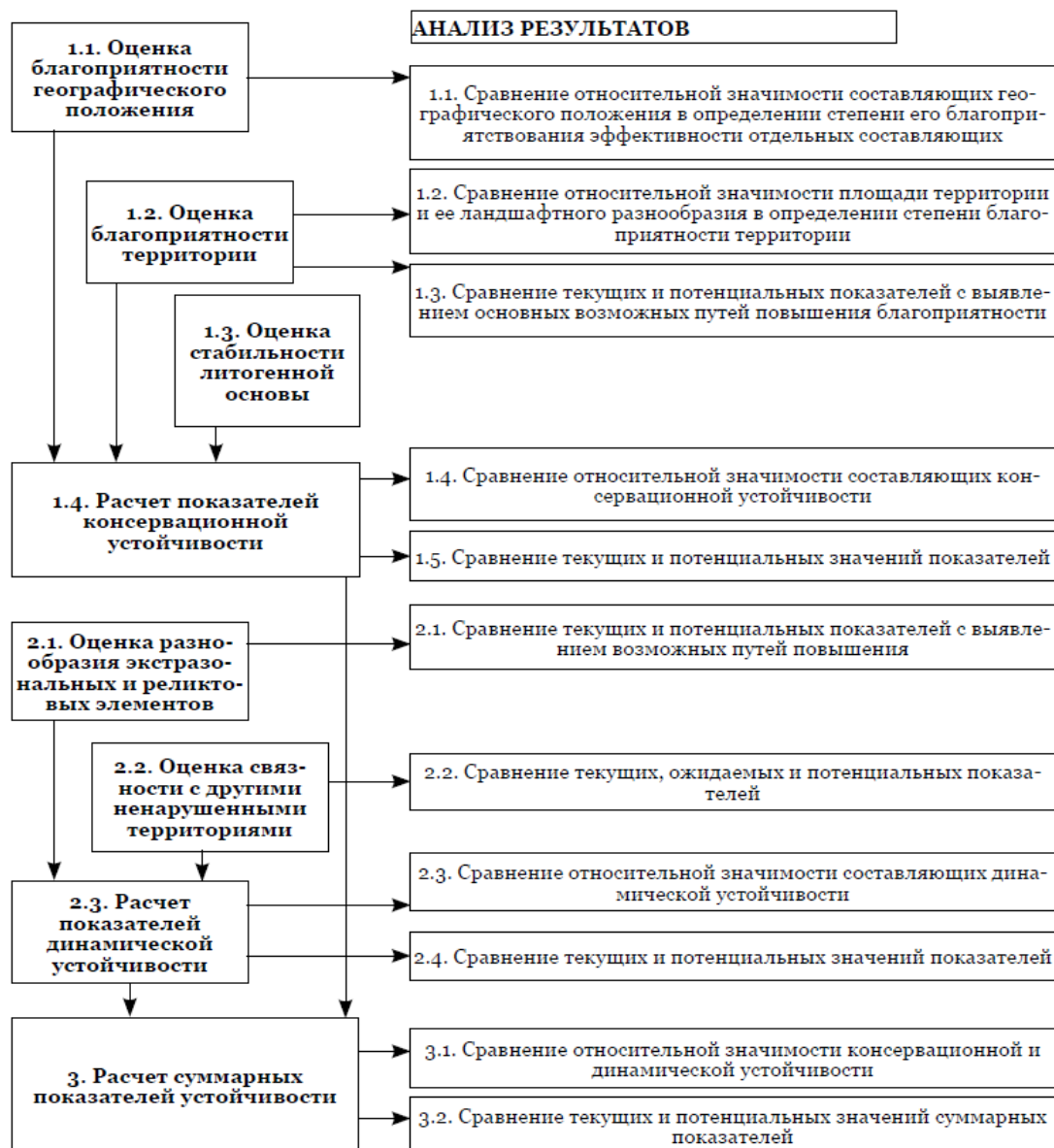


Рисунок 1. Рекомендуемые этапы оценки устойчивости особо охраняемых территорий и анализа результатов в соответствии с методикой [4]

По результатам оценки консервационной и динамической устойчивости осуществляется сравнительный анализ относительной значимости составляющих характеристик и сравнительные данные представляются в виде столбчатой диаграммы.

Суммарные показатели для устойчивости ООПТ к долговременным природным изменениям рассчитываются как средние от составляющих ее консервационной и динамической устойчивости. Для этого на данном этапе рассчитываются три показателя: текущей устойчивости, ожидаемой устойчивости и потенциальной устойчивости. В итоге работы все эти показатели устойчивости сравниваются, делается вывод о возможностях ее повышения, сравнительные данные представляются в виде столбчатой диаграммы, представляющей как текущие, так и потенциальные показатели.

Содержание промежуточных критериев оценивания таково, что их смогут правильно охарактеризовать обучающиеся, имеющие знания и умения ряда дисциплин обязательной части учебного плана профиля Геоэкология.

Выводы

Таким образом, использование методики оценки устойчивости ООПТ к долговременным природным изменениям среды в 4 семестре в рамках практических работ курса «Ландшафтоведение» способствует закреплению у обучающихся по направлению 05.03.06 Экология и природопользование, профиль Геоэкология, базовых знаний и умений, полученных в ходе изучения в 1, 2 и 3 семестрах дисциплин обязательной части учебного плана, а также помогает выработать навыки их применения для решения практических задач. К обязательным дисциплинам том числе относятся такие как «Общая геология», «География» (1 семестр), «Биология», «Экология и охрана окружающей среды» (2 семестр) «Основы заповедного дела», «Учение о биосфере», «Четвертичная геология с основами геоморфологии» (3 семестр), «Климатология» (4 семестр).

Методику оценки устойчивости ООПТ к долговременным изменениям природной среды можно с той же целью изучать и применять в курсе «Устойчивое развитие», который также читается позже 3 семестра.

Применение в практических заданиях описанной методики возможно и при обучении по направлению 05.03.06 Экология и природопользование, профиль Экономическая экология, в рамках которого курс «Ландшафтоведение» не предусмотрен учебным планом. Практические работы с использованием этой методики для студентов профиля Экономическая экология рекомендуется проводить также не ранее 4 семестра, то есть после изучения вышеуказанных дисциплин обязательной части учебного плана.

Библиография

1. Дьяконов К. Н. Ландшафтоведение. Большая российская энциклопедия (27 марта 2023). — URL: <https://bigenc.ru/c/landshaftovedenie-db13>, дата обращения 27.02.2025.
2. Кузьмина Ж. В. Динамические изменения экосистем и вопросы их оценки // Экосистемы: экология и динамика. Т. 1. №1. — 2017. — С. 10–25.
3. Марцинкевич Г.И. Ландшафтоведение. — Мн.: БГУ, 2005. — 200 с.
4. Стишов М. С. Методика оценки природоохранной эффективности особо охраняемых природных территорий и их региональных систем. — М.: WWF России, 2012. - 287 с. ISBN 978-5-9902255-7-2
5. Тальских В. Н., Шардакова Л. Ю. Разработка регионального метода балльно-индексной оценки состояния озерных систем бассейна Аральского моря // Гидрометеорология и экология, вып. 3, сс. 68–79, мар. 2023. — URL: <https://journal.kazhydromet.kz/index.php/kazgidro/article/view/964morya/viewer>, дата обращения 27.02.2025
6. Шпедт А. А., Трубников Ю. Н. Методика оценки природно-ресурсного потенциала агроландшафтов России // Научное электронное периодическое издание Южного федерального университета / Живые и биокосные системы, выпуск 31 — 2020 — URL: <https://jbks.ru/archive/issue-31/article-1>; DOI: 10.18522/2308-9709-2020-31-1

**Экологические исследования в контексте развития добывающей отрасли морей
Арктической зоны РФ**

**Алешко Д.Р.* (АО «МАГЭ», daniil.aleshko@mage.ru),
Хлебосолова О.А. (МГРИ, hlebosolova@mgri.ru),
Шепелев А.А. (АО «МАГЭ», alexsey.shepelev@mage.ru)**

Аннотация

В статье рассматривается разнообразие экологических исследований в морях Арктики, за последние три десятилетия с целью оценки воздействия добывающей отрасли. Основное внимание уделено анализу воздействия добычи полезных ископаемых на компоненты природной среды, биологическое разнообразие и климатические условия. Подчеркивается необходимость внедрения экологически чистых технологий и стандартов для минимизации негативного воздействия, важность интеграции экологических исследований в стратегическое планирование развития проектов по добыче всех видов природных ресурсов для достижения баланса между экономическим ростом и охраной окружающей среды.

Ключевые слова

Арктическая зона РФ экологический мониторинг, добывающая отрасль, экология, биоразнообразие, экосистемы, климатические изменения

Теория

Важным условием развития добывающей отрасли в морях Арктической зоны Российской Федерации и разработки проектов стратегического управления служит анализ результатов предыдущих исследований, их систематизация и оценка, необходимых для поиска перспективных направлений и разработки инновационных технологий. Изучение публикаций и результатов диссертационных исследований, по экологической оценке, воздействия добывающей отрасли указывает их значительное разнообразие: среди них выделяются фундаментальные исследования и прикладные разработки, а также работы, направленные на обоснование комплексного экологического мониторинга [5]. Примеры тематики исследований каждой группы представлены ниже (рисунок 1). Итоги проведенного нами сравнительного анализа открытых источников свидетельствует о существовании значительных рисков для биоразнообразия арктических морей и других компонентов природной среды, а также важности проведения дальнейших научных исследований и разработки технологий, обеспечивающих минимальный негативный след добывающей отрасли и демонстрирующих населению ее высокую экологическую ответственность.

Характерным примером, сложившимся в морях Арктической зоны РФ, является Карское море. Несмотря на значительную хозяйственную освоенность, оно отличается относительно слабой изученностью, особенно в части экологических исследований. Интенсивное изучение экосистем Карского моря началось в 80–90-е годы XX века в связи с разведкой и обнаружением на полуострове Ямал крупных месторождений углеводородного сырья, преимущественно природного газа.



Рисунок 1. Направления экологических исследований арктических морей РФ

В исследованиях участвовали ведущие научные организации, такие как ММБИ КНЦ РАН, ПИНРО, СевПИНРО, ВНИРО, ИО РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова и другие. Результаты этих исследований отражены в многочисленных научных публикациях, которые легли в основу современных экологических оценок и прогнозов.

Экологическая изученность рассматриваемого региона полностью обусловлена его нефтегазовым потенциалом. Эколого-геохимические исследования проводились при подготовке государственных геологических карт различных масштабов. В 1991 году комплексная геоэкологическая экспедиция на НИС «Академик Карпинский» позволила получить важные данные по эколого-геологическим условиям региона, включая анализ тяжелых металлов, нефтяных углеводородов и радионуклидов.

Подробное обобщение литературных и фондовых данных было выполнено в рамках работ по характеристике эколого-геологических условий морской части территории листа «Государственной геологической карты Российской федерации масштаб 1:1000000 (третье поколение) Серия Южно-Карская лист R-41 – Амдерма». Помимо обобщения, в рамках этой работы также был выполнен сбор фактических данных – общее количество станций

комплексного опробования с различным набором аналитических определений составило 212 шт. Исследования проб выполнялись в МОАРК ААНИИ и ФГБУ «ВНИИОкеангеология» по гостированным методикам.

В рамках проекта было выполнено количественное определение тяжелых металлов, спектральный приближенно-количественный анализ на 27 элементов, определение нефтяных углеводородов и хлорорганических поллютантов, определение биогенных компонентов, химический анализ солянокислых и содовых вытяжек, определение удельной активности радионуклидов, а также различные гидрогеохимические анализы. Результаты исследований позволили составить геоэкологическую схему региона, которая используется для планирования природоохранных мероприятий [2,3].

Компания ООО «Красноярскгазпром нефтегазпроект» совместно ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук» и ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» в 2014 г. выполнили работу по оценке фоновое состояние окружающей среды и эколого-рыбохозяйственному картированию Русановского лицензионного участка в акватории Карского моря. Исследования проводились в 2014 г. и охватили более 40 000 кв. км лицензионных участков Карского и Баренцева морей [1,4].

Компания ООО «Красноярскгазпром нефтегазпроект» совместно с ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук» и Северо-Западным филиалом ФГБУ «НПО «Тайфун», а также ФГБУН «Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра» в 2015 и 2016 гг. провели работу по мониторингу состояния окружающей среды на Русановском лицензионном участке.

Компания ООО «МАГЭ-сервис» совместно с компанией ООО «Морской сервис» в 2017 г. выполнили инженерно-экологические изыскания на объекте: «Поисково-оценочная скважина № 6 Русановского лицензионного участка».

С 2014 по 2017 гг. ООО «Фертоинг» проводили исследования устьев скважин Ленинградского ГКМ. Программа исследований включала следующие виды работ, включая работы экологической направленности:

- обнаружение и визуальное обследование устьев скважин и приустьевых зон при помощи телеуправляемого необитаемого подводного аппарата (ТНПА);
- поиск посторонних объектов;
- поиск барботирующих источников и отбор проб флюида в случае их обнаружения;
- отбор проб морской воды и донных отложений для анализа состояния сообществ гидробионтов;
- пробоотбор для гидрохимических исследований и оценки качества морских вод и донных отложений;
- проведение лабораторных анализов проб морской воды и донных отложений;
- проведение гидрологических исследований для получения дополнительной информации об условиях пробоотбора.

В 2019 г компания ОАО «МАГЭ» совместно с компанией ООО «Центр морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова» в 2019 г. выполнили инженерно-экологические изыскания на объекте: «Разведочная скважина №5 Ленинградского газоконденсатного месторождения», в 2020 г. – на объекте «Поисково-оценочная скважина №5 Русановского лицензионного участка», в 2022 – «Разведочная скважина № 7 газоконденсатного месторождения им. В.А. Динкова» и «Разведочная скважина № 4 Русановского газоконденсатного месторождения». Спектр работ включал:

- метеорологические исследования;

- исследования загрязненности атмосферного воздуха;
- гидрологические исследования;
- отбор проб и пробоподготовка воды, донных отложений для проведения последующего химического анализа, проведение анализов первого дня;
- отбор и подготовка проб воды на бактериопланктонный анализ;
- отбор и подготовка проб воды на фитопланктонный анализ;
- отбор и подготовку проб воды на зоопланктонный анализ;
- отбор и первичная разборка проб на бентосный анализ (макрозообентос);
- отбор и подготовка проб воды на исследование ихтиопланктона;
- орнитологические и териологические наблюдения (наблюдения за птицами и морскими млекопитающими).

Выводы

Проведенные исследования демонстрируют, что развитие добывающей отрасли в Арктике требует комплексного подхода к оценке воздействия на окружающую среду. Внедрение экологически чистых технологий и стандартов, а также интеграция экологических исследований в стратегическое планирование являются ключевыми факторами для минимизации негативного воздействия на природные экосистемы. Особое внимание должно уделяться мониторингу биоразнообразия и климатическим изменениям. Анализ итогов предыдущих исследований подтверждают необходимость использования их результатов для интеграции в проекты стратегического управления добывающей отраслью, для достижения баланса интересов человека и природы, сочетания экономического роста и экологического благополучия. Важными направлениями деятельности следует считать продолжение фундаментальных и прикладных исследований, а также постоянного мониторинга и адаптации природоохранных мер к меняющимся условиям.

Библиография

1. Богоявленский В. И., Богоявленский И. В., Будагова Т. А. Экологическая безопасность и рациональное природопользование в Арктике и Мировом океане //Бурение и нефть. – 2013. – №. 12. – С. 10-16.
2. Лаверов Н. П., Дмитриевский А. Н., Богоявленский В. И. Фундаментальные аспекты освоения нефтегазовых ресурсов арктического шельфа России //Арктика: экология и экономика. – 2011. – №. 1. – С. 1.
3. Матишов Г. Г., Брехунцов А. М., Дженюк С. Л. Исследования Карского моря на современном этапе освоения российской Арктики //Арктика: экология и экономика. – 2013. – Т. 1. – №. 9. – С. 1.
4. Нерсесов Б. А., Римский-Корсаков Н. А. Результаты экологических исследований российских арктических морей //Российская Арктика. – 2021. – №. 2 (13). – С. 14-25.
5. Российская государственная библиотека: Авторефераты диссертаций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/search#col=autoref>, свободный (26.02.2025).

Особенности геоэкологических условий территории парка «Долина реки Шмелёвка» и оценка влияния благоустройства парка на окружающую среду

***Валеева К.А. * (МГРИ, kamillavaleeva5@gmail.com),
Экзарьян В.Н. (МГРИ, vnekzar@rambler.ru)***

Аннотация

В работе рассмотрены физико-географическая характеристика и геоэкологические условия территории природного парка «Долина реки Шмелёвка» и проведена оценка влияния работ по благоустройству парка на окружающую природную среду.

Ключевые слова

Река Шмелёвка, парк «Долина реки Шмелёвка», благоустройство территории, изменения природной среды

Теория

Современное состояние городской среды подвержено активному воздействию природных и техногенных факторов, изменяющих экологические условия территории. В частности, экзогенно-геологические процессы (ЭГП), такие как эрозия, оползни, существенно влияют на устойчивость ландшафтов и экологическую ситуацию. Исследование этих процессов на территории парка «Долина реки Шмелёвка» позволяет выявить ключевые проблемы, связанные с развитием этих явлений, и оценить последствия для окружающей среды. В 2023 году было проведено масштабное благоустройство территории, которое привело к изменениям экосистем, требующее оценки воздействия на природную среду.

Физико-географическая характеристика

Климатические условия на территории парка «Долина реки Шмелёвка» формируются под влиянием его географического положения в центральной части Восточно-Европейской равнины и типичны для Московского региона. Согласно классификации климатов, данный регион относится к умеренно-континентальному с чётко выраженной сезонностью и с сильным влиянием атлантического морского климата.

Территория относится к ЮАО Москвы, рельеф которого приурочен к северо-восточному склону Теплостанской возвышенности и долины р. Москвы. В пределах округа возвышенность плавными уступами понижается на восток и северо-восток, обрываясь к реке Москве, с перепадом высот чуть менее 100 м [1].

Река Шмелёвка является правым притоком реки Городни, которая берет начало на главном холме Теплостанской возвышенности. Река Шмелёвка обладает разветвленной сетью притоков. Длина реки составляет 5,5 км, площадь водосборного бассейна – 12 км². Исток расположен в районе Орехово-Борисово Северное к северо-востоку от пересечения Домодедовской улицы и Орехового бульвара. Река частично заключена в подземный коллектор, по степени техногенной трансформации относится ко II классу – на поверхности находится около 50-90% водотока, русло умеренно трансформировано [7].

Почвы прибрежной территории сформировались в условиях антропогенно-изменённого ландшафта на фоне сложного рельефа. Они развиваются на покровных четвертичных отложениях, а в нижней части склонов встречаются обнажения юрских глин [3]. Можно выделить несколько основных типов почв: дерново-подзолистые, аллювиальные, а также техногенные нарушенные почвы.

Флора долины реки разнообразна: здесь есть реликтовая дубрава, приречные ивняки и черно ольшаники, заливные и суходольные луга, травянистые болота. В парке можно встретить редкие виды животных, которые занесены в Красную книгу Москвы. Например,

здесь водятся остромордые лягушки и краснобрюхие жерлянки. В низовьях Шмелевки встречаются редкие для города птицы: болотный лунь, чибис, утка-широконоска, лесной конек, обыкновенный сверчок [4].

Геоэкологические условия территории

Территория Московского региона расположена в центральной части Восточно-Европейской платформы. Как и всем платформенным сооружениям, Русской платформе присуще двухъярусное строение. Ее нижний структурный этаж – кристаллический фундамент – сложен древними породами архея и нижнего протерозоя, а платформенный чехол сложен преимущественно осадочными породами палеозоя, мезозоя и кайнозоя.

В долине реки Шмелевки аллювиальные отложения поймы и террасы представлены супесью и валунно-галечными грунтами, которые располагаются закономерно с ярко выраженной сортировкой. Это говорит о том, что река протекала здесь в недавнем прошлом (валун и галька представлены гранитом и кремнием, что свидетельствует о том, что река образовалась в четвертичном периоде, когда растаяли отложения последнего ледника). Мощность данных отложений составляет от 2 до 3 метров [6].

В пределах парка сформирована густая овражно-балочная сеть, характеризующаяся активными процессами эрозии и склоновыми деформациями. Пески и пылеватые суглинки, которые в сочетании с галькой, валунами и щебнем составляют четвертичные породы, быстро насыщаемые водой. Они обладают свойством перемещаться по ниже залегающим юрским глинам, что приводит к образованию оползневых процессов. Крутые склоны в сочетании с рыхлыми грунтами способствуют активизации оползневых процессов, а пойменные участки испытывают подтопление в результате сезонных колебаний уровня грунтовых вод. В прирусловой части отмечаются эрозионные процессы.

Характеристика парка

Ландшафтный парк «Долина реки Шмелёвка» (другое название территории – «Шмелевский ручей») приурочен к районам Зябликово и Орехово-Борисово Южное. Территория расположена в глубоком овраге долины рек Кузнецовка и Шмелевка. Площадь парка составляет 97,7 га (рис. 1).

Согласно решению Президиума Моссовета №201 от 17.10.1991 «О государственных памятниках природы местного значения в г. Москве» парк получил статус памятника природы Москвы регионального значения. Данная природная территория имеет природоохранное, рекреационное, эколого-просветительское значение, регулируется Департаментом природопользования и охраны окружающей среды города Москвы [2].

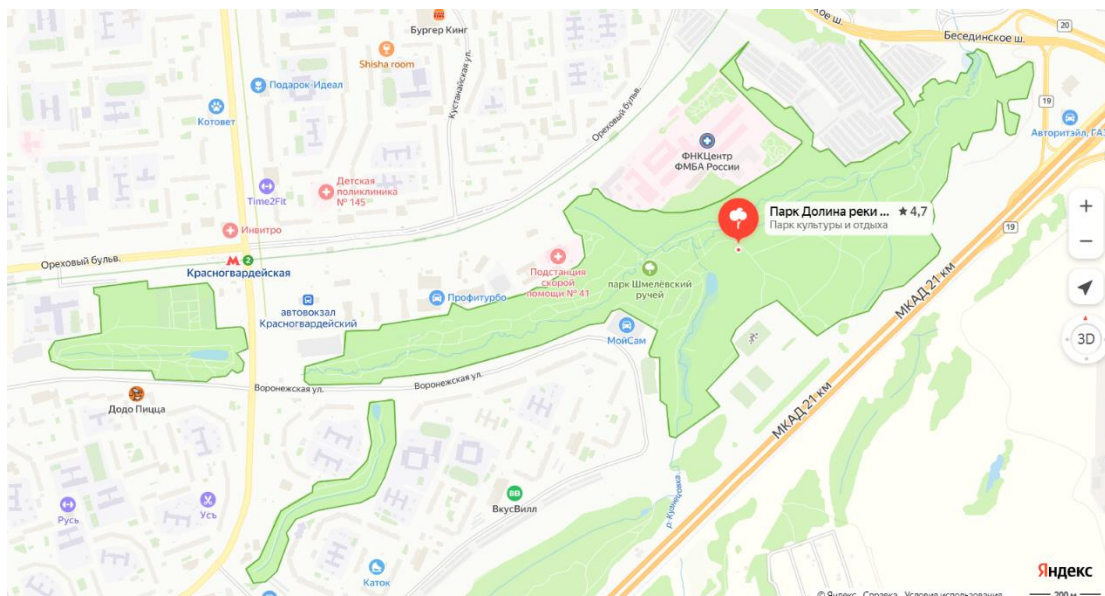


Рисунок 1. Карта расположения парка «Долина реки Шмелёвка»

В 2023 на территории парка «Долина реки Шмелевка» были проведены масштабные работы по благоустройству, направленные на улучшение экологического состояния и повышение рекреационной привлекательности.

Парк является комфортным пространством городской среды. На территории имеется много мест для отдыха: спортивные, детские и смотровые площадки, велодорожки, пикниковые зоны с мангалами, а также экологические тропы.

Согласно плану благоустройства территории были проведены следующие мероприятия:

- оборудованы рекреационные зоны;
- значительная часть прогулочных маршрутов была проложена по приподнятым

на сваях мосткам, что направлено на снижение антропогенной нагрузки на окружающую природную среду;

- построены пешеходные мосты через Садковский овраг и долину реки Шмелёвка, что было необходимо в связи с затруднением перемещения граждан через крутые склоны оврага. Это оказало положительное влияние не только на население, но и снизило антропогенную нагрузку на природный комплекс;

- созданы два водоёма на месте заболоченного участка, оборудованы зоны отдыха;
- выполнены работы по очистке русла и берегоукреплению реки в некоторых участках и др. [5].

Комплексные работы по благоустройству оказали не только положительное, но и отрицательное воздействие на экологические условия территории.

На рисунке 2 представлены результаты полевого обследования участка долины реки Шмелёвка, проведенные в октябре 2024 года.

В долине реки развиты эрозионные и оползневые процессы. Процессы являются активными, о чем свидетельствуют промоины, нарушенный растительный и почвенный покров, обнажения корней деревьев и изгибы стволов, стенки срыва и тела оползней, а также размыв пород у конструкций свай настила. В процессе благоустройства территории была проведена санитарная вырубка 742 деревьев и 2192 кустарников, что безусловно повлияло на увеличение интенсивности указанных процессов.



Рисунок 2. Экзогенно-геологические процессы на участке долины реки

Выводы

Территория парка «Долина реки Шмелёвка» характеризуется сложными физико-географическими и геоэкологическими условиями, включающими развитую овражно-балочную сеть, активные экзогенно-геологические процессы и высокую степень техногенной трансформации. Благоустройство 2023 года повысило рекреационную ценность территории, но в тоже время привело к локальной дестабилизации склонов, изменению гидрологического режима и достаточно резкой активизации эрозионных процессов. Для сохранения устойчивости природных комплексов необходимо проведение постоянных мониторинговых наблюдений за изменениями окружающей природной среды и, в частности, активности природно-техногенных процессов. Эти проблемы могут быть решены путем реализации программы комплексного экологического мониторинга парка.

Библиография

1. Ефимов М. Б., Насимович Ю. А., Шкурский Б. Б. Природа Южного округа Москвы. - М.: ВНИИ охраны природы, 1999. - 67 с.
2. ООПТ Москвы / ДПиООС // mos.ru URL: <https://www.mos.ru/oopt-moskvy/> (дата обращения: 24.02.2025).
3. Палеонтология Москвы. Река Шмелёвка, юрский период // Аммонит.ру URL: <https://www.ammonit.ru/place/11.htm> (дата обращения: 24.02.2025).
4. Парк «Шмелёвский ручей» // Москвоские улицы URL: <https://art-list.ru/park-shmelyovskij-ruchey> (дата обращения: 24.02.2025).
5. Проект Шмелёвский ручей // MAGLY PROERT URL: <https://maglyproekt.com/projects/shmelevskiy-ruchey> (дата обращения: 24.02.2025).
6. Шакиров Р.Р., Сеницын А.А. Описание фосфоритов Волжского яруса в долине р. Шмелёвка (Москва) // Студенческий вестник. - 2020. - №16-5 (114). - С. 40-41.
7. Экологический атлас Москвы / Ильина И. Н. — М.: ГУП НИИПИ Генплана г. Москвы, 2000. — ISBN 5-87484-079-6

Оценка степени загрязнения вод Амурского и Уссурийского заливов ртутью

Ермашова Д.В. (МГРИ, ermashova03@gmail.com),
Буфетова М.В. (МГРИ, mbufetova@mail.ru)*

Аннотация

Проанализировано содержание ртути в водах Амурского и Уссурийского заливов. Для определения качества морской воды проведено сравнение данных среднегодовых значений концентраций ртути с нормативами. Результаты исследования показали, что в большинстве случаев концентрация ртути в водах Амурского и Уссурийского заливов не превышала ПДК, за исключением единичных случаев в 2007, 2010–2011 годах. В проливе Босфор Восточный зафиксировано несколько превышений ПДК, особенно в весенне-летний период в 2007, 2010, 2011 и 2022 гг.

Ключевые слова

Ртуть, загрязнение, морская вода, Амурский залив, Уссурийский залив

Теория

Известно, что ртуть — крайне опасное вещество, признанное сильным токсином. Она является одним из наиболее часто встречающихся загрязняющих веществ в окружающей среде, представляя значительную опасность для здоровья людей. Ртуть существует в нескольких формах: в виде элементарного вещества, в неорганической форме, а также в виде органического соединения, известного как метилртуть. Ртуть относится к категории тиоловых ядовитых веществ.

Ртуть (Hg), являясь природным элементом, повсеместно присутствует в земной коре. Загрязнение ртутью окружающей среды происходит как в результате естественных процессов, так и вследствие антропогенной деятельности. Природные источники, такие как выветривание ртутьсодержащих пород, геотермальная активность и вулканизм, обуславливают фоновый уровень содержания ртути в биосфере. Однако, антропогенные выбросы ртути в современности на порядок превышают естественные, оказывая значительное влияние на глобальный биогеохимический цикл этого элемента [5, 6].

Ртуть применяется в приборостроении и электротехнике, в составе припоев, красок для морских судов, амальгам, при электролитическом получении хлора и едкого натра, в производстве уксусной кислоты из ацетилена, в процессе синтеза ртуть-органических соединений, в химико-фармацевтической промышленности, в лабораторной практике [6].

Всемирная организация здравоохранения рассматривает ртуть как один из десяти основных химических веществ, представляющих серьёзную опасность для общественного здравоохранения [4]. В соответствии с Федеральным регистром потенциально опасных химических и биологических веществ данное вещество относится к 1 классу опасности [3].

Материалы и методы

Оценка загрязнённости вод Амурского и Уссурийского заливов проводилась по данным полученные Государственным океанографическим институтом имени Н.Н. Зубова за 2005-2023 гг.

В заливе Петра Великого наблюдения проводятся за гидрохимическим режимом и качеством вод прибрежной зоны Японского моря лабораторией мониторинга загрязнения морских вод Приморского Центра по мониторингу окружающей среды ФГБУ «Приморское УГМС» (г. Владивосток). Обобщенные результаты этих наблюдений, включая данные по

гидрохимическому составу, ежегодно публикуются Государственным океанографическим институтом имени Н.Н. Зубова.

Для проведения химического анализа проб морской воды используются методы, стандартизированные в руководящих документах Государственного океанографического института (ГОИН). Основным из них является «Руководство по химическому анализу морских вод» (РД 52.10.243-92 (ред. от 01.07.2011)) [1].

В качестве норматива качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения ПДК была установлена приказом министра сельского хозяйства Российской Федерации А.Н. Ткачева от 13 декабря 2016 г., №552: «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». Допустимый уровень концентрации ртути в морской воде составил 0,0001 мг/дм³ (0,1 мкг/дм³) [2].

Характеристика объекта исследования

Амурский и Уссурийский заливы расположены в акватории залива Петра Великого Японского моря и соединены проливом Босфор Восточный, который отделяет полуостров Муравьёва-Амурского от островов Русский и Елены. Водообмен между заливами осуществляется за счёт поверхностных течений из Амурского залива в Уссурийский вдоль южного побережья и в обратном направлении — вдоль северного берега.

Амурский залив, расположенный у северо-западного побережья залива Петра Великого, имеет протяжённость около 65 км, ширину от 9 до 20 км и максимальную глубину до 50 метров. От открытого моря он отделён полуостровом Муравьёва-Амурского и островами архипелага Евгении. Лёд появляется уже в конце ноября в заливе Угловом и бухте Новик, сохраняясь до конца марта — начала апреля. К маю вода прогревается до +14°C.

Уссурийский залив, находящийся у северного побережья залива Петра Великого, ограничен мысом Маячный на острове Шкота (запад) и мысом Сыроева (восток). Его длина составляет 51 км, ширина у входа — 42 км. В зимний период с декабря по март, северные участки залива частично покрываются льдом, однако ледяной покров незначителен. По сравнению с Амурским заливом, Уссурийский отличается более низкими температурами воды [1].

Результаты исследования

Анализ данных, полученных в период с 2005 по 2023 годы, выявил отсутствие чёткой закономерности в распределении концентрации ртути в морской воде Амурского и Уссурийского заливов, а также в акватории пролива Босфор Восточный.

В Амурском заливе (рис. 2б) в период с 2005 по 2011 годы зафиксированы высокие концентрации ртути, особенно в летние месяцы. Так, летом 2007 года уровень ртути достиг 0,1341 мкг/дм³, что превышает предельно допустимую концентрацию в 1,34 раза. Однако с 2012 по 2023 годы концентрация ртути оставалась в пределах нормы, при этом максимальные значения не превышали 0,0946 мкг/дм³, зарегистрированных в весенний период 2022 года.

В Уссурийском заливе (рис. 2а), в свою очередь, также были превышения ПДК в 2010–2011 годах. В весенние месяцы 2010 года наибольшая концентрация составила 0,1075 мкг/дм³, а в 2011 году — 0,1158 мкг/дм³, но также можно отметить, что в 2016 году содержание ртути в воде было 0,1 мкг/дм³, что сопоставимо с ПДК. В остальные годы, уровень ртути оставался в пределах нормы, с небольшими колебаниями.

В проливе Босфор Восточный (рис. 2в) за данный период также наблюдались высокие концентрации ртути, особенно весной и летом. Так, в 2010 году летом уровень ртути достиг $0,2015 \text{ мкг/дм}^3$, что превышает ПДК в 2 раза, в 2006 г. – $0,1072 \text{ мкг/дм}^3$. Также превышения были весной в 2007 – $0,1589 \text{ мкг/дм}^3$, 2011 – $0,1089 \text{ мкг/дм}^3$ и осенью в 2021 г. – $0,1111 \text{ мкг/дм}^3$

Стоит отметить, что в 2012-2013 гг. во всех трех акваториях наблюдается резкое снижение концентрации ртути, со значениями ноль и очень близкими к нулю.

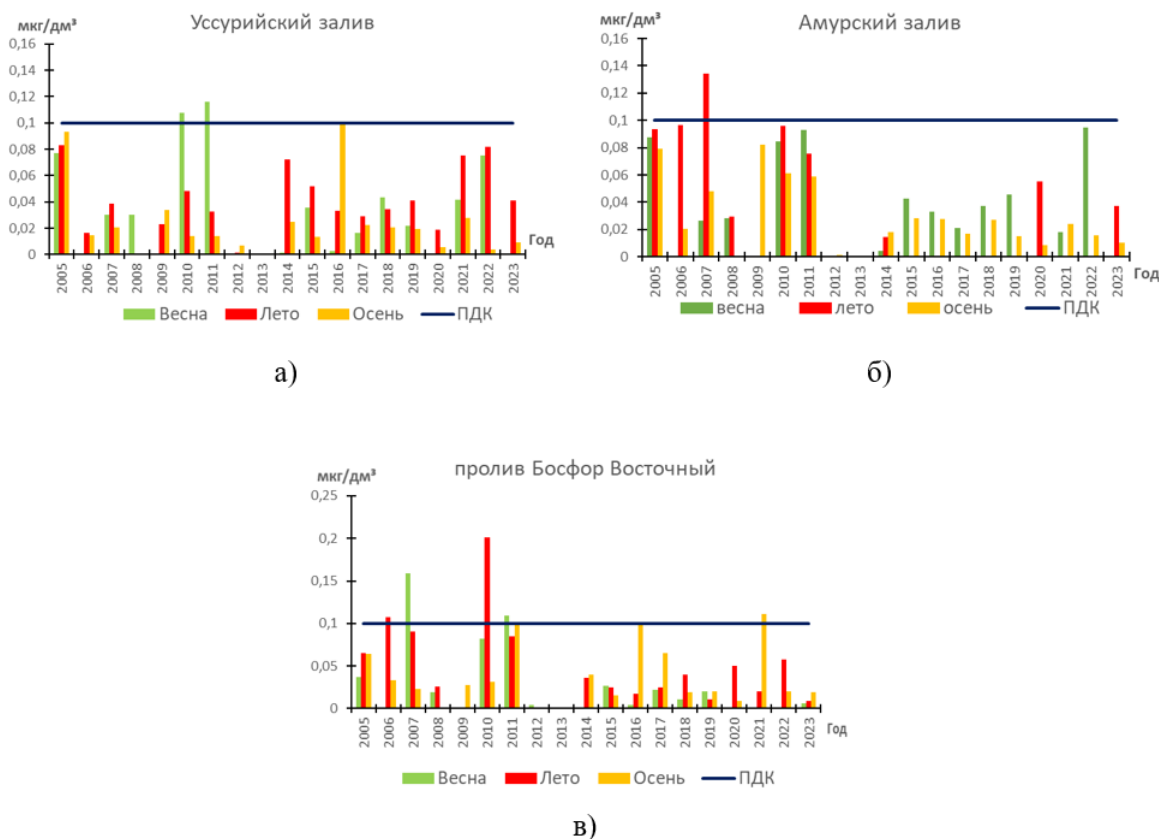


Рисунок 1. Посезонное содержание ртути в а) Уссурийской заливе; б) Амурском заливе; в) проливе босфор Восточный

Выводы

Анализ данных за период 2005-2023гг показал, что Амурский и Уссурийский заливы загрязнены ртутью. В большинстве случаев содержание ртути не превышало предельно допустимых концентраций, установленных для водных объектов рыбохозяйственного значения. Однако в 2007, 2010–2011 годах, были зафиксированы превышения ПДК весной и летом, что свидетельствует о наличии локальных источников загрязнения. Так же можно отметить, что в проливе Босфор Восточный отмечается наибольшее количество превышений ПДК особенно в весенне-летний период.

Благодарности

Авторы выражают благодарность заведующему отделом мониторинга морской среды ГОИН А. Н. Коршенко за предоставление данных для проведения исследования.

Библиография

1. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2022 / под ред. А.Н. Коршенко. – М.: Наука, 2023. – С. 302.
2. Минсельхоза России от 13.12.2016 N 552 (ред. от 13.06.2024) "Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения" (Зарегистрировано в Минюсте России 13.01.2017 N 45203) [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://legalacts.ru/doc/postanovlenie-pravitelstva-rf-ot-28062008-p-484/>, свободный (дата обращения: 19.02.2025).
3. Федеральный регистр потенциально опасных химических и биологических веществ [Электронный ресурс]. – URL: <https://rpo hv.ru/online/> (дата обращения: 19.02.2025).
4. Шинетова, Л. Е. Современные представления о влиянии различных форм ртути на организм / Л. Е. Шинетова, С. А. Бекеева // Вестник Казахского Национального медицинского университета. – 2017. – № 1. – С. 370-374.
5. Total Mercury Released to the Environment by Human Activities / D.G. Streets, H.M. Horowitz, D.J. Jacob, [и др.] // Environmental Science & Technology. – 2017. – № 51. – С. 5969-5977.
6. UNEP, 2013. Global Mercury Assessment 2013: Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport. UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland.

Загрязнение почв тяжелыми металлами и бенз(а)пиреном в районе Марьино г. Москва

Коркина Н.А. * (МГРИ, korkina.n19@list.rue-mail)

Аннотация

В статье рассмотрена характеристика тяжелых металлов и бенз(а)пирена, которые являются основными загрязнителями почв. Приведены результаты исследования степени загрязнения почв и грунтов на участке строительства улично-дорожной сети в районе Марьино города Москва.

Ключевые слова

Тяжелые металлы, бенз(а)пирен, загрязнение почв, автотранспорт, Москва

Теория

Почва является основным накопителем химических веществ техногенной природы, фактором передачи инфекционных и паразитарных заболеваний и может оказывать неблагоприятное влияние на условия жизни населения и его здоровье.

К тяжелым металлам относят 40 наименований – атомной массой выше 50 и плотностью более 5 г/см³. Опасность тяжелых металлов заключается в их способности к накоплению как в твердой, так и в жидкой фазах в почвах и последующему попаданию в растительный покров, поверхностные и подземные воды.

Свинец накапливается в почве из-за того, что обладает малоподвижными ионами и переходит в труднорастворимые фосфаты, а скорость вымывания, в свою очередь, намного меньше количество выносимого вещества в год. Большие значения концентрации свинца фиксируют возле автомобильных дорог, а также больших промышленных предприятий.

Кадмий содержится в моторах, технике, может попадать в окружающую среду с выбросами с предприятий, использующих кадмий в своих технологических процессах. Одной из опасностей является его способность задерживаться в почвах на протяжении нескольких столетий и снижать численность полезных бактерий [1].

Медь поступает в почвенную среду с выбросами от транспортных средств, а также с предприятий цветной металлургии, производства удобрений, пестицидов. Загрязнение медью вызывает ухудшение физических и химических характеристик почв, снижают водопрочность, что является причиной возникновения эрозии и уплотнения [2].

Цинк также попадает в окружающую среду и оседает в почвах с выбросами от автомобильного транспорта. Обладает высокой миграционной способностью. Особенность цинка – накопление в больших количествах при взаимодействии с глинами и в среде, значение pH которой выше, чем 6 [5].

Источником попадания никеля являются предприятия машиностроения, металлургии, химической промышленности, а ареал распространения загрязнения может растягиваться до сотни километров от источника выбросов.

Главным источником попадания в почвы мышьяка является автомобильный транспорт, а также выбросы с предприятий металлургической и химической промышленности. Опасность его заключается в том, что мышьяк повышает кислотность почв, а кроме того, при низкой кислотности заметно возрастает его концентрация.

Ртуть характеризуется легким переходом из жидкого состояния в газообразное. Загрязнение ртутью распространяется со сточными водами и фиксируется возле предприятий цветной металлургии. Определить ее концентрацию достаточно трудно из-за неравномерного распределения в почвенном покрове, поэтому исследования проводятся на нескольких точках одного участка [1].

Все описанные выше металлы оказывают негативное воздействие не только на состояние окружающей среды, но и на здоровье человека, вызывая различные заболевания, интоксикацию, а в особенно тяжелых случаях – летальный исход.

В качестве показателя присутствия канцерогенных полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в почвах и грунтах чаще всего определяют незамещенный индивидуальный углеводород 3,4-бенз(а)пирен – вещество I класса опасности. Его содержание не имеет порогового уровня, то есть его присутствие в любом определяемом количестве опасно для живых организмов. Оседая на почву в виде аэрозолей, 3,4-бенз(а)пирен сорбируется на поверхности почвенных частиц и пыли и при вдыхании пыльного воздуха попадает в организм человека. Данное вещество образуется из-за неполного сгорания таких органических веществ, как нефть, древесина и т.д. источником поступления являются выбросы с промышленных предприятий, автомобильный транспорт, сжигание отходов [3]. На почвы бенз(а)пирен влияет, изменяя ее свойства и снижая в следствие плодородие.

В районе Марьино г. Москва были проведены исследования на определение содержания тяжелых металлов и бенз(а)пирена в почвенном покрове и грунтах на разной глубине. В процессе работ было взято 6 проб для оценки уровня химического загрязнения почв и грунтов (оценка загрязнения почв и грунтов тяжёлыми металлами и мышьяком, 3,4-бенз(а)пиреном, нефтепродуктами) и 18 проб из трех скважин глубиной 6 метров для оценки уровня химического загрязнения грунтов.

Согласно результатам проведенных исследований (рис. 1) было выявлено превышение концентрации тяжелых металлов относительно значений ПДК и ОДК:

- свинца до 21,37 раз;
- кадмия до 4,00 раз;
- меди до 5,46 раз;
- цинка до 16,06 раз;
- никеля до 1,09 раза;
- мышьяка до 3,70 раз.

График показывает, что степень загрязнения изменяется с глубиной, закономерно имея тенденцию к уменьшению от верхнего к более нижним слоям. Как правило глубина распространения тяжелых металлов составляет не более 20 см, но при сильном загрязнении может достигать и 160 см. Из рассматриваемых металлов наибольшей миграционной способностью обладают цинк и ртуть, которые распределяются равномерно в верхнем почвенном слое. Но в большей степени наблюдается загрязнение свинцом, цинком, медью и кадмием (рис. 2), что связано с постоянным увеличением количества выбросов от транспортных средств – это и нерациональный расход топлива и моторных масел, износ шин и тормозов, стирание поверхности дорожного полотна, коррозии металлических деталей автомобилей и выхлопные газы [4], а также расположения места исследования рядом с работающими промышленными предприятиями, в частности заводами.

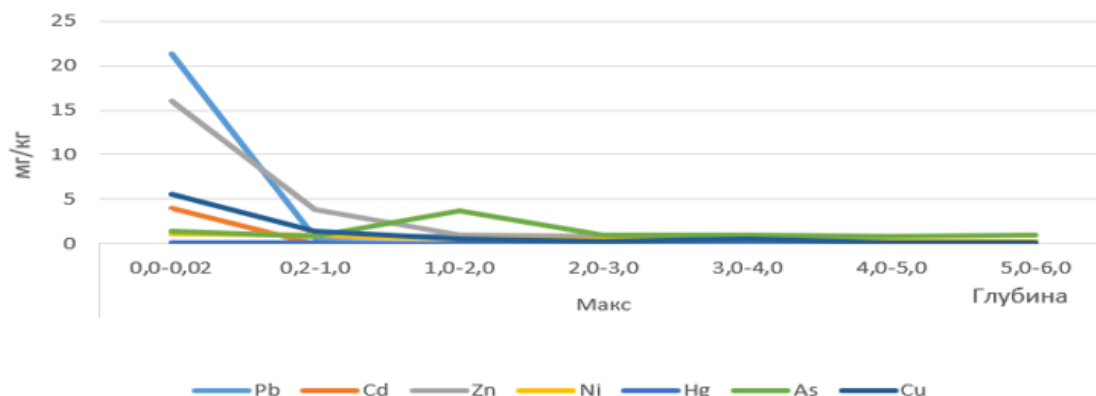


Рисунок 1. Распределение максимальных концентраций тяжелых металлов в зависимости от глубины

Факторами, определяющими распределение тяжелых металлов на поверхности, являются структура потока и интенсивность движения машин, наличие большого количества светофоров, уровень озелененности территории, направление потока ветра, возраст и характер застройки, и прочее [4].

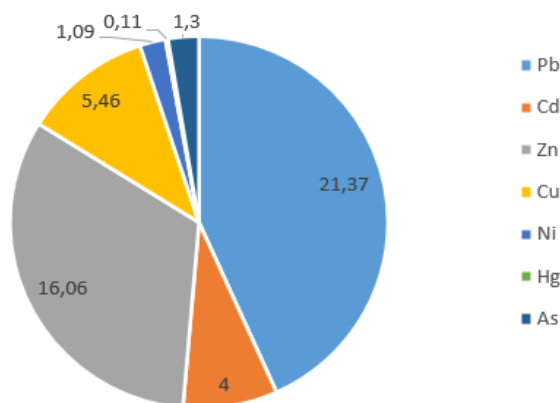


Рисунок 2. Распределение тяжелых металлов в верхнем слое почвы 0,0-0,02 м

Результаты исследования содержаний показали присутствие бенз(а)пирена в пробах почвенного покрова и грунтах в сотых долях мкг/кг (рис. 3).

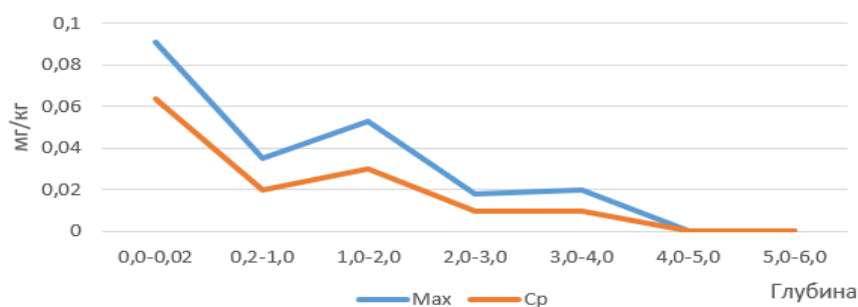


Рисунок 3. Распределение максимальных и средних концентраций бенз(а)пирена в зависимости от глубины

В соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» и МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест» категория загрязнения почв и грунтов 3,4-бенз(а)пиреном в слоях расположенных на глубине 0,0-0,2 и 1,0-2,0 метра считается опасной, в остальных – допустимой или чистой.

Выводы

Таким образом, загрязнение тяжелыми металлами и бенз(а)пиреном изменяется с глубиной, концентрация постепенно уменьшаясь. В частности, почвы и грунты исследуемой территории в поверхностном слое на глубине от 0,0-0,2 метра относятся к чрезвычайной категории загрязнения, в слоях 0,2-1,0 и 1,0-2,0 к опасной и допустимой в зависимости от местонахождения, во всех остальных слоях – к допустимой и чистой. Основным источником поступления на рассматриваемый участок является автомобильный транспорт, а также близкое расположение к промышленным районам города.

Благодарности

Выражаю благодарность за помощь в написании и редактировании статьи старшему преподавателю кафедры экологии и природопользования МГРИ Савушкиной Екатерине Юрьевне.

Библиография

1. Горшкова П.П., Лавренникова О.А. Загрязнение почв тяжелыми металлами // Символ науки. - 2023. - №2. - С. 19-20.
2. Иванов В.С., Черкасова О.А. Роль промышленных предприятий в формировании загрязнения почвенного покрова кобальтом, медью, свинцом // Гигиена и экология. - 2011. - С. 143-150.
3. Максимова О.А., Горяинов С.В., Самохина К.Е. Определение содержания бенз(а)пирена в почвах ЮАО г. Москвы // Вестник РУДН. - 2014. - №1. - С. 56-62.
4. Сухоносенко Д.С. Исследования характера загрязнения почвы цинком и кадмием вдоль автомобильных дорог города Волжского // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. - 2023. - №2. - С. 121-129.
5. Теплая Г.А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды // Астраханский вестник экологического образования. - 2013. - №1. - С. 182-192.

Использование спектральных индексов для оценки состояния вод Авачинской бухты

Королькова А.И.* (МГРИ, korolkovaa94@gmail.com),
Иванов А.А. (МГРИ, ivanovaa@mgri.ru)

Аннотация

В данной работе рассматривается применение спектральных индексов NDTI, IGB, SABI и TSI для оценки состояния вод Авачинской бухты. Исследование направлено на выявление пространственно-временной динамики показателей прозрачности, цветности и уровня эвтрофикации на основе данных дистанционного зондирования. Анализ индексов позволяет определить степень загрязнения водоема, оценить влияние антропогенных факторов и природных процессов на экосистему бухты. Полученные результаты могут быть использованы для мониторинга качества воды и разработки мер по ее охране.

Ключевые слова

Дистанционное зондирование, спектральные индексы, мутность воды, эвтрофикация

Теория

Авачинская бухта – одна из крупнейших бухт Камчатки, расположенная рядом с Петропавловском-Камчатским и подвергающаяся сильному антропогенному воздействию. Значительное влияние оказывают стоки рек Авача и Паратунка [1]. Для мониторинга морской среды применяются методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), позволяющие определять мутность воды, содержание хлорофилла и температуру поверхности. Спутниковые системы, такие как Sentinel-2, обеспечивают возможность получения мультиспектральных изображений, на основе которых рассчитываются спектральные индексы. Изображение Авачинской бухты в натуральных цветах R, G, B приведено на рисунке 1. Эти индексы представляют собой математические комбинации яркости в различных спектральных каналах (синий, зеленый, красный, ближний инфракрасный).

1. IGB – индекс цвета. Расчётная формула: $IGB = GREEN * BLUE$ [4]

2. NDTI – нормализованный разностный индекс мутности. Расчетная формула:
$$\frac{RED - GREEN}{RED + GREEN};$$

Индексы I_{gb} и NDTI вычисляются на основе пространственных распределений коэффициентов спектральной отражательной способности морской поверхности (R_{rs}) в каналах с длинами волн 488 нм, 555 нм и 667 нм (синей, зелёной и красной области спектра соответственно).

3. TSI – трофический индекс. Индекс TSI вычисляется на основе пространственных распределений концентрации хлорофилла-а (Chl-a). Формула расчёта индекса: $TSI_{Chl.a} = 9.7552 \ln(Chl-a) + 30.913$, где Chl-a – содержание в воде хлорофилла-а, мг/м³.

4. SABI – индекс цветения поверхностных водорослей. Расчетная формула: $\frac{(NIR - RED)}{(BLUE + GREEN)}$, где NIR – ближний ИК.

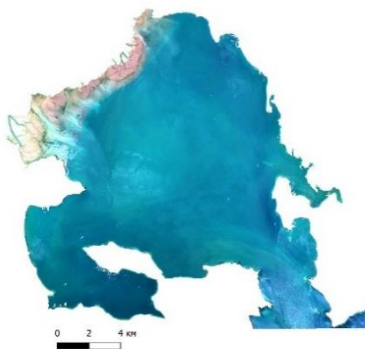


Рисунок 1. Мультиспектральное изображение, в комбинации каналов R, G, B, Авачинской бухты полученное со спутника Sentinel-2

Результаты. Динамика индекса IGB в Авачинской бухте стабильна. Наиболее высокие значения индекса зарегистрированы в июне 2013 года. В долгосрочной перспективе исследуемая акватория характеризуется положительным трендом содержания различных взвесей, а также концентраций растворенных органических веществ (рисунок 2,3).



Рисунок 2. Временная динамика индекса IGB в Авачинской бухте

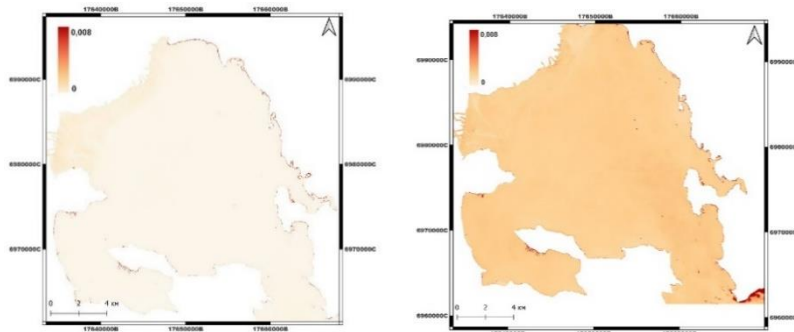


Рисунок 3. Карты пространственного распределения спектрального индекса IGB в Авачинской бухте в июле 2019 г. и сентябре 2021 г.

Значения индекса NDTI в наблюдаемой бухте изменчивы, что свидетельствует о различной степени мутности в разные месяцы и годы. Наиболее сильная межгодовая изменчивость наблюдается в летне-осенний сезон (июнь-сентябрь). Наиболее высокие значения индекса в Авачинской бухте зарегистрированы в июле 2019 г. и сентябре 2021 г. В долгосрочной перспективе исследуемые акватории характеризуются положительным трендом изменения индекса – как следствие, постепенным повышением мутности вод (рисунок 4).

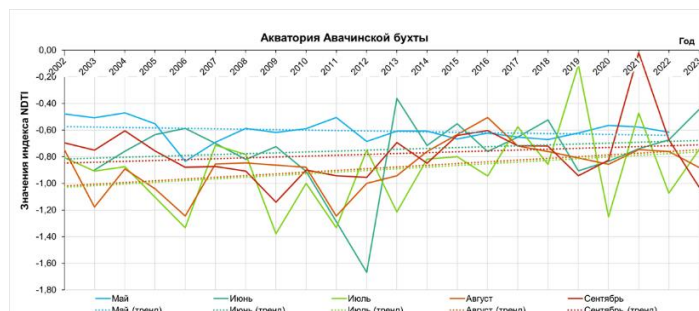


Рисунок 4. Временная динамика индекса NDTI в Авачинской бухте

Построенные карты пространственного распределения индекса NDTI за некоторые годы, показали, что основная область повышенной мутности возникает в дельте рек Авача и Паратунка и прибрежных частях Авачинской бухты (рис. 5).

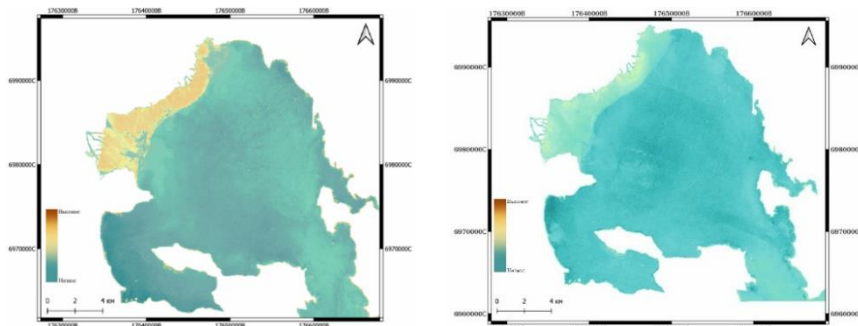


Рисунок 5. Карты пространственного распределения индекса NDTI в Авачинской бухте в июле 2019 и 2021 года

Индекс TSI в акватории в среднем демонстрирует значения от 30 до 70 у.е. В Авачинской бухте в августе 2022 года зарегистрировано рекордное увеличение значений индекса. Наиболее высокие значения индекса в Авачинской бухте зарегистрированы в августе и июле. В долгосрочной перспективе акватория Авачинской бухты характеризуется положительным трендом трофического индекса, что обуславливает риски эвтрофикации данного водного объекта (рисунок 6).



Рисунок 6. Временная динамика индекса TSI в Авачинской бухте

Для оценки эвтрофикации бухты в пространственном отношении построены карты индекса SABI (рис. 7).

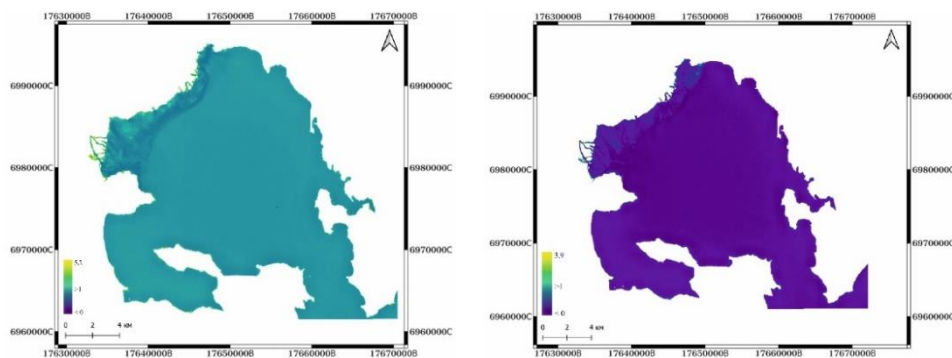


Рисунок 7. Карты пространственного распределения спектрального индекса SABI в Авачинской бухте в июле 2019 и 2021 г.

Выводы

Основные зоны повышенной мутности и эвтрофикации сосредоточены в дельтах рек Авача и Паратунка, что свидетельствует о значительном влиянии речного стока на состояние бухты. Наибольшие значения мутности и эвтрофикации наблюдаются в летне-осенний период (июнь-сентябрь), что может быть связано с активным цветением водорослей, усилением антропогенного воздействия и сезонными изменениями гидрологических условий.

Библиография

1. Захарков Сергей Петрович, Лепская Екатерина Викторовна, Тепнин Олег Борисович, Штрайхерт Елена Аркадьевна, Гордейчук Татьяна Николаевна первичная продукция Авачинской бухты летом 2017 г. // вестник дво ран. 2020. №1 (209).
2. Кравцова, А. В. Характеристика экологического состояния Аргазинского водохранилища методом спектральных индексов / А. В. Кравцова, К. Д. Ваулина // Географическое пространство: сбалансированное развитие природы и общества: Материалы III Международной научно-практической конференции, Челябинск, 13–15 октября 2023 года. – Челябинск: Общество с ограниченной ответственностью "Край Ра", 2023. – С. 124-131.
3. Курганович Константин Анатольевич спутниковый мониторинг процессов эвтрофирования участка трансграничной р. Аргунь (Хайлар) с использованием спектрального индекса цветения поверхностных водорослей (SABI), по данным дистанционного зондирования Landsat // Вестник ЗабГУ. 2022. №7.
4. Bondur V., Zamshin V. Study of Intensive Anthropogenic Impacts of Submerged Wastewater Discharges on Marine Water Areas Using Satellite Imagery // J. Mar. Sci. Eng. 2022. Vol. 10. № 11. 1759 p.

Содержание биогенных элементов (P, N, SiO₄) в воде Черного моря в 2008-2023 гг.

Куканков В.В. (МГРИ, Vladkuka614@mail.ru),
Буфетова М.В. (МГРИ, mbufetova@mail.ru)*

Аннотация

В работе анализируется содержание биогенных элементов (P, N, SiO₄) в воде Черного моря в 2008-2023 гг. (район Кавказского побережья). Рассмотрены основные источники поступления данных веществ в морскую экосистему, их пространственное распределение и влияние на гидрохимические параметры. Приведен сравнительный анализ концентрации биогенных элементов в прибрежных водах различных районов Черного моря. Обсуждаются возможные экологические риски, вызванные изменением уровня загрязнения, и предлагаются меры по его снижению.

Ключевые слова

Черное море, загрязнение воды, биогенные элементы, фосфор, азот, кремний

Введение

Черное море является внутренним водоемом, соединенным с Мраморным морем через Босфор и Дарданеллы, а с Азовским морем — через Керченский пролив. Важную роль в его гидрологическом режиме играют притоки пресных вод крупных рек, таких как Дунай, Днепр и Дон, а также интенсивный водообмен с прилегающими морями, достигающий миллионов кубических метров в год. Это влияет на солевой баланс и биохимический состав водных масс.

Циркуляция вод зависит от стока рек, создающего градиенты солености и температуры. Приток пресных вод с запада приводит к заметным различиям в солености между западной и восточной частями моря. Среднегодовая температура поверхностного слоя колеблется от 8 до 16 °С, зимой опускаясь ниже 5 °С на севере, а летом достигая 25 °С на юге [4].

Черное море имеет специфическую гидрологическую структуру с верхним смешанным слоем, термоклином и глубинным сероводородным слоем. Верхний слой, насыщенный кислородом, обитает множество морских организмов, в то время как сероводородная зона ниже него является анаэробной и лишена высшей морской жизни, за исключением микроорганизмов. Летнее температурное расслоение и зимнее перемешивание водных масс способствуют динамике водообмена между слоями.

Черное море имеет выраженную стратификацию: верхний слой (до 150–200 м) насыщен кислородом, а ниже находится сероводородная зона, где не обитают аэробные организмы. В прибрежной зоне Кавказа колеблются концентрации биогенных элементов (фосфаты, аммонийный и нитритный азот), что связано с антропогенной нагрузкой и естественными процессами. Гидрохимические характеристики вод изменяются под влиянием стоков рек и морских течений.

Методы и материалы исследования

В работе были использованы данные о концентрации фосфатов (PO₄), аммонийного (NH₄) и нитритного (NO₂) азота, а также содержание кремния (SiO₄) в прибрежных водах Черного моря в 2008-2023 гг., предоставленные ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н. Н. Зубова в рамках сотрудничества с кафедрой экологии и природопользования Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе (МГРИ). Для анализа гидрохимического состава вод Черного моря использованы данные мониторинга за включающие информацию о концентрации биогенных элементов в прибрежных районах Кавказа. Значения исследуемых элементов

представлены в виде средних и максимальных значений, что позволяет проследить долгосрочные тренды изменения качества вод. Для анализа проб воды применялись современные методы спектрофотометрии, газовой и ионной хроматографии. Параллельно проводились наблюдения за изменением температуры, солености, уровня растворенного кислорода, что позволило провести комплексный анализ состояния водных масс.

Основными источниками биогенных элементов в Черном море являются речной сток, атмосферные осадки, деятельность портов и промышленных предприятий, а также процессы морской биологической продуктивности. Влияние оказывает также сельскохозяйственная и коммунально-бытовая деятельность, приводящая к поступлению в море соединений азота и фосфора. Сточные воды мегаполисов и курортных городов, таких как Сочи, Анапа и Новороссийск, вносят значительный вклад в загрязнение прибрежных зон.

Данные мониторинга показывают значительные колебания концентрации биогенных веществ. Анализ усреднённых данных о содержании SiO_4 на Черноморском побережье с 2008 по 2023 годы показал значительные колебания уровней этого вещества, с критическими превышениями в определенные годы и положительными изменениями в последние годы. В 2010 году в Сочи было зафиксировано критическое превышение уровня SiO_4 , составившее 1692 мкг/дм³, что значительно превышает предельно допустимые концентрации (ПДК) как для морской воды (1000 мкг/дм³). Аналогичная ситуация наблюдалась в 2017 году, когда уровень SiO_4 в Сочи достиг 1154 мкг/дм³. В период с 2008 по 2014 годы большинство значений по содержанию SiO_4 в различных городах Черноморского побережья находились в пределах ПДК для рыбохозяйственных целей. Однако в Туапсе были зафиксированы случаи превышения ПДК для морской воды. В 2015-2016 годах наблюдалось общее снижение уровней SiO_4 , все значения оставались ниже ПДК, что свидетельствует о положительных изменениях в экологии региона. С 2018 по 2023 годы уровень SiO_4 продолжал снижаться, и все значения в большинстве городов находились в пределах допустимых норм.

Согласно данным о средних концентрациях нитритного азота (NO_2) в морской воде на Черноморском побережье России с 2008 по 2023 год, наблюдается тенденция к увеличению уровней загрязнения. В 2008 году средние значения NO_2 составляли 2,6 мкг/дм³, однако к 2023 году этот показатель возрос до 5,0 мкг/дм³. Наиболее высокие уровни были зафиксированы в Туапсе, где в 2023 году концентрация достигла 7,7 мкг/дм³. При этом предельно допустимая концентрация (ПДК) для морской воды составляет 20 мкг/дм³, что позволяет считать, что все зафиксированные уровни находятся ниже этой нормы. Хотя уровни NO_2 в исследуемых районах ниже этой нормы, тем не менее, наблюдаемое увеличение концентраций вызывает определенные опасения. Уровень NO_2 в Туапсе в 2023 году, хотя и остается ниже ПДК, подчеркивает необходимость постоянного контроля за загрязнением и потенциальные риски для экосистемы и здоровья морских организмов.

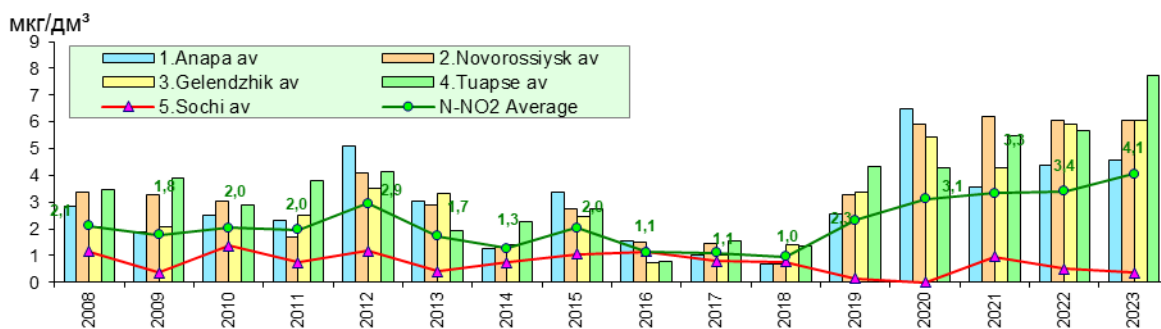


Рисунок 1. Средняя концентрация нитритного азота N-NO_2 (мкг/дм³) в поверхностном слое вод прибрежных районов российской части Черного моря

Анализ данных по средним концентрациям фосфатов (PO_4) в водах черноморского побережья, показывает значительные колебания в течение 2008-2023 годов. Наиболее высокие уровни были зафиксированы в 2015 году, когда значения достигли 55,1 мкг/дм³ в Анапе и 57,8 мкг/дм³ в Новороссийске. Хотя эти показатели не превышают предельно допустимые концентрации (ПДК) для морской воды, установленную на уровне (150 мкг/дм³), они все же указывают на возможное загрязнение водоемов и негативное воздействие на экосистему. В последующие годы наблюдается тенденция к снижению концентраций, особенно в 2020-2021 годах, когда значения варьировались от 1,5 до 11,0 мкг/дм³, что также остается в пределах ПДК. Однако в 2022 и 2023 годах концентрации снова возросли, особенно в Туапсе и Сочи, где значения достигли 19,3 и 19,9 мкг/дм³ соответственно. Это подчеркивает необходимость постоянного мониторинга и контроля качества воды, чтобы предотвратить дальнейшее ухудшение состояния экосистемы Черного моря. Сравнение с ПДК показывает, что необходимо принимать меры для снижения уровня фосфатов, чтобы защитить морскую среду и прибрежные экосистемы.

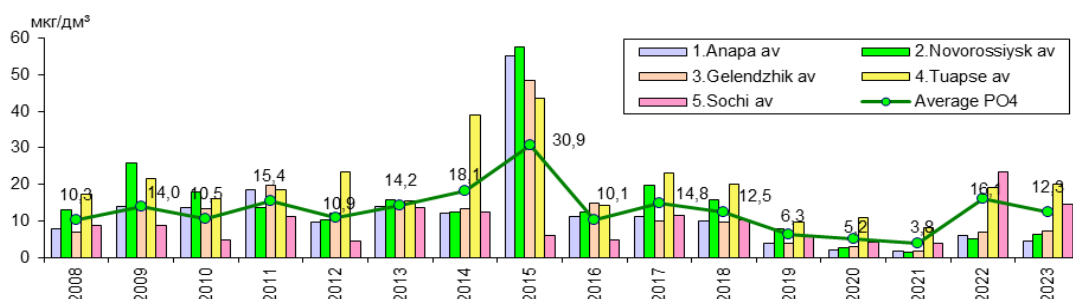


Рисунок 2. Средняя концентрация неорганического фосфора P- PO_4 (фосфаты, мкг/дм³) в прибрежных водах Кавказского побережья

Анализ средних концентраций аммония (NH_4) в водах Черного моря за период с 2008 по 2023 годы показывает значительные колебания. В 2008-2014 годах концентрации аммония варьировались от 28,9 до 78,2 мкг/дм³, с пиковыми значениями в 2014 году. В 2015-2016 годах наблюдается резкий рост, особенно в Новороссийске (173,7 мкг/дм³) и Геленджике (146,7 мкг/дм³) в 2016 году, что является тревожным сигналом о возможном загрязнении. С 2017 по 2023 годы концентрации значительно снизились, достигнув минимальных значений в 2020 году (1,7 мкг/дм³ в Сочи). Однако в 2023 году наблюдается увеличение, особенно в Анапе (101,8 мкг/дм³) и Новороссийске (117,6 мкг/дм³). ПДК для аммония в морской воде составляет (500 мкг/дм³). В последние годы, несмотря на снижение концентраций, показатели в Анапе и Новороссийске требуют внимательного контроля. Данные о концентрациях аммония подчеркивают необходимость постоянного мониторинга и принятия мер по улучшению качества воды. Увеличение уровней аммония в определенные годы указывает на возможные источники загрязнения, которые могут негативно сказаться на экосистеме и рыбном хозяйстве региона [3].

Высокие концентрации биогенных веществ могут оказывать значительное влияние на экосистему, вызывая вспышки развития фитопланктона (эвтрофикацию), что приводит к уменьшению кислорода в воде и ухудшению условий для жизни морских организмов [2].

В разных районах Кавказского побережья концентрации биогенных элементов различаются, что обусловлено различными источниками их поступления, гидрологическими особенностями, а также степенью антропогенной нагрузки. В районе Анапы зафиксированы наибольшие средние концентрации нитритного азота (до 7,95 мкг/дм³) и аммонийного азота (до 8,5 мкг/дм³). Высокие концентрации этих элементов объясняются значительным притоком

речных вод, богатых биогенными веществами, а также интенсивной хозяйственной деятельностью в этом регионе.

Сезонные изменения также влияют на концентрации биогенных элементов. Осенью наблюдается увеличение скорости окисления органического вещества, что приводит к снижению его содержания в 1,5–3 раза по сравнению с летним периодом как в поверхностном, так и в придонном слоях. Это связано с усилением деструкционных процессов и снижением первичной продукции в осенний период.

Выводы

Анализ данных за 2008–2023 гг. показал, что гидрохимическая обстановка в прибрежных водах Кавказского побережья Черного моря остается изменчивой под воздействием природных и антропогенных факторов. Основными источниками биогенных элементов являются речной сток, атмосферные осадки и хозяйственная деятельность. При этом интенсивность загрязнения варьируется в зависимости от сезона, прибрежных течений и объемов антропогенных выбросов.

Речной сток является важным фактором, определяющим химический состав прибрежных вод, внося в них соединения азота, фосфора и других биогенных элементов. Атмосферные осадки, содержащие продукты горения топлива и выбросов промышленных предприятий, способствуют накоплению загрязняющих веществ в водах Черного моря. Деятельность портов и судоходства, включая разливы нефти, сброс сточных вод и утечки нефтепродуктов, также оказывает значительное влияние на уровень загрязнения.

Динамика концентрации нитритного и аммонийного азота, фосфатов и кремния отражает степень антропогенной нагрузки на экосистему, демонстрируя четкие тенденции к увеличению в районах крупных населенных пунктов. В отдельных районах зафиксированы превышения предельно допустимых концентраций, что свидетельствует о высоком уровне загрязнения, требующем немедленных мер по сокращению поступления загрязняющих веществ в акваторию.

В связи с этим возникает необходимость регулярного мониторинга состояния прибрежных вод, внедрения новых технологий очистки сточных вод и реализации экологических программ по снижению уровня загрязнения. Только комплексный подход к управлению водными ресурсами позволит уменьшить негативное воздействие на морскую экосистему и сохранить биологическое разнообразие Черного моря.

Благодарности

Авторы выражают благодарность заведующему отделом мониторинга морской среды ГОИН А. Н. Коршенко за предоставление данных для проведения исследования.

Библиография

1. Цапкова, А. В. Оценка экологического состояния акватории портовой зоны г. Туапсе / А. В. Цапкова, А. Г. Варламова // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам 77-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2021 год. В 3-х частях, Краснодар, 01 марта 2022 года / Отв. за выпуск А.Г. Коцаев. Том Часть 1. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. – С. 188–190.
2. Павлов, И. Е. Вклад экологических основ в политико-правовые международные отношения в Черноморском бассейне / И. Е. Павлов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – № 11(149).

3. Диагноз состояния экосистемы Черного моря и зоны сопряжения суши и моря: сборник трудов научной конференции, Севастополь - пос. Кацивели (Крым), 29 сентября – 03 1997 года. – Севастополь - пос. Кацивели (Крым): ЭКОСИ-Гидрофизика, 1997. – 202 с.
4. Иванчик, А. М. структура автоматической системы диагноза и прогноза состояния черного моря / А. М. Иванчик, М. В. Иванчик // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2009. – № 19. – С. 189-198.
5. Коршенко, А. Н. Гидрохимический мониторинг вод Черного и Азовского морей в Российской Федерации / А. Н. Коршенко // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2013. – № 27. – С. 23-31.

***Геоэкологические аспекты инженерно-экологических изысканий по объекту:
«Гостиничный комплекс» в г. Дербент***

***Пастушкова А.А. * (МГРИ, pastushkovaa.n@mail.ru),
Лаврусевич А.А. (МГРИ, lavrusevich@yandex.ru)***

Аннотация

В работе анализируются результаты инженерно-экологических изысканий по объекту «Гостиничный комплекс» в г. Дербент. Проведены оценки качества вод Каспийского моря прилегающей территории и радиологической обстановки территории исследования. Обсуждаются возможные негативные воздействия на окружающую среду в период строительства и эксплуатации сооружения и предлагаются меры по их снижению.

Ключевые слова

Инженерно-экологические изыскания, Каспийское море, радиологическая обстановка

Введение

Город Дербент, расположенный на побережье Каспийского моря, является одним из древнейших городов России и обладает уникальным историко-культурным наследием. Благодаря своим богатым рекреационным ресурсам город является одним из перспективных центров на юге России для развития туризма и отдыха.

В последние годы в республике Дагестан все больше внимания уделяется вопросам туристско-рекреационного развития, одной из главных целей при этом является повышение туристического значения древнего города Дербента. В городе расположено множество разнообразных архитектурных памятников, но посещение города туристами сдерживает несколько факторов, среди которых неразвитость инфраструктуры, сервиса, недостаточна гостиничная емкость, ошутима острая нехватка квалифицированных кадров в сфере обслуживания, слабо развито экскурсионное дело [3]. Также территория города сталкивается с рядом экологических проблем, связанных с техногенезом (урбанизацией, изменением ландшафтов, загрязнением водных объектов, ухудшением качества воздуха и др).

Важно учитывать, что строительство гостиничного комплекса может оказать значительное воздействие на экосистему прилегающей территории, включая как наземные, так и морские экосистемы, которые уже подвержены различным угрозам, связанным с загрязнением окружающей среды и изменением климата.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки устойчивых и экологически безопасных решений для строительства, которые будут способствовать сохранению природного наследия Дербента и обеспечению комфортных условий для проживания и отдыха туристов.

Методы и материалы исследования

В работе были использованы данные инженерно-экологических изысканий, которые проводились летом 2024 г. на участке предполагаемого размещения объекта, а также прилегающей территории для изучения общих природных и техногенных условий. В рамках исследования проводились оценки качества атмосферного воздуха, характера и уровня загрязнения почв, радиационной обстановки, загрязнения поверхностных и подземных вод, вредных физических факторов.

Участок изысканий находится в границах водоохранной зоны Каспийского моря, в связи с чем был произведен отбор поверхностных вод из данного водного объекта согласно п. 5.24.3 СП 502.1325800.2021. С целью оценки качества воды в исследуемом водном объекте была отобрана 1 проба из поверхностного слоя (0,2 м). Содержание исследуемых компонентов

и величины рН в исследуемой пробе воды представлены в таблице 1. Превышения в таблице отмечены красным цветом. В результате анализа качества воды в исследуемых пробах было установлено, что вода в пробе №1 не соответствует СанПиН 1.2.3685-21 по содержанию свинца и кадмия. Данное превышение может быть обусловлено поступлением токсичных веществ в прибрежную зону со сточными водами промышленных предприятий, сельскохозяйственных угодий, животноводческих ферм, а также автомобильных дорог [1]. Кроме того, слабая растворимость свинца обуславливает его поступление с речным стоком во взвешенном состоянии [2]. В качестве минимизации негативного воздействия от эксплуатации объекта на экосистему Каспийского моря необходимо предусмотреть подключение выхода сточных вод гостиничного комплекса к системе очистных сооружений г. Дербент. В период строительства – предусмотреть комплекс экологических мероприятий, направленных на снижение степени загрязнения поверхностного стока, инфильтрующегося в подземные воды, и предотвращающих перенос загрязнителей с участка строительства на сопредельные территории. Например, производство работ строго в отведенной зоне, упорядоченная транспортировка и складирование сыпучих и жидких материалов, благоустройство строительных площадок после окончания производства работ.

Таблица 1. Содержание химических компонентов в водах Каспийского моря на прилегающей к объекту территории

Показатель	Проба №1	ПДК СанПиН 1.2.3685-21
Водородный показатель, ед. рН	7,03	6,0 - 9,0
Взвешенные вещества, мг/дм ³	125	-
Цветность, градусы	26,3	-
Мутность, ЕМФ	2,27	-
Интенсивность запаха при температуре 20°C, баллы	1	-
Интенсивность запаха при температуре 60°C, баллы	2	-
Прозрачность, см	1,6	-
Общий азот, мг/дм ³	1,02	-
Кремний, мг/дм ³	0,35	25
Фосфат-ионы, мг/дм ³		-
Общий фосфор, мг/дм ³	<0,013	-
Фенолы, мг/дм ³	<0,005	-
Бенз(а)пирен, мг/дм ³	<0,0000005	0,00001
Растворенный кислород, мгО ₂ /дм ³	4,62	> 4,0
Медь, мг/дм ³	0,095	1,0
Свинец, мг/дм ³	0,012	0,01
Никель, мг/дм ³	0,009	0,02
Цинк, мг/дм ³	0,003	1,0
Мышьяк, мг/дм ³	<0,005	10
Ртуть, мг/дм ³	<0,0001	0,0005
Кадмий, мг/дм ³	0,002	0,001
Хром, мг/дм ³	<0,005	0,05
Нитрит-ионы, мг/дм ³	<0,003	3,0
Нитрат-ионы, мг/дм ³	0,121	45
Азот аммонийный, мг/дм ³		2,0
Биохимическое потребление кислорода (БПК ₅), мгО ₂ /дм ³	6,96	-
Нефтепродукты, мг/дм ³	<0,04	-
АПАВ, мг/дм ³	<0,01	-

ПДК приняты согласно табл. 3.1, 3.13 СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

Исследования радиационной обстановки на территории строительства гостиничного комплекса в г. Дербент обусловлена необходимостью обеспечения безопасных условий для будущих пользователей и работников данного объекта. В состав радиологических исследований для выявления и оконтуривания радиационных аномалий включались: измерение мощности эквивалентной дозы гамма-излучения на прилегающей территории и оценка загрязнения грунтов радионуклидами.

Объём исследований выбран с учётом нормативной документации, расположения природных условий участка. Количество точек измерения мощности дозы гамма-излучения в контрольных точках принято в соответствии с п. 7.1.12.1 СП 502.1325800.2021, п.5.2.2 и 5.3 МУ 2.6.1.2398-08 и составляет не менее 10 точек на 1 га. Для измерений использовались такие средства, как переносной гамма-спектрометр «ПРОГРЕСС Г (П)», измеритель параметров микроклимата «Метеоскоп-М», дозиметр ДКГ-02У «АРБИТР». Определение мощности дозы гамма-излучения и выявление локальных радиационных аномалий на земельных участках, отводимых под строительство, реконструкцию жилых, общественных и производственных зданий и сооружений, проводились в два этапа, согласно МУ 2.6.1.2398-08, п.5. По результатам гамма-съёмки на участке не выявлено зон, в которых показания радиометра в 2 раза или более превышают среднее значение, характерное для остальной части земельного участка, а также мощность дозы гамма-излучения не превышает 0,3 мкЗв/ч на земельных участках под строительство жилых и общественных зданий, согласно СП 2.6.1.2612-10 (ОСПОРБ 99/2010), п. 5.1.6, таким образом, локальные радиационные аномалии на обследованной территории отсутствуют.

Для гамма-спектрометрического анализа грунта на исследуемом участке производился отбор 3-х объединённых проб из поверхностного слоя с глубины 0,0 – 0,2 м, одной пробы донных отложений с глубины 0,0 – 0,2 и 8-и проб из инженерно-геологических скважин с глубин 0,2-1,0; 1,0-2,0; 2,0-3,0; 3,0-4,0. Гамма-спектрометрический анализ образцов грунта включал определение удельной активности содержащихся в грунтах радионуклидов: естественных – Ra-226 (радий), Th-232 (торий), K-40 (калий) и техногенных – Cs-137 (цезий). Значение эффективной удельной активности (Аэфф) природных радионуклидов в почвах и грунтах, отобранных в пределах участка, предназначенного для строительства жилых и общественных зданий (I класс), согласно СП 2.6.1.2612-10 (ОСПОРБ 99/2010) п.5.1.5, не превышает 370 Бк/кг.

Таблица 2. Результаты измерений, усредненные по объекту исследования и контрольные уровни (КУ)

Виды измерений		Диапазон варьирования	Среднее значение	КУ
МЭД гамма-излучения на участке, мкЗв/ч		0,08-0,12	0,09	0,3
Удельная активность ЕРН и ¹³⁷ Cs, Бк/кг	²²⁶ Ra	<15-19,42	15,70	-
	²³² Th	<15	<15	-
	⁴⁰ K	255,7-377,0	333,5	-
	¹³⁷ Cs	<8	<8	-
Эффективная удельная активность, Бк/кг		26,48-68,40	47,14	370

По результатам проведенных исследований можно сделать выводы о радиационных условиях в пределах данной территории. Гамма-фон на участке не отличается от присущего данной местности естественного гамма-фона в пределах ошибки измерений и естественных колебаний, обусловленных его космической составляющей и статистическим разбросом. Локальных радиационных аномалий на участке также не обнаружено. Исследуемый участок соответствует требованиям санитарных правил и гигиенических нормативов по мощности дозы гамма-излучения для строительства любых объектов без ограничений. По результатам гамма-спектрометрического анализа грунта радиоактивное загрязнение на участке отсутствует и грунт может вывозиться и использоваться без ограничений.

Основными негативными воздействиями на окружающую среду в процессе строительства объекта, являются нарушения почвенно-растительного покрова, гидрогеологического режима, естественного залегания грунтов, проявление барражного эффекта, ухудшение местообитания животных и птиц, изменение ландшафтов, а также ветрового и солнечного режима на прилегающей территории. Техногенное воздействие на почвы, возникающие в процессе строительства, связано с выполнением подготовительных работ при этом наибольшее значение имеет механическое повреждение поверхности почвы, вызванное движением строительной техники и транспортных средств. Химическое воздействие на почву от выхлопных газов строительной техники и транспорта, учитывая короткий срок строительства, постоянное перемещение источников загрязнения и хорошую вентиляцию местности, будет незначительным и не приведет к образованию устойчивых аномалий токсичных микроэлементов. Однако для минимизации негативного влияния на состояние земельных ресурсов, растительность и животный мир проект должен предусматривать благоустройство территории. Для защиты почвенного покрова во время строительных работ необходимо реализовать ряд мероприятий, направленных на предотвращение загрязнения почвы, а также поверхностных и подземных вод нефтепродуктами на строительной площадке.

Выводы

В результате проведенных инженерно-экологических изысканий по объекту «Гостиничный комплекс» в г. Дербент были получены важные данные о состоянии окружающей среды, включая качество вод Каспийского моря прилегающей территории и радиологическую обстановку на исследуемом участке. Анализ показал, что в процессе строительства могут возникнуть негативные воздействия на экосистему территории строительства, что требует особого внимания и разработки эффективных мер по их минимизации. Предложенные меры включают решение вопроса вывода сточных вод, проведение экологических мероприятий, направленных на снижение степени загрязнения поверхностного стока, и благоустройство территории. Эти действия направлены на защиту водных ресурсов и сохранение биологического разнообразия региона. Кроме того, регулярный мониторинг состояния экосистемы позволит своевременно выявлять изменения окружающей среды, что обеспечит возможность оперативного реагирования и корректировки мероприятий по ее сохранению. Таким образом, результаты изысканий подчеркивают необходимость комплексного подхода к проектированию и реализации строительных объектов, учитывающего экологические аспекты и направленного на минимизацию негативного воздействия на окружающую среду.

Библиография

1. Водные ресурсы Дагестана: состояние и проблемы / Отв.ред. И.М. Сайпулаев, Э.М. Эльдаров. – Махачкала, 1996. –180 с.

2. Ережеп Г., Исабекова Н.А., Америкбеков Е.У., Еримбетова А.А., Каримсаков К.Е., Ержигит А.П., Мырзахметова А.Ж. ЗАГРЯЗНЕНИЕ КАСПИЙСКОГО МОРЯ. // Материалы IX Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017038012?ysclid=m7k5prs22575936344> (дата обращения: 25.02.2025).

3. Казиханова Д. М., Мудуев Ш. С. Древний Дербент как перспективный центр туризма на юге России // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. Т. 10. № 3. 2016. С. 103-108.

Оценка качества атмосферного воздуха на примере г. Астаны и г. Алматы

Рифферт И.С. (МГРИ, isabella.ri@yandex.ru),
Щерба В.А. (МГРИ, shcherba_va@mail.ru)*

Аннотация

В статье проведён анализ экологического состояния атмосферного воздуха в городах Астана и Алматы на основе данных аналитического контроля. Также описана динамика трёх показателей: стандартного индекса (СИ), индекса загрязнённости атмосферы (ИЗА) и наибольшей повторяемости (НП). Результаты анализа выбросов загрязняющих веществ в атмосферу свидетельствуют о том, что источником, вносящим наибольший вклад в загрязнение воздушной среды городов Астана и Алматы, является автотранспорт, также значительную долю загрязнения составляют выбросы ТЭЦ и другие производства на территории и г. Алматы.

Ключевые слова

Индекс загрязнения атмосферы, стандартный индекс, окружающая среда, экологическая ситуация, ПДК

Теория

В настоящее время проблема загрязнения атмосферного воздуха становится все более актуальной и требует незамедлительных мер для ее решения. Состояние окружающей среды и ее влияние на здоровье населения являются важными аспектами общественного здоровья. Ухудшение экологической ситуации во многом связано с быстрым ростом городов и населения, индустриализацией и увеличением автотранспортного парка.

В данном исследовании приведена оценка качества атмосферного воздуха на примере двух крупнейших городов Казахстана - Астана и Алматы. Оба эти города имеют высокую плотность населения, интенсивный приток мигрантов и обширное промышленное производство. Оценка качества воздуха в данных городах является актуальной и важной задачей, поскольку именно здесь концентрируется большая часть проблем, связанных с загрязнением окружающей среды. Оценка качества атмосферного воздуха проводилась по данным «Информационных бюллетеней о состоянии окружающей среды Республики Казахстан» РГП «Казгидромет», а также по сведениям «Национальных докладов о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан», начиная с 2020 г. по январь 2025 г.

Для определения качества атмосферного воздуха был проведен сравнительный анализ. В качестве обязательных статистических показателей загрязнения воздуха применяются три характеристики качества: индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), стандартный индекс (СИ) и максимальная частота превышения предельно допустимой концентрации (НП).

В г. Астана наблюдения за состоянием атмосферного воздуха проводятся на 10 постах наблюдения, в том числе на 4 постах ручного отбора проб и на 6 автоматических станциях. Всего определяется до 25 различных показателей, таких как взвешенные частицы; диоксид серы; оксид углерода; диоксид азота; оксид азота; озон и другие, сероводород и другие [4].

В г. Алматы анализ качества атмосферного воздуха проводилась по данным РГП «Казгидромет» за 2020 по январь 2025 г. Наблюдения за состоянием атмосферного воздуха на территории г. Алматы проводятся на 16 постах наблюдения, в том числе на 5 постах ручного отбора проб и на 11 автоматических станциях. В целом по городу определяются те же 25 показателей, что и г. Астана [4].

Астана, столица Республики Казахстан, расположена на севере страны на берегах реки Есиль (Ишим). Климат города резко континентальный. Лето жаркое и сухое, зима морозная и долгая. Город располагается на степной равнине. Загрязнение воздуха в городе Астане обусловлено выбросами от автотранспорта, ТЭЦ, печного отопления частного сектора и промышленных предприятий, представляющих в основном малый и средний. По данным Бюро национальной статистики АСПР РК, в 2023 году в Астане насчитывалось 5 889 ед. стационарных источников выбросов загрязняющих веществ. Объем выбросов от стационарных источников в 2023 году составил 46,4 тыс. тонн.

Алматы – город республиканского значения и крупнейший населённый пункт Республики Казахстан. Расположен в юго-восточной части Казахстана у подножия северного склона Тянь-Шаньского хребта – Заилийского Алатау. Климат Алматы континентальный. Основными поставщиками загрязняющих веществ в атмосферный воздух являются теплоэнергоцентраль, автономные котельные, жилой частный сектор, использующий для отопления твердое топливо. Промышленное производство сконцентрировано преимущественно на выпуске строительных материалов, пищевых продуктов и напитков.

Анализ данных за период 2020–2025 (январь) гг. позволил выявить определенные закономерности в г. Астана. Основное загрязнение атмосферного воздуха столицы вызывают теплоэнергоцентраль, автономные котельные, частный сектор, использующий твердое топливо для отопления, и автотранспорт. В городе насчитывается 33 585 частных домов, из которых в среднем 80% отапливаются каменным углем, а 20% — дизельным топливом. Кроме того, согласно данным ГУ «Управление охраны окружающей среды и природопользования города Астана», в столице функционирует 2 813 предприятий, осуществляющих выбросы в окружающую среду, из которых около 260 имеют автономные котельные на своем балансе [1,2,3].

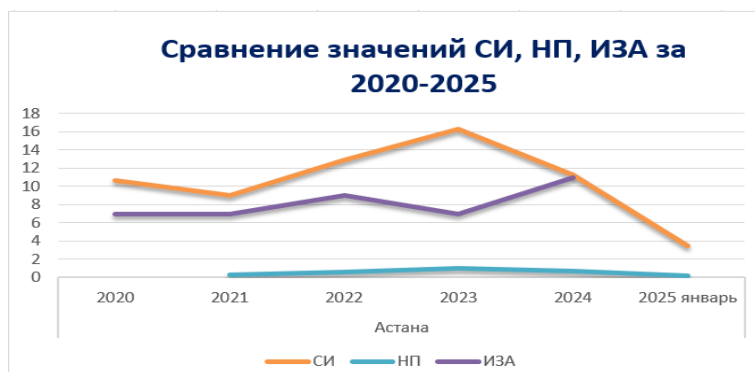


Рисунок 1. Качество атмосферного воздуха в г. Астана (Составлен по данным «Информационных бюллетеней о состоянии окружающей среды Республики Казахстан» за 2020-2025 гг.)

На графике представлено сравнение трех показателей качества атмосферного воздуха (СИ, НП, ИЗА) за период с января 2020 по январь 2025 года (рис. 1). Согласно данным Бюро национальной статистики РК, общий объем выбросов от стационарных источников загрязнения составил в 2020 году 62,4 тыс. тонн, в 2021 году — 62,2 тыс. тонн, а в 2022 году — 57,7 тыс. тонн. Стандартный индекс качества воздуха увеличивался с 2021 по 2023 год, достигнув максимума в 2023 году, после чего начал снижаться. В 2022 году в городе насчитывалось 5 512 стационарных источников выбросов, а общий объем выбросов от них составил 57,7 тыс. тонн. В январе 2025 года произошло резкое снижение этого показателя, что связано с реконструкцией ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 и переводом котлов на газовое топливо, что позволило уменьшить выбросы загрязняющих веществ [1,2,3].

Наибольшая повторяемость превышения ПДК – показатель оставался относительно стабильным с незначительными колебаниями в течение всего периода. Индекс загрязнения воздуха – стабильно держался на одном уровне до 2022 года, затем наблюдался небольшой спад в 2023 году, после чего произошло заметное повышение в 2024 году. В 2025 году этот показатель также снизился, так как на данный момент в Астане предпринимаются меры по снижению атмосферного загрязнения, включая газификацию частного сектора, модернизацию ТЭЦ для совместного сжигания угля и газа, посадку зеленых насаждений. ТЭЦ-1 с трубами высотой 100 и 120 метров гарантирует безопасное рассеивание выбросов.

Анализ графика качества атмосферного воздуха в городе Алматы (2020-2025) (рис. 2) показывает, что стандартный индекс с 2020 по 2021 год постоянно увеличивался.



Рисунок 2. Качество атмосферного воздуха г. Алматы (Составлен по данным «Информационных бюллетеней о состоянии окружающей среды Республики Казахстан» за 2020-2025 гг.)

Объём выбросов от этих источников в атмосферу города в 2020 году составил 44,5 тысячи тонн. На состояние атмосферы мегаполиса влияют также выбросы ТЭЦ-3, а также выбросы из пяти не газифицированных приграничных районов соседней области, где уровень газификации составляет менее 40%. В 2022 году число стационарных источников составляло – 8 179 единиц, что в дальнейшем поспособствовало снижению данного показателя. В 2023 году зафиксирован резкий скачок значений стандартного индекса, достигнув максимального значения. В 2024 году этот показатель снизился благодаря новой структуре по транспортной системе. К концу 2023 года в Алматы доля общественного транспорта, работающего на экологически чистом топливе, составила 1787 единиц (53,7%) от общего числа в 3292 единицы. Развитие транспортной инфраструктуры способствует улучшению экологической ситуации в мегаполисе.

В январе 2025 года снижение показателя продолжилось. Наибольшая повторяемость остается стабильным на протяжении всего срока наблюдений. Индекс загрязнения имеет стабильный показатель с незначительными изменениями. Небольшое снижение отмечено в 2022 году, затем происходит постепенный рост в 2024 году. На январь 2025 года значение стандартного индекса остается примерно на том же уровне.

Выводы

Результаты исследований показали, что городе Астана, в 2023 году наблюдалось ухудшение качества воздуха, особенно по показателю СИ, который достиг максимума. Вероятные причины изменения связаны с тем, что в 2023 году открылись ТЭЦ-3, Газовая тепловая станция «Юго-Восток», Первая очередь газовой тепловой станции «Туран». В 2024 году ИЗА повысился, что может свидетельствовать о росте загрязнения в холодный период

года. Загрязнение воздуха диоксидом азота свидетельствует о значительном вкладе в загрязнение воздуха от автотранспорта на загруженных перекрестках города. В январе 2025 года видно значительное снижение СИ и ИЗА, что может указывать на улучшение качества воздуха.

В городе Алматы в 2023 году наблюдалось резкое ухудшение качества воздуха по показателю СИ, что может быть связано с неблагоприятными погодными условиями, ростом выбросов от загруженности дорог и увеличением промышленной активности. Основными загрязняющими веществами были взвешенные частицы, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота. Причины образования загрязняющих веществ обусловлены строительством и реконструкцией зданий, промышленными и автомобильными выбросами. В 2024–2025 годах качество воздуха начало улучшаться по сравнению с предыдущими годами.

Библиография

1. Болат А.Н. Загрязнение атмосферного воздуха на территории Республики Казахстан // Молодой ученый. 2023. № 30 (477). - С. 26-31.
2. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2020 год. // среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2023 год // Министерство экологии и природных ресурсов Республики Казахстан. Нур-Султан, 2021 - 542 с.
3. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2023 год // Министерство экологии и природных ресурсов Республики Казахстан. Астана, 2024. - 415 с.
4. Об утверждении Гигиенических нормативов к атмосферному воздуху в городских и сельских населенных пунктах, на территориях промышленных организаций. Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 2 августа 2022 года № ҚР ДСМ-70. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 3 августа 2022 года № 29011. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/kaz212346.pdf> (дата обращения 25.02.2025).

***Оценка естественной защищенности грунтовых вод на территории
нефтегазоконденсатного месторождения о. Сахалин***

***Фомичева М.В.* (МГРИ, masha.fomicheva.03@mail.ru),
Экзарьян В.Н. (МГРИ, ekzaryanvn@mgri.ru)***

Аннотация

Данная работа посвящена оценке естественной защищенности грунтовых вод от потенциального загрязнения на основе данных, полученных в результате инженерно-экологических изысканий, проведенных на территории промплощадки, отведенной под строительство дожимной компрессорной станции с установкой подготовки газа на нефтегазоконденсатном месторождении о. Сахалин.

Оценка естественной защищенности грунтовых вод проведена на основе методики, обозначенной в СП 502.1325800.2021 «Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ».

Ключевые слова

Грунтовые воды, инженерно-экологические изыскания, нефтегазодобывающая промышленность, Сахалин

Введение

Нефтегазовая промышленность играет ключевую роль в экономике Сахалинской области, однако ее деятельность неизбежно связана с воздействием на компоненты окружающей среды.

Одно из наиболее важных направлений мировой водоохранной системы – защита подземных и грунтовых вод от загрязнения нефтепродуктами и химическими реагентами, используемыми на различных этапах разработки месторождений, так как грунтовые воды играют важную роль в функционировании экосистем и хозяйственной деятельности человека [4].

Исходя из этого необходимо провести оценку и учет степени естественной защищенности грунтовых вод при проектировании, строительстве и эксплуатации промышленных объектов. Это позволит спрогнозировать возможные последствия реализации проектируемой деятельности и выбрать наиболее эффективные мероприятия по защите грунтовых вод [1].

Район проведения инженерно-экологических изысканий расположен в МО «Городской округ Ногликский», Сахалинская область (Рисунок 1). Участок отведен для строительства комплекса ДКС с УПГ, который предназначен для предварительной подготовки газа, доведения его до необходимых параметров по чистоте, влажности, температуре и давлению, а также для дальнейшей его транспортировки по трубопроводу [5]. Площадь участка – 16,3 га.

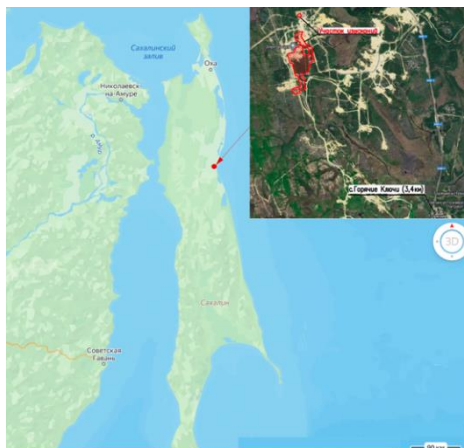


Рисунок 1. Месторасположение участка строительства

Для оценки естественной защищенности грунтовых вод рассмотрим геолого-гидрогеологическое строение изучаемой территории.

Литологическая характеристика. Геологический разрез площади изысканий, составляет комплекс элювиально-делювиальных осадков (edQIII-IV), представленных песчаными и глинистыми отложениями. Мощность комплекса – 5-13 метров.

В результате проведенных исследований на данном участке на исследуемую глубину до 13 м. выделено семь инженерно-геологических элементов (ИГЭ) и два инженерно-геологических слоя (ИГС).

Почвенно-растительный слой распространен повсеместно, на участках с ненарушенным рельефом. Мощность слоя не превышает 0,1 м.

Насыпной грунт (Слой 2) представлен перемещенным грунтом, в основном песком разной крупности, с включением гравия. Мощность слоя составляет от 0,3 до 1,1 м.

Непосредственно под насыпными грунтами и почвенно-растительным слоем залегают элювиально-делювиальные (edQIV) отложения представленные:

- песком пылеватым средней плотности малой степени водонасыщения (ИГЭ-3в). Вскрытая мощность составляет от 0,8 до 11,3м.

- песком мелким средней плотности малой степени водонасыщения (ИГЭ-4г). Вскрытая мощность составляет от 0,5 до 9,6м.

- песком средней крупности средней плотности малой степени водонасыщения (ИГЭ-5в). Вскрытая мощность составляет от 0,5 до 6,1м.

- суглинком тяжелым тугопластичным (ИГЭ-9л). Вскрытая мощность составляет от 0,4 до 0,8м.

- суглинком легким и тяжелым полутвердым (ИГЭ-9м). Вскрытая мощность составляет от 0,3 до 1,6м.

- суглинком тяжелым твердым (ИГЭ-9н). Вскрытая мощность составляет от 1,4 до 2,0м.

- глиной легкой твердой (ИГЭ-10е). Вскрытая мощность составляет от 3,0 до 4,1м.

Гидрогеологическая характеристика. Грунтовые воды, представленные поровыми и порово-пластовыми водами, на водораздельном участке района работ залегают на глубине 1,5 – 9,2 м от поверхности.

Методика. Оценка проводится на основании методики, обозначенной в СП 502.1325800.2021 «Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ».

Согласно методике, качественная оценка защищенности грунтовых вод какого-либо региона без учета характеристик и свойств конкретных загрязнителей выполняется по сумме баллов, учитывающей совокупность ряда параметров: глубины залегания уровня грунтовых вод, мощности слабопроницаемых грунтов и их литологического состава.

По литологии и фильтрационным свойствам слабопроницаемых грунтов выделяют три группы:

- а – супеси, легкие суглинки (коэффициент фильтрации $k = 0,1-0,01$ м/сут);
- b – переслаивание грунтов групп а и с ($k = 0,01-0,001$ м/сут);
- с – тяжелые суглинки и глины ($k < 0,001$ м/сут).

Баллы принимают в зависимости от глубины залегания уровня грунтовых вод H , м, мощности m и литологии слабопроницаемых грунтов согласно таблице 1.

Таблица 1. Степень защищенности грунтовых вод в зависимости от глубины их залегания, мощности m и литологии слабопроницаемых грунтов

Степень защищенности грунтовых вод в зависимости от глубины их залегания					
Уровень грунтовых вод Н, м		Баллы	Уровень грунтовых вод Н, м		Баллы
Менее 10		1	30-40		4
10-20		2	Более 40		5
20-30		3			
Степень защищенности грунтовых вод в зависимости от мощности m и литологии слабопроницаемых грунтов					
m ₀ , м	Литологические группы	Баллы	m ₀ , м	Литологические группы	Баллы
Менее 2	а	1	6-8	а	4
	б	1		б	6
	с	2		с	8
2-4	а	2	8-10	а	5
	б	3		б	7
	с	4		с	10
4-6	а	3	10-12	а	6
	б	4		б	9
	с	6		с	12

Для расчета степени защищенности грунтовых вод необходимо сложить баллы (мощности зоны аэрации и мощности имеющихся в разрезе слабопроницаемых грунтов). В зависимости от значения суммы баллов выделяют 6 категорий защищенности грунтовых вод.

Результаты оценки. В результате анализа данных, полученных в процессе инженерно-геологических изысканий, составлена таблица 2 с итоговым распределением баллов согласно СП 502.1325800.2021 «Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ».

Таблица 2. Результаты оценки естественной защищенности грунтовых вод на площадке строительства

Степень защищенности грунтовых вод в зависимости от глубины их залегания	
Уровень грунтовых вод H , м	Баллы
1-9,2	1

Степень защищенности грунтовых вод в зависимости от мощности m и литологии слабопроницаемых грунтов			
ИГЭ	m_0 , м	Литологическая группа	Баллы
9л	От 0,4 до 0,8	с	2
9м	От 0,3 до 1,6	а	1
9н	От 1,4 до 2,0	с	2
10е	От 3 до 4,1	с	4
Сумма баллов			10

Согласно СП 502.1325800.2021 «Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ» грунтовые воды на участке строительства относятся к II категории (незащищенные), так как сумма баллов равна 10.

Выводы

Проведенная оценка естественной защищенности грунтовых вод позволяет говорить о том, что на территории строительства ДКС с УПГ грунтовые воды подвержены высокому риску загрязнения в процессе намечаемой хозяйственной деятельности в виде строительных работ по обустройству месторождения.

Высока вероятность, что в процессе строительства помимо нарушения условий питания, циркуляции и разгрузки грунтовых вод в результате механического воздействия при строительстве сооружений и коммуникаций, водоносный горизонт также будет подвержен химическому загрязнению в процессе локальных разливов и утечек от строительной техники и автомобильного транспорта, а также загрязнению сточными водами и буровыми растворами в процессе строительства и эксплуатации [3].

Библиография

1. Арапханова Д. Б. Практическое значение охраны подземных вод // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2021. №3-2. С. 135-138.
2. Докучаева Лидия Михайловна, Юркова Рита Евгеньевна Грунтовая вода – критерий экологического состояния почв // Экология и водное хозяйство. 2019. №1. С. 18-29.
3. Исаев И. А. Виды негативного воздействия на окружающую среду и мероприятия по охране окружающей среды при строительстве (бурении) нефтегазоконденсатных скважин на севере Тюменской области (Ямало-Ненецкий автономный округ) // Проблемы Науки. 2014. №3 (21). С. 140-146.
4. Марина А. А. Максимова Ю. А. Загрязнение подземных вод при разработке нефтяных месторождений // Творчество юных - шаг в успешное будущее : материалы VIII Всероссийской научной студенческой конференции с элементами научной школы имени профессора М. К. Коровина, г. Томск, 23-27 ноября 2015 г. — Томск : Изд-во ТПУ, 2015. С. 337-339.
5. Чернов И. В. Рациональное использование ПНГ становится устойчивой тенденцией в нефтегазовой отрасли России // Экспозиция Нефть Газ. 2015. №3 (42). С. 40-44.

Оценка влияния шламонакопителя на водные объекты северной части о. Сахалин

**Черняева Д.В.* (МГРИ, chernyaeva.d111@mail.ru),
Экзарьян В.Н. (МГРИ, ekzaryanvn@mgri.ru)**

Аннотация

В работе рассматривается влияние шламонакопителя, расположенного в северной части острова Сахалин, на водные объекты района. Исследование основано на результатах полевых наблюдений, лабораторных анализов воды и донных отложений, а также изучении геолого-гидрологических особенностей территории. Установлено, что близость шламонакопителя к рекам Одопту и Хугузка, а также к озёрам Одопту и Кораль, способствует поступлению загрязняющих веществ в водные объекты, особенно в периоды весеннего половодья и дождевых паводков.

Ключевые слова

Шламонакопитель, буровые отходы, водные объекты, техногенное воздействие, Сахалин

Теория

Район исследуемого объекта расположен в северо-восточной части о. Сахалин в северном гидрологическом районе. Этот район находится в пределах Северо-Сахалинской равнины, в прибрежной части которой развиты морские террасы.

На формировании и развитие крупных водных объектов отражаются специфические условия ландшафтов, в которых они протекают. Особенности их гидрологического строения можно напрямую связать с геолого-геоморфологическими условиями территории. На формировании элементов малых рек в большей степени отражается влияние аazonальных факторов. Эти водотоки также являются более чувствительными к антропогенной деятельности [3].

Основным техногенным фактором, активно влияющим на развитие негативных процессов, в том числе и сток малых водотоков, является сведение лесов и активизирующее эрозионную деятельность. Лесные пожары на отдельных участках водосборов практически полностью уничтожили почвенный покров, что привело к резкой активизации эрозионной деятельности и оползней.

Отличительной чертой рек и ручьев исследуемой территории является повышенное грунтовое питание в зимний период, низкая мутность и высокое содержание органики в воде [1].

Водные препятствия в районе тесно связаны с поверхностным залеганием очень плотных песков и алевролитов, служащих на отдельных территориях условным водоупором.

Рассматриваемый район характеризуется разнообразием геолого-литологическим строения и довольно сложными тектоническими условиями. Сейсмическая активность проявляется в явном виде, поэтому структурный состав пород литологических комплексов, а также рельеф, неотектоника, в совокупности с экзогенными (в том числе климатическими) природными процессами и техногенной нагрузкой, обусловили специфические особенности развития русловой сети рек и ручьев рассматриваемого района [4].

В питании рек изучаемого района преобладают подземные воды, доля стока которых в годовом объёме составляет до 60%, на долю талых вод приходится 30%, дождевых вод – около 10%.

Весеннее половодье на реках района чётко выражено. Начинается оно в конце апреля – начале мая и заканчивается в конце июня.

Летняя межень (июль-август) неустойчивая, прерывается небольшими дождевыми паводками. Значительная доля дождевых вод в период дождевых паводков идёт на пополнение подземных вод, что обуславливает многоводную и устойчивую зимнюю межень.

Гидрографическая сеть района представлена заливом Одопту, р. Одопту протекающей в 1,4 км к северо-востоку, р. Хугузка в 0,23 км к юго-востоку от участка работ, ручей без названия на расстоянии 0,35 км к северу от площадки оз. Одопту, оз. Кораль и сетью небольших озер и ручьев. Залив Одопту находится на расстоянии 1,9 км на северо-восток, залив Пильтун на расстоянии 1,6 км на юго-восток от площадки шламонакопителя, вся вышеперечисленное представлено на рисунке 1.

Оценка загрязнения воды производилась по органолептическим свойствам, качественным и количественным показателям: запах, прозрачность, мутность, взвешенные вещества, ХПК, БПК₅, рН, сухой остаток, никель, растворенный кислород, фенолы, железо общее, сульфат ион, нитрат-ион, АПАВ, нефтепродукты, цинк, кадмий, свинец, медь, мышьяк, ртуть [2].

Запах в пробах воды отсутствует. Прозрачность в пределах 29,8 см – 30 см.

Концентрация водородных ионов в исследуемых пробах составляет от 6,98 до 6,99 ед. рН, что находится в пределах установленных 6,5 – 8,5. Концентрация растворенного кислорода в отобранных пробах составляет 6,4 и 9,7 мгО₂/дм³. Образцы соответствуют установленным нормативам (>4 мгО₂/дм³). Химическое потребление кислорода (ХПК) в образцах достигает установленных 30 мгО₂/дм³, что соответствует норме. Биохимическое потребление кислорода (БПК₅) в отобранных пробах превышает установленные 4 мгО₂/дм³, что соответствует норме. Взвешенные вещества в пробах составляют 54 и 26,0 мг/дм³, что превышает установленные 10 мг/дм. Общая минерализация (сухой остаток) составляет 65 и 135 мг/дм³, что соответствует установленным нормативам (<1000 мг/ дм³). Нитрат-ион отмечен в количестве 0,008-0,007 ПДК. Ртуть в представленных образцах превышает ПДК и составляет 4,9 ПДК и 25 ПДК. Содержание никеля в пробах ниже уровня определения приборов. Концентрация мышьяка, АПАВ, цинка кадмия, свинца и меди в исследуемых пробах не превышает ПДК. Содержание железа в пробах выше уровня ПДК и составляет 14,7 и 12,2 ПДК. Концентрация фенолов так же повсеместно превышает ПДК, достигая уровня 3 ПДК в пробе ПВ-1. По нефтепродуктам в пробах отмечено незначительное превышение.

Основными загрязнителями природных поверхностных вод являются тяжелые металлы – ртуть, железо, а также фенолы и нефтепродукты.

В Сахалинской области естественное загрязнение природных вод имеет немаловажное значение, высокие концентрации железа свойственны водам всех районов.

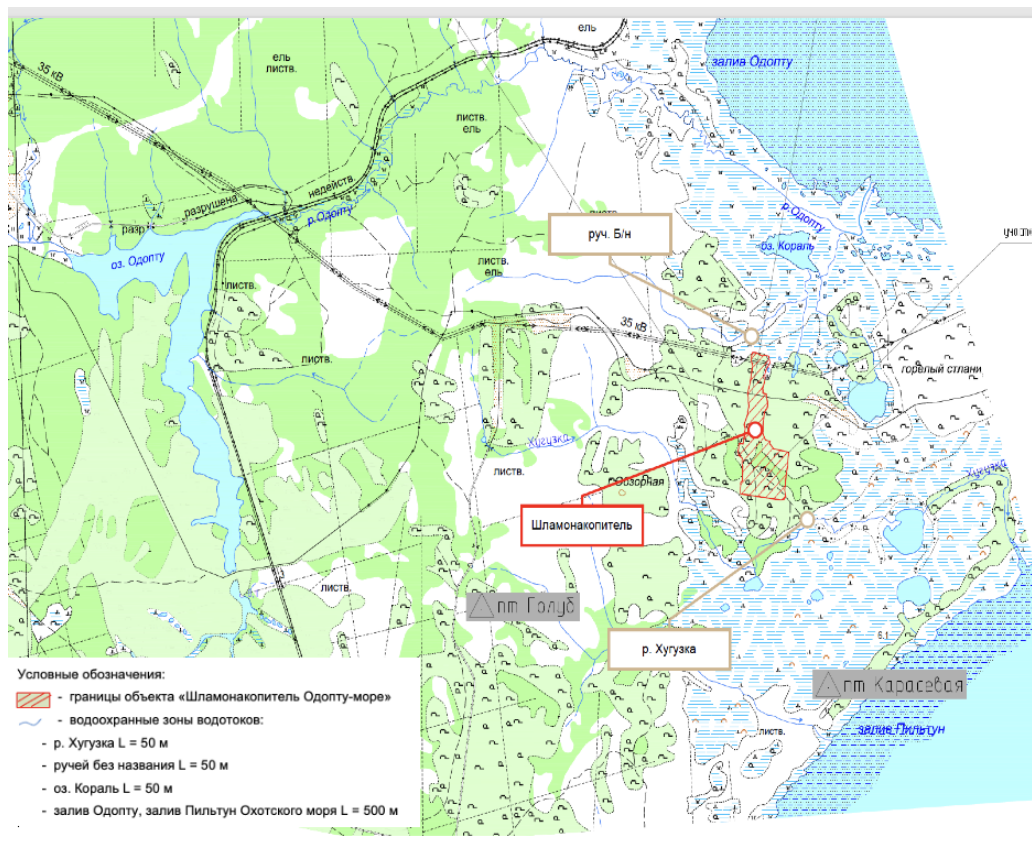


Рисунок 1. Водоохранные зоны водотоков

В процессе исследований был проведен анализ донных отложений в реке Хугузка и ручье, расположенном южнее изучаемой территории.

Содержание загрязняющих веществ в донных отложениях определялось по следующим показателям: рН, нефтепродукты, никель, фосфор, калий, марганец, сера, фенолы, ГХЦГ (сумма изомеров), ДДТ и его метаболиты, фосфамид, карбофос, метафос, цезий, калий, торий, радий.

В соответствии с требованиями СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы» выполненные анализ не соответствуют некоторым показателям загрязнения почвенного покрова. Превышена ПДК меди, а также удвоенная фоновая концентрация свинца, никеля (18,6 ПДК), меди (36 ПДК), ртути, калия (10,83 ПДК), марганца (10,45 ПДК), нефтепродуктов, серы (11,5 ПДК), фенолов, цезия (19 ПДК). По категориям химического загрязнения проба Д-1 классифицирована как опасная.

Однако проба Д-2 соответствует требованиям СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы». Превышения ПДК (ОДК) отсутствуют, незначительно превышена фоновая концентрация цинка, никеля, калия, марганца, нефтепродуктов, фенолов, тория, радия. По категории химического загрязнения проба классифицирована как допустимая.

Значения суммарного показателя загрязнения относительно фоновых значений, как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения, рассчитанные по результатам данных химического анализа донных отложений, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Оценка уровня химического загрязнения донных отложений

№№ проб	Вид пробы	Горизонт отпробования	Суммарный показатель загрязнения (СПЗ) по тяжелым металлам	Суммарный показатель загрязнения (СПЗ) по пробе	Категория химического загрязнения
Д - 1	Донные отложения	-0,2	81,09	108,54	опасная
Д - 2	Донные отложения	-0,2	36,25	42,15	допустимая

Выводы

Шламонакопитель оказывает значительное влияние на гидрохимическое состояние водных объектов, в первую очередь на реки Одопту и Хугузку. Наибольшие превышения ПДК выявлены по ртути, железу и фенолам, что представляет опасность для водных экосистем и хозяйственного использования вод. Донные отложения вблизи шламонакопителя классифицированы как опасные и допустимые по категориям химического загрязнения, что подтверждает необходимость проведения мероприятий по уменьшению загрязнения. Рекомендуются регулярный мониторинг состояния водных объектов и внедрение очистных сооружений для предотвращения дальнейшего распространения загрязняющих веществ.

Библиография

1. Боброва Д. А., Казаков А. И., Шевченко А. И. СОВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА КОЛИЧЕСТВА ТВЕРДЫХ ОСАДКОВ И СЛОЯ СТОКА ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ НА РЕКАХ САХАЛИНА // Природные ресурсы Арктики и Субарктики . 2022. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennaya-dinamika-kolichestva-tverdyh-osadkov-i-sloya-stoka-vesennego-polovodya-na-rekah-sahalina>
2. Волкова Оксана Николаевна Экологические проблемы утилизации отходов на шламонакопителе "Белое море" завода "Капролактан" ОАО "СИБУР-Нефтехим" г. Дзержинск Нижегородской области // Вестник Мининского университета. 2016. №1-1 (13). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-problemy-utilizatsii-othodov-na-shlamonakopitele-beloe-more-zavoda-kaprolaktam-oao-sibur-neftehim-g-dzerzhinsk>
3. Г. В. Шевченко, В. Н. Частиков СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ ШЕЛЬФЕ О. САХАЛИН // Океанологические исследования. – 2019 Т. 47. - № 3 – URL: <https://jor.ocean.ru/index.php/jor/issue/view/11>
4. Гаевая, Е. В. Анализ геоэкологического мониторинга грунтовых вод при эксплуатации шламового амбара / Е. В. Гаевая // Вестник евразийской науки. — 2024. — Т. 16. — № 1. — URL: <https://esj.today/PDF/69NZVN124.pdf>

***Геоэкологическая оценка состояния компонентов окружающей среды в городском округе
Красногорск***

***Ширяев Е.А.* (МГРИ, egorshi04@yandex.ru),
Щерба В.А. (МГРИ, shcherba_va@mail.ru)***

Аннотация

В условиях активной урбанизации и роста антропогенной нагрузки проведение геоэкологической оценки территорий становится важным этапом градостроительного планирования. В данной статье рассматривается экологическое состояние компонентов окружающей среды в городском округе Красногорск с учетом природных и техногенных факторов. Проанализировано состояние компонентов окружающей среды, а также выявлены основные источники загрязнения. На основе полученных данных предложены меры по улучшению экологической обстановки и снижению рисков, связанных с дальнейшей жилищной застройкой территории, таких как ликвидация или рекультивация загрязнённого приповерхностного слоя грунта на территории планируемого жилищного строительства.

Ключевые слова

Геоэкологическая оценка, окружающая среда, загрязнение природной среды, инженерно-экологические изыскания

Теория

Геоэкологическая оценка территории играет ключевую роль в градостроительном планировании, особенно в условиях активного строительства и роста антропогенной нагрузки. Московская агломерация, включая Красногорск, развивается стремительными темпами, что сопровождается увеличением экологических рисков. В Москве остро стоят проблемы загрязнения атмосферного воздуха, водных объектов и почв, высокий уровень шума и сокращение зеленых зон. Красногорск, как один из активно застраиваемых районов Подмосковья, сталкивается с похожими вызовами. Масштабное жилищное и инфраструктурное строительство требует тщательного анализа состояния окружающей среды, поскольку нагрузка на природные компоненты (воздух, почвы, водные ресурсы) возрастает. В этой связи проведение геоэкологической оценки становится необходимым для обеспечения устойчивого развития территории и минимизации негативных последствий урбанизации.

Район исследований расположен в деревне Путилково, городской округ Красногорск, Московская область. Городской округ относится к Смоленско-Московской моренно-эрозионной возвышенности, представляющей собой грядово-холмистую, холмисто-волнистую слабо расчлененную, местами полого-холмистую с небольшими возвышенностями равнину. Для нее характерна эрозионнобалочная сеть. Территория района относится к среднему проявлению карстовых и оползневых процессов. Преобладают процессы овражной эрозии и оползни. Абсолютные отметки рельефа колеблются в пределах 190–220 м.

В гидрогеологическом отношении район относится к Московскому артезианскому бассейну. Подземные воды этого региона приурочены к породам четвертичных, меловых и юрских систем. Каменноугольные водоносные горизонты здесь довольно надежно изолированы. Повсеместно развиты воды четвертичных отложений. В районе проводимых изысканий распространены аллювиальные дерновые почвы, на территории характерна частая смена по глубине и площади пород различного механического состава с преобладанием суглинков и глин [3].

Растительный покров в пределах участка изысканий развит фрагментарно и в основном представлен рудеральными видами трав. На участке произрастают деревья (тополь, яблоня) и

кустарники. В ходе проведения рекогносцировочного обследования участка изысканий установлено, что редкие и исчезающие виды растений, занесенные, в Красную книгу Москвы и Российской Федерации отсутствуют. По климатическим условиям изучаемый район является типичным для средней полосы Европейской части России, с относительно холодной зимой и умеренно-теплым летом.

Водные объекты на исследуемой территории преимущественно относятся к водосборному бассейну реки Сходня, который находится на южном склоне Смоленско-Московской возвышенности. Длина водотока 47,0 км, водосборная площадь 255 кв. км. Низкая пойма ежегодно в период половодья затопливается. Долина реки имеет корытообразный поперечный профиль, склоны сильно залесены, в пойме хорошо развита луговая растительность. Расположение участка, на котором проводились инженерные изыскания (границы синего цвета), относительно долины реки Сходня (область, закрашенная салатным цветом) представлено на рисунке 1 [5].

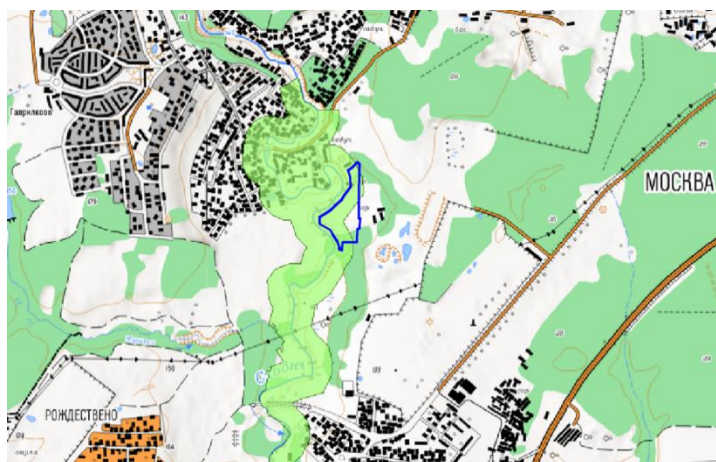


Рисунок 1. Расположение участка изысканий относительно долины р. Сходня

Инженерно-экологические изыскания в районе исследования проводились в 2022 году с целью жилищного строительства, включая в себя исследование и оценку уровней загрязнения атмосферного воздуха, почв, радиационной обстановки и физических факторов.

Согласно данным ФГБУ «Центральное УГМС», в дату проведения изысканий в Москве отмечалась низкая степень загрязнения атмосферного воздуха; стандартный индекс СИ был равен 0,8; превышений ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе не зафиксировано [2].

Для оценки уровня химического загрязнения на исследуемом участке производился отбор 3-х объединённых проб из поверхностного слоя с глубины 0,0 – 0,2 м и 17-ти проб из инженерно-геологических скважин с глубин 0,2-1,0; 1,0-2,0; 2,0-3,0; 3,0-4,0; 4,0-5,0; 5,0-7,0; 7,0-9,0 м. Для оценки уровня биологического загрязнения на исследуемом участке производился отбор 3-х объединённых проб из поверхностного слоя с глубины 0,0 – 0,2 м. Отбор проб почв для химического и санитарно-биологических исследований проводился в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-2017, ГОСТ 17.4.4.02-2017 и др. Используемые средства измерений – спектрометр атомно-абсорбционный МГА-1000, спектрометр атомно-абсорбционный МГА-915, хроматограф жидкостной «Люмахром» с флуориметрическим детектором, рН-метр ЭКСПЕРТ-рН, анализатор жидкости «Флюорат-02-2М». Согласно результатам исследований, концентрации тяжелых металлов и мышьяка в слое 0,0 – 9,0 м не превышают установленные значения ПДК (ОДК - в случае наличия таковых) для почв и грунтов [1].

Результаты определения концентрации 3,4-бенз(а)пирена и нефтепродуктов в пробах почв и грунтов представлены в таблице 1. Согласно результатам аналитических исследований, категория загрязнения 3,4-бенз(а)пиреном в соответствии с СанПиНом 1.2.3685-21: в слое 0,0-0,2 м (ПП1..3) – Опасная, в слое 0,2-9,0 м – Чистая. Результаты определения концентрации нефтепродуктов в пробах почв показали, что на исследуемой территории концентрации нефтепродуктов варьируют от 6 до 3915 мг/кг. В исследованных пробах почв и грунтов концентрации нефтепродуктов в пробах ПП1, 2 слое 0,0-0,2 м относятся к четвертому высокому уровню загрязнения, в пробе ПП3 слое 0,0-0,2 м относятся к третьему среднему уровню загрязнения, во всех остальных пробах почв и грунтов в слое 0,2-9,0 м не превышают нормативный уровень 1000 мг/кг определенный письмом Минприроды России от 27.12.1993 г. № 04-25 и относится к первому допустимому уровню загрязнения. Возможной причиной загрязнения 3,4-бенз(а)пиреном и нефтепродуктами приповерхностного слоя грунта является наличие крупных автомобильных магистралей вблизи исследуемой территории, в особенности участка МКАД. Эффективным и наименее затратным методом устранения загрязнения является рекультивация или ликвидация приповерхностного слоя грунта (глубина 0,0-0,2 метра) [4].

Таблица 1. Результаты определения концентрации 3,4-бенз(а)пирена и нефтепродуктов в пробах почв и грунтов

Проба №, глубина отбора (м)	Содержание 3,4-бенз(а)пирена в сухом веществе, мг/кг	Кратность превышения, количество раз	Категория уровня загрязнения	Содержание нефтепродуктов в сухом веществе, мг/кг	Кратность превышения, количество раз			Категория уровня загрязнения
ПП1 (0,0-0,2)	0,042	2,1	Опасная	3422	3,4			4 уровень высокий
ПП2 (0,0-0,2)	0,081	4,05	Опасная	3915	3,9			4 уровень высокий
ПП3 (0,0-0,2)	0,076	3,8	Опасная	2668	2,7			3 уровень средний
СКВ 1-3	<0,005	<1	Чистая	Среднее значение – 41,11	<1,0			1 уровень допустимый
ПДК	0,02 мг/кг			< ПДК	от 1000 до 2000	от 2000 до 3000	от 3000 до 5000	> 5000
				1 ур. допустимый	2 ур. низкий	3 ур. средний	4 ур. высокий	5 ур. очень высокий

При проведении санитарно-микробиологических исследований на территории проектируемого строительства отбирались пробы почв для определения присутствия в них кишечной палочки, энтерококков, патогенных бактерий семейства кишечных (в т.ч. сальмонелла). Исследуемые показатели указывают на изменение численности, видового разнообразия, оптимального соотношения различных видов почвенной мезофауны и микроорганизмов, на загрязнение почвы патогенными микроорганизмами, ухудшение санитарно-эпидемиологической обстановки. Согласно результатам проведенных исследований, изучаемая территория по степени микробиологического загрязнения почвы и грунты в соответствии с СанПиНом 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» в пробах ПП1, 3 в слое (0,0-0,2) категория загрязнения – Чистая; в пробе ПП2 в слое (0,0-0,2) категория загрязнения – Умеренно опасная. Анализы на обнаружение яиц и личинок гельминтов, показали, что на территории проектируемого строительства яйца и личинки гельминтов, цисты кишечных патогенных простейших не обнаружены [4].

Определение мощности дозы гамма-излучения и выявление локальных радиационных аномалий на исследуемой территории проводилось согласно МУ 2.6.1.2398-08, п.5, с использованием дозиметра ДКГ-02У. На участке строительства минимальное значение с учетом погрешности мощности эквивалентной дозы гамма-излучения (МЭД ГИ) в контрольных точках (100 шт.) на высоте 0,1 м от поверхности, минимальное значение – 0,10 мкЗв/ч, максимальное значение МЭД ГИ – 0,15 мкЗв/ч, среднее значение МЭД ГИ составляет 0,13 мкЗв/ч. В ходе проведения пешеходной гамма-съемки, участки (точки) радиационных аномалий не выявлены. Исследуемый участок соответствует требованиям санитарных правил и гигиенических нормативов по мощности дозы гамма-излучения для строительства любых объектов без ограничений.

Для гамма-спектрометрического анализа грунта на исследуемом участке производился отбор аналогичных для оценки химического загрязнения почв проб. Согласно исследованию, значения величин удельной активности естественных радионуклидов в пробах почв и грунтов составили: ^{40}K от 215 до 457 Бк/кг; ^{232}Th от 38 до 79 Бк/кг; ^{226}Ra от 14 до 52 Бк/кг. Удельная активность ЕРН (Аэфф) с учетом неопределенности измерений варьирует от 97 до 191 Бк/кг, что соответствует 1 классу строительных материалов, используемых в строительстве без ограничений. Содержание цезия-137 в исследуемых пробах грунта <3 Бк/кг.

Определение потенциальной радоноопасности в контрольных точках показало, что среднее значение $\text{ППР}_{\text{ср}}$ составляет 25 мБк/м²с, которое не превышает нормативное значение в 80 мБк/м²с (СП 2.6.1.2612-10 (ОСПОРБ 99/2010) п.5.1.6.).

Уровни шумового загрязнения (эквивалентные и максимальные) в дневное и ночное время в контрольных точках не превышают ПДУ, представленные в СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Исследование и оценка параметров электромагнитного поля показали, что измеренные значения электрического и магнитного полей промышленной частоты 50 Гц на территории проектируемого строительства не превышают допустимые значения, установленные СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [4].

Выводы

Геоэкологическая оценка исследуемой территории показала, что в целом состояние окружающей среды соответствует установленным нормативам, однако выявлено локальное загрязнение поверхностного слоя почвы нефтепродуктами и 3,4-бенз(а)пиреном. Основным фактором, влияющим на загрязнение, является близость крупных транспортных магистралей, что подтверждает значительное влияние автотранспорта на экологическую ситуацию в городской среде. Для обеспечения безопасности строительства и минимизации экологических рисков рекомендуется проведение рекультивации загрязненного грунта, что позволит снизить уровень техногенного воздействия. Кроме того, учитывая темпы урбанизации и расширение жилых зон, необходимо внедрение систематического экологического мониторинга, направленного на предотвращение дальнейшего ухудшения состояния почвенного покрова, водных ресурсов и атмосферного воздуха. Комплексный подход к контролю за состоянием окружающей среды позволит обеспечить устойчивое развитие территории и снизить потенциальные риски для экосистемы и здоровья населения.

Библиография

1. ГОСТ 17.4.4.02-2017. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2019-01-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 10 с.
2. Доклад «Об уровнях загрязнения окружающей среды и радиационной обстановке на территории г. Москвы и Московской области в сентябре 2022 года» / под ред. Н.В. Радьковой. – Москва, 2022. – 14 с.
3. Караковский В.В. Гидрогеоэкологическое обоснование схем территориального планирования на примере Красногорского района Московской области. – Москва: 2017. – 30с.
4. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: издание официальное: утвержден Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 28.03.2021: введен 29.03.2021. – Санкт-Петербург: Деан, 2003. – 1029 с.
5. Федосеева Н.В., Новогорная Э.Э., Тихонова И.О. Оценка экологического состояния малой р. Сходня // Успехи в химии и химической технологии. ТОМ XXX. 2016. № 9. – 80 с.

**Оценка экологического состояния почвенного покрова г.о. Электросталь
(по результатам биотестирования и МЭД-съемки)**

**Володченко А.С. (МГРИ, arinavolodchenko22@gmail.com),
Быстров А.А. * (МГРИ, bystrov0008@mail.ru),
Савушкина Е.Ю. (МГРИ, savushkinaeu@mgri.ru)**

Аннотация

В данной статье авторы приводят результаты геоэкологических исследований, проводившихся на территории городского округа Электросталь в 2023 и 2024 годах. Для качественной оценки загрязнения почв тяжёлыми металлами и нефтепродуктами был использован метод биотестирования, результаты которого подтвердили наличие в почвах поллютантов. Результатами пешей МЭД-съемки, проводившихся авторами на участках бывших «шатровых складов» стало выявление радиационных аномалий.

Ключевые слова

Электросталь, промышленные предприятия, биотестирование, МЭД-съемка, загрязнение почв

Теория

Город Электросталь выступает важным промышленным центром Московской области, в котором сосредоточены крупные промышленные предприятия: ОАО «Машиностроительный завод», производящий ядерное топливо для зарубежных и отечественных АЭС, ОАО «Металлургический завод «Электросталь» и ОАО «Электростальский завод тяжелого машиностроения», выпускающие прокатные станы для металлургической промышленности, а также ОАО «Электростальский химико-механический завод им. Н.Д. Зелинского» - один из первых заводов по производству средств защиты органов дыхания в нашей стране, явившийся основателем этой отрасли.

Ежегодно г. Электросталь попадает в рейтинги самых экологически неблагополучных городов Московской области, тем самым вызывая обеспокоенность местных жителей и профессионального экологического сообщества. По расчётам специалистов, город давно превысил уровень своей экологической техноёмкости [4].

Выбросы и сбросы промышленных предприятий города определяют накопление в почвах широкого спектра поллютантов, в частности тяжёлых металлов (ТМ) и нефтепродуктов (НП).

В ходе геохимических исследований, проведенных в Электростали в 1990-е годы, в почвах города были обнаружены аномальные уровни таких элементов, как вольфрам, никель, молибден, хром и других ТМ, связанные с выбросами различных компонентов и примесей цветных металлов от сталеплавильных производств [5]. Концентрация тяжёлых металлов в 1999 году в почвах промышленных зон города превысила естественный фон их содержания в 300-400 раз, а в почвах центра города в 11-12 раз [2].

В 2018 году группой специалистов МГУ им. М.В. Ломоносова было выяснено, что в верхних горизонтах почв Электростали среднее содержание подвижных форм Pb превышает ПДК в 2,8 раз. Среднее содержание подвижных форм Zn не превышало ПДК, однако локальное максимальное значение выше этого ПДК в 10,8 раз. Среднее содержание подвижных форм Cu превышает ПДК в 3,4 раза. Среднее содержание подвижных форм Cr в верхних горизонтах почв не превышает ПДК, однако максимальное значение выше этого уровня в 1,3 раза [1].

В настоящее время при оценке состояния окружающей среды ведущая роль отводится физическим и химическим методам экологического контроля, сущность которых сводится к сравнению загрязнения отдельных компонентов природных комплексов с ПДК или ПДУ [3]. На практике аналитический подход имеет ряд недостатков, таких как высокая стоимость получения данных, невозможность учёта в практической деятельности синергического и антагонистического эффектов поллютантов, невозможность получения информации о вторичных эффектах действия загрязнителей, вызванных их накоплением и трансформацией в различных звеньях экосистем [3]. По этим причинам состояние экосистемы в целом и отдельных её составляющих желательно оценивать с применением методов биоиндикации и биотестирования для получения прямой информации о реакции организмов на стрессорные факторы.

В своём исследовании авторы применили такие методы геоэкологических исследований как биоиндикация, биотестирование, радиометрия, а также геоэкологическое картирование.

Для оценки качества воздуха с помощью биоиндикации рассматривался метод лишеноиндикации, но авторы считают нецелесообразным приводить результаты данного метода, поскольку распространение лишайников в исследуемом районе крайне неравномерно, и для получения достоверных данных необходимы более масштабные исследования.

Биотестирование почв с использованием различных тест-растений проводилось авторами в сентябре 2023 г. и в октябре 2024 г.

Точки исследований в пределах города были выбраны исходя из различной степени влияния аэротехногенных выбросов городских предприятий на изучаемые компоненты окружающей среды. Эталонной площадкой стал еловый лес, находящийся в западной части города, в пределах экологического парка «Авангард».

В 2023 году биотестирование проводилось с использованием такого индикаторного растения, как кресс-салат, в 2024 использовался клевер луговой.

Результаты биотестирования, проведённого по стандартным методикам представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Характеристика проростов кресс-салата

Номер образца	Всхожесть, %	Морфологические отклонения	Количество погибших растений на 15-й день, шт.	Средняя высота растений, мм
1	72	присутствуют	27	48
2	96	присутствуют	14	50
3	40	присутствуют	13	51
4	100	присутствуют	14	49

Таблица 2. Характеристика проростов клевера лугового

Номер образца	Количество проросших, шт.	% проросших	Показатель торможения развития корня	Фитотоксичность
1	18	51,4	-15,79	-
2	32	91,4	Эталон	
3	8	22,9	47,4	умеренная

4	4	11,4	68,4	высокая

Радиометрические исследования были проведены на участках «Бывшие шатровые склады», где хранились урановые руды, и «Долина ручья Б-2», где произошел прорыв хвостохранилища с радиоактивными отходами. В настоящее время нет данных из других работ, сопоставимых с результатами этого исследования. Для изучения внешнего гамма-излучения в районе исследования была проведена пешая МЭД-съемка с использованием дозиметра "СОЭКС 01М". Площадка имела размеры 300×25 м и состояла из 5 профилей по 30 пикетов каждый. По результатам МЭД-съемки была построена карта-схема участка исследования в программе Surfer (рис. 1).

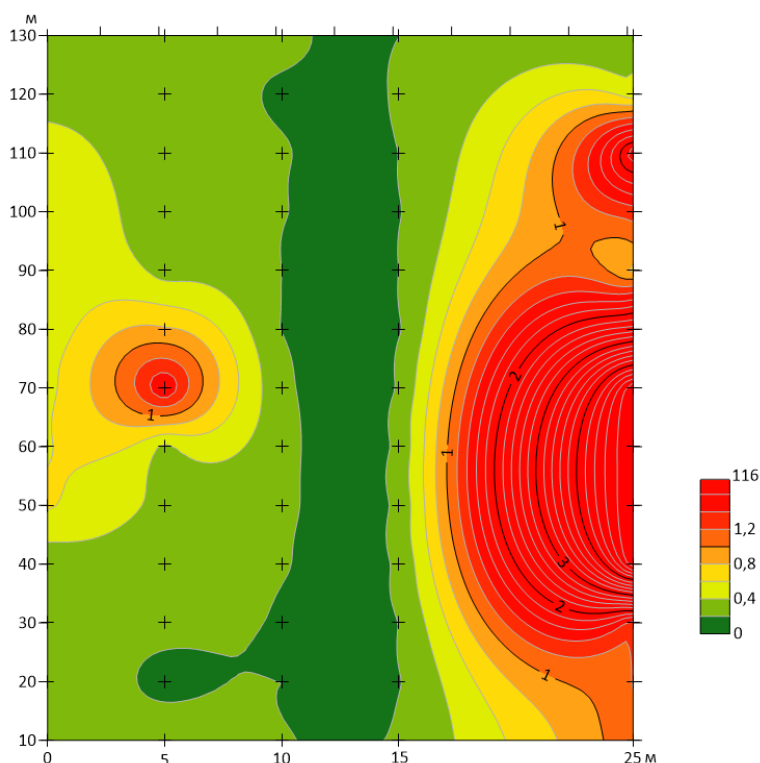


Рисунок 1. Результаты МЭД-съёмки (фрагмент карты)

Выводы

В результате деятельности промышленных предприятий почвы г.о. Электросталь подверглись значительным техногенным изменениям и загрязнению тяжёлыми металлами, создавая риски для здоровья населения.

Результаты биотестирования, проведенного в 2023 и 2024 годах, подтверждают экологическую напряженность почвенного покрова в г.о. Электросталь. Наиболее фитотоксичными оказались почвы в южной части города, подверженной влиянию выбросов ТЭЦ-29, а также в центральной и восточной частях, попадавших под факел выбросов Электростальского завода тяжёлого машиностроения, металлургического завода «Электросталь». Хотя биотестирование не позволяет точно определить конкретные токсиканты, предполагается, что загрязнение почв связано с тяжёлыми металлами.

Результаты анализа радиационной обстановки показали высокий уровень гамма-излучения на территории «бывших шатровых складов», где среднее значение МЭД составило 1,97 мкЗв/ч при максимальном 116 мкЗв/ч. Дезактивация на этой территории не проводилась,

за исключением участка ручья Застарка. Экологическая ситуация в Электростали требует постоянного контроля и комплексных мер по улучшению состояния окружающей среды.

Библиография

1. Д. Н. Липатов, Варьирование содержания подвижных форм тяжелых металлов в почвах урбоэкосистем города Электросталь / Д. Н. Липатов, В. А. Вараченков, Д. В. Манахов, М. М. Карпухин [Текст] // Проблемы загрязнения объектов окружающей среды тяжелыми металлами: труды международной конференции. — Тула: Вестник, 2022. — 145-148 с.
2. И.И. Шелкунов, А.В. Кудинова Состояние литосферы и здоровье населения (г. Электросталь)/ И.И. Шелкунов, А.В. Кудинова [Текст] // Экологическая медицина. —: Вестник БГТУ им В.Г. Шухова, 2004. — 205 с.
3. Ляшенко, О. А. Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды [Текст] / О. А. Ляшенко. — Спб: СПб ГТУРП, 2012. — 69 с.
4. Родионов С.С. 2014. Геоэкологическая оценка устойчивости природного комплекса территории малых городов Ногинского района Московской области. Дисс. канд. геогр. наук. Москва, - 160 с.
5. Экогеохимия городских ландшафтов / под ред. Н. С. Касимова. — М.: Изд-во МГУ, 1995, - 327 с.

Река Смолка как один из источников загрязнения Городянского (Москворецкого) бассейна

Жуков А.В. (МГРИ, andbachat@gmail.com),
Савушкина Е.Ю. (МГРИ, savushkinaey@mgri.ru)*

Аннотация

Исследование посвящено изучению состояния реки Смолки, ее связи с реками Городня и Москва, а также выявлению источников загрязнения изучаемого объекта.

Произведен анализ свойств воды с использованием методов исследования малых рек. Исследование проводилось с 19 по 21 июля 2023 года.

Ключевые слова

Малые реки, непросматриваемые территории, мониторинг

Теория

Река Смолка – правый приток реки Городни, которая в свою очередь является третьей по величине в столице, впадающая в реку Москва. Исторических данных о водном объекте крайне мало. Река небольшого размера и редко помечалась на картах. Известно, что данный водоток протекает по оврагу «Дубровка», который начинался у дома 38 на Борисовском проезде близ Яблоневого сада (рис.1) и заканчивался впадением Смолки в реку Городню. Ранее овраг не был сильно заросшим и не подвергался сильному антропогенному воздействию. Общая протяженность реки составляет 740 м, до впадения в коллектор - 373м.

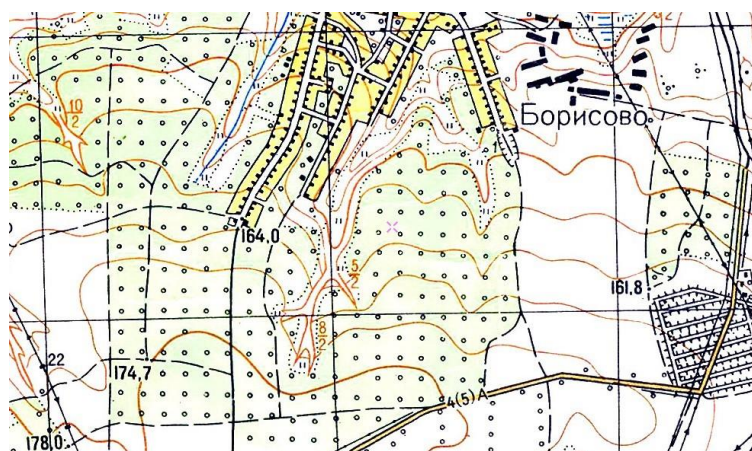


Рисунок 1. Овраг Дубровка [1]

Раньше река проходила через Советскую улицу села Борисово. В настоящий момент река уходит в коллектор около дошкольного отделения школы № 534, где течет до своего устья (устье обгонного коллектора реки Городни, близ северо-восточного угла гаражного кооператива № 46) [3].

В ходе исследования в июле 2023 года были выделены 3 точки исследования и составлен примерный вид русла реки (рис.2). Описание точек приведено ниже.

Точка наблюдения 1 (т.н. 1) - Исток реки Смолки

Исток начинается севернее насыпного короба теплотрассы на юго-восточной углу построек гаражного кооператива (ГК) №294. Над коробом асфальтированная дорожка и со стороны оврага - ограда для безопасного движения. Склоны оврага достаточно крутые (30°).

В списке травянистых, кустарниковых и древесных видов растений недотрога, клен остролистный, чесночница, рябина, липа белая, клен ясенелистный. Севернее по течению встречаются ива белая, рейнхутрия японская, крапива, подорожник.

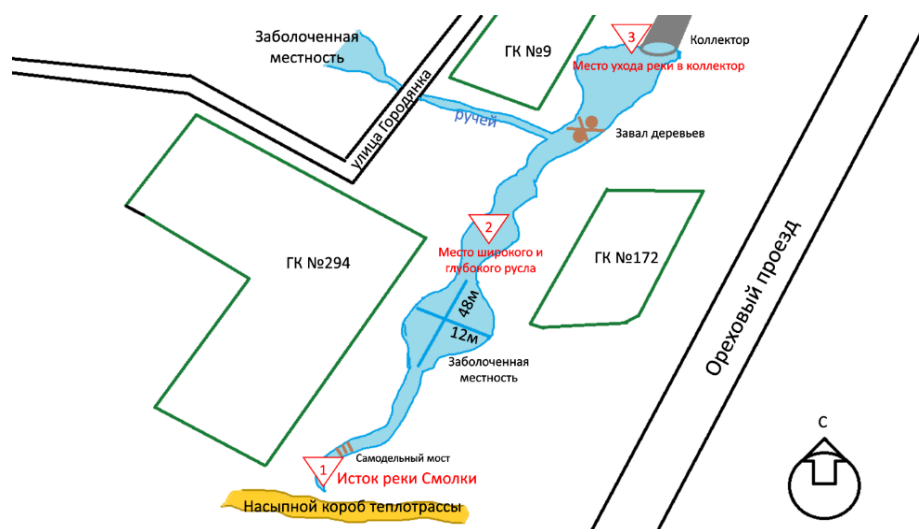


Рисунок 2. Примерный вид русла реки Смолки с точками исследования

Русло сильно загрязнено повалами деревьев и бытовым, машинным и строительным мусором (по берегам бетонные конструкции), что негативно сказывается на общем состоянии качества воды, так как вещества из различных видов мусора с водотоком попадают в реку Гордню [5].

Русло очень мелкое, дно представлено разлагающимися органическими веществами и окислами железа (торфяные, ярко-оранжевые). Течение слабо просматривается, в некоторых местах обнаружена пеннотность. Температура воды самая холодная, вода самая жесткая из всех точек исследования (табл.1) [2].

Таблица 1. Результаты измерений т.н.1

Исследуемый показатель	Значение показателя		
	Т.н. 1	Т.н.2	Т.н.3
Азимут течения	347°	21°	30°
Средняя скорость течения	0,097м/с	0,009 м/с	0,02 м/с
Площадь сечения	0,048м ²	0,517 м ²	0,241 м ²
Расход воды	0,0046 л/с	0,0046 л/с	0,0048 л/с
Объем стока	397,44 м ³	397,44 м ³	414,72 м ³
Прозрачность	прозрачная	прозрачная	прозрачная
Запах	слабо-металлический	слабо-рыбный	рыбный
рН	7,08	7,7	7,45
Температура	12°С	20°С	16°С
Жесткость	887 ppm	767 ppm	453 ppm
Доп.характеристики		мусор, организмы	пленка на поверхности воды

Точка наблюдения 2 (т.н. 2) - Место широкого и глубокого русла

Через 15 м от т.н.1 русло становится более широким. Торфяное дно сменяется иловым (темно-зеленый цвет). Через 60 м находится заболоченная местность, течение не просматривается. Поверхность на 98% покрыта ряской. Отмечен бытовой мусор (нескольких десятков бутылок). Деревья: береза пушистая и ива белая. Берега практически не загрязнены. Северней водоема русло сужается, после опять расширяется, замечено течение. Севернее т.н.2 в русле растет приречный хвощ. В т.н.2 добавилась растительность: ежевика, лопух большой, сныть обыкновенная, гравилат городской, малина, ястребинка зонтичная, цикорий. Точка 2 находится севернее заболоченной местности между ГК №294 и №172. Ряска занимает около 15% всей поверхности. Цвет воды темно-бирюзовый. Правый берег представлен насыпным грунтом. Расход воды и объем стока в т.н.2 совпадает с данными в т.н.1 (табл.1).

Точка наблюдения 3 (т.н. 3) - Место ухода реки Смолки в коллектор

Севернее т.н.2 находится густая концентрация деревьев, далее стрелка, где в Смолку впадает ручей, который течет из заболоченной местности на западе от улицы Городянка. После стрелки по течению наблюдается огромное количество упавших и растущих в русле деревьев.

Т.н.3 расположена южнее дошкольного отделения школы №534 и восточнее ГК №9. Левее трубы коллектора замечено течение. Поверхностное течение кроме этого места не наблюдается. Поверхность реки в т.н.3 покрыта пленкой. Севернее трубы много бытового мусора, а на левом берегу - строительного (кирпичи). Склон правого берега более пологий чем левый. Были замечены мальки и насекомые, присутствовал рыбный запах (табл.3). На левом берегу растет американский вяз, железистая недотрога и осина. Ряска отсутствует.

Сезонные колебания загрязняющих веществ планируется изучить в следующие годы, однако сейчас можно говорить о заметно загрязненном состоянии её воды. Основным показателем качества воды в проведенных исследованиях стала жесткость. В т.н.1 и т.н.2 вода сверхжесткая, опасная для жизни, в т.н.3 вода не пригодна для питья по этому показателю. Также наличие пленки на поверхности воды может свидетельствовать о присутствии ПАВ-А, это может быть связано с обработкой прилегающих территорий реагентами против гололеда. Для подтверждения этого предположения следует провести исследование хлоридов в точках наблюдения в весенний период.

Основными источниками загрязнения воды реки Смолка по результатам маршрутного обследования можно считать:

- захлапленные бытовым и строительным мусором берега,
- смыв с территории гаражных кооперативов,
- смыв с автодороги - улицы Городянки.

Непросматриваемые территории (НТ) – зоны оврагов, валежников, труднопроходимых и труднопросматриваемых мест в Москве, где могут находиться места ночевки бездомных и небольшие свалки различных видов мусора. Для защиты от антропогенного влияния на реку следует облагородить пойму и близлежащую территорию по проектам благоустройства малых рек Москвы. Эти проекты направлены на ликвидацию НТ и создание благоприятных условий у воды для рекрепрогулок и отдыха жителей столицы (рис.3). Благоустроить данную территорию возможно только через снос гаражных кооперативов, поэтому судьба Смолки остается неопределённой.



Рисунок 3. План благоустройства парка в пойме реки Жужа [4]

Выводы

Заболоченная пойма реки Смолки - историческое место района. Еще в XX веке река украшала село Борисово. На мостах жители села наслаждались ее течением и красотой. Теперь река завалена мусором и деревьями, берега Смолки усеяны разными бытовыми и строительными отходами. Течение реки очень слабое и очень скоро полностью прекратится.

Подводя итог, следует отметить, что процессы урбанизации оказывают высокую техногенную нагрузку на малые реки – это, в свою очередь, приводит к деградации речных экосистем и снижению качества поверхностных вод. Река Смолка, являясь притоком реки Городня, приносит загрязнение в воду реки Москва, главного водотока региона и является одним из источников загрязнения Городянского (Москворецкого) бассейна. Таким образом, её состояние можно считать вопросом важности регионального уровня.

Библиография

1. Карта Москвы и окрестностей Мосгоргеотреста 1950-1952гг. // Это место: [сайт]. – 2009. – URL: <http://www.etomesto.ru/map-mos1964/> (дата обращения: 19.07.2023).
2. Мазаев, А. В. Мониторинг малых рек: учеб. пособие / В.Н. Экзарьян; МГРИ. – Москва: Изд-во ИИЦ Дом Советов, 2000. – 212 с. – ISBN 987-5-9772-0162 9.
3. Москва и окрестности 1964г.// Это место: [сайт]. – 2009. – URL: http://www.etomesto.ru/map-moscow_1951/ (дата обращения: 19.07.2023).
4. Парк в пойме реки Жужы // Magly Проект: [сайт]. – 2023. – URL: <https://maglyproekt.com/projects/zhuzha> (дата обращения: 14.08.2023).
5. Экомониторинг рек и побережья Финского залива и состояния окружающей среды. Материалы межрегиональной научно-практической конференции школьников. Санкт-Петербург. АНЭО «Друзья Балтики», СПб.: ООО «Р-Копи», 2020. – 116 с.

Охрана видов семейства Магнолиевые (*Magnoliaceae*) в России и в мире: географические и экологические аспекты

Маркин С.П. (МГРИ, serezha.markin.05@mail.ru)

Аннотация

Данная работа посвящена изучению представленности на охраняемых природных территориях видов растений семейства Магнолиевые (*Magnoliaceae*). Биогеографические сведения из открытых источников позволили выявить особенности регионального распространения представителей семейства Магнолиевых и в целом по таким материкам как: Северная Америка, Южная Америка, Азия.

Ключевые слова

Магнолиевые (*Magnoliaceae*), охрана видов, биоразнообразие, интродукция

Теория

В данной работе было проведено комплексное биогеографическое исследование представителей семейства Магнолиевые, которые в наше время включают от 2 до почти 20 официально принятых родов. Мною была разработана специальная таблица, главной целью которой стала выделение изучаемого таксона как охраняемого вида в различных охраняемых природных территориях разных категорий всего мира, где они распространены, их экологического состояния и возможности восстановления популяции при необходимости. В ней были созданы такие столбцы как: количество видов растений на охраняемой территории, количество видов Магнолиевых, виды, их названия, охранный статус, меры охраны и угрозы. Получив и систематизировав данную информацию мы можем проанализировать степень изученности растений в разных регионах мира, их нынешнее состояние и возможные меры охраны в различных её частях. Данная таблица является “конструктором” т.е. мы можем менять, добавлять и убирать столбцы на наше усмотрение для таких целей как: мониторинг биоразнообразия, качественная и количественная оценка, оценивание отдельных популяций на определенной территории. Это будет в том числе актуально для комплексного анализа местности при создании ООПТ. С ее помощью было проанализировано 72 особо охраняемых территории во всем мире и выявлена недостаточная изученность магнолий в таких регионах как: Южная и Центральная Америка, Карибский бассейн, некоторые районы Азии, что дало нам представление о продолжении исследований в данных регионах и подробной систематизации полученной информации.

Отдельного внимания стоит распространения и сохранения Магнолиевых в России. В естественной среде обитания встречается только на острове Кунашир, который также является самой северной точкой ареала всего семейства. Там представлен всего 1 вид - Магнолия обратнойцевидная (*Magnolia obovata*).



Рисунок 1. Магнолия обратнаяйцевидная (*Magnolia obovata*), произрастающая в Кунаширском заповеднике

Примерная численность растений на острове – до 500 экз. В результате обследований и изысканий, выполненных сотрудниками заповедника «Курильский», по состоянию на данный момент известно около 50 местообитаний особей *Magnolia obovata* (*Magnolia hypoleuca*). Из них 27 местообитаний расположены на территории заповедника «Курильский» (25 местообитаний на Алехинском участке и 2 местообитания на Тятинском участке заповедника), 17 местообитаний находятся в охранной зоне Алехинского участка заповедника «Курильский» (территория Южно-Курильского лесхоза) и 6 местообитания *Magnolia obovata* (*Magnolia hypoleuca*) находятся на иных территориях (земли госземзапаса, сельхозназначения и др.), где особи *Magnolia obovata* (*Magnolia hypoleuca*) фактически не охраняются и подвержены реальной высокой опасности повреждения и уничтожения. Высока степень повреждения семян мышевидными грызунами. Все это снижает репродуктивную способность магнолии обратнаяйцевидной в местах её естественного местообитания. В 2019 году заповедник «Курильский» получил разрешение Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор) на добычу 500 семян магнолии снизу-белой (*Magnolia hypoleuca*) в целях сохранения популяции магнолии в естественных условиях, путем искусственного проращивания семян в закрытом грунте с последующим возвращением саженцев в среду их обитания (территория вне заповедника). Говоря про интродукцию Магнолиевых, то известны случаи удачной зимовки и последующего цветения в средней полосе России к примеру в Москве и Санкт-Петербурге. Также особого внимания заслуживает успешный опыт Никитского ботанического сада,

Сочинского дендрария, Главного Ботанического сада имени Н.В. Цицина, Ботанический сад имени Н.В. Багрова, Ботанический сад Петра Великого. Говоря про соседние страны, где успешно были интродуцированы магнолии, это Абхазия, где растут повсеместно на побережье страны и в Сухумском ботаническом саду, юг Украины и Центральный ботанический сад Национальной Академии Наук Беларуси. В данное время актуальна тема частичной интродукции магнолий на юге России в виде декоративно-культурных растений и потенциальной породы для рукояти для кухонных, охотничьих, туристических и складных ножей. Также некоторые части растений являются довольно ценными для получения лекарственного сырья, а также развития методологии их успешного размножения и дальнейшего посева в естественную среду обитания.

Выводы

Было изучено распространение, охраняемость и нынешнее состояние семейства Магнолиевые как изучаемого таксона в 72 в охраняемых природных территориях во всем мире, включая Россию. Рассмотрена важность и актуальность охраны магнолий в заповеднике “Кунаширский” и методы восстановления популяции растений как там, так и искусственно, интродуцировав на юге страны в города и ботанические сады. На основе изученных данных создана таблица для систематизации полученной информации.

Библиография

1. Восстановление редких видов в заповеднике “Кунаширский” : официальный сайт. - Южно - Курильск. -URL: Восстановление редких видов (дата обращения 12.01.2025)
2. Герасимчук В.Н. Представители *Magnolia* L. На южном берегу Крыма диссертация на соискание ученой степени канд. биол. наук : 1.5.9 / Герасимчук Владимир Николаевич ; науч. рук. Ю.В. Плугатарь ; Федеральное государственное учреждение науки “Орден Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад - Национальный Научный центр РАН”. - Ялта, 2021. - 171 с.
3. Каменева Л.А. Биология цветения и плодоношения представителей рода *Magnolia* L. (*Magnoliaceae* JUSS.) в условиях культуры на юге российского Дальнего Востока диссертация на соискание ученой степени канд. биол. наук : 03.02.01 / Каменева Любовь Анатольевна ; науч. рук. П.В. Крестов ; Федеральное государственное учреждение науки Ботанический сад - институт ДВО РАН Дальневосточное отделение Российской академии наук. - Владивосток, 2018. - 140 с.
4. Маркин С.П. Сводная таблица по Магнолиевым [Электронный ресурс]: https://docs.google.com/spreadsheets/d/1z3GtuD5fbxf7t1T2QRbJ82daGG8WsUjk/edit?usp=drive_link&oid=102037344941390838059&rtmpof=true&sd=true
5. Тахтаджян, А.Л. Жизнь растений Т. 6 : Цветковые растения / З. Т. Артюшенко [и др.]. - 1982. - 542, [1] с., [34] л. ил. : ил., карты. - Указ. русских и латинских назв. растений и назв. семейств цветковых растений: с. 503-541.
6. Фирсов, Г.А. Магнолии (*Magnolia* L., *Magnoliaceae*) в Ботаническом саду Петра Великого: история интродукции и современное состояние / Г.А.Фирсов, Н.С. Семенова // Естественные науки: natural sciences. - 2018 - №1. - URL: Магнолии (*magnolia* L. , *Magnoliaceae*) в ботаническом саду Петра Великого: история интродукции и современное состояние (дата обращения: 13.01.2025)
7. Chunyan, Han Distribution and conservation status of *Magnolia oboidea* (*Magnoliaceae*): a Critically Endangered species in Yunnan, China / Chunyan Han, Lidan Tao and Weibang Sun // Natural sciences. - 2019. - №1 - URL: Distribution and conservation status of *Magnolia oboidea* (*Magnoliaceae*): a Critically Endangered species in Yunnan, China | Oryx | Cambridge Core (дата обращения: 14.01.2025)

8. Xu, Yao Biodiversity hotspots of magnolia species in China / Yao Xu, Xiang Xu, Yifan Zhao? Qingqing Sun // Natural sciences. - 2016. - №1 - URL: (PDF) Biodiversity hotspots of magnolia species in China (дата обращения: 14.01.2025)