

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

Международной научно-практической конференции

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

г. Казань, 17 апреля 2026 г.



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

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

Международной научно-практической конференции

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

г. Казань, 17 апреля 2026 г.

**Казань
2026**

УДК 378; 504.06

ББК 20.1

C23

C23 Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Наследие В.И. Вернадского и современные проблемы экологии» (г. Казань, 17 апреля 2026 г.) [электронный ресурс]: электрон.сборн. Казанский государственный архитектурно-строительный университет. – Электрон, текстовые и граф. данные. – Казань, 2026. – 215 с.- 1 эл.опт.диск (CD-ROM)

ISBN 978-5-7829-0623-8

Главный редактор

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

Заместитель главного редактора

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

Редакционная коллегия

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

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

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

И.о. заведующего кафедрой «Химия и инженерная экология в строительстве» КГАСУ, доктор технических наук, доцент **Гумеров Т.Ю.**

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

УДК 378; 504.06

ББК 20.1

© Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2026

© Коллектив авторов, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

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

Мазуров Ю.Л. Постигая наследие Вернадского	6
Пономарёв А.М. Важность изучения наследия В.И. Вернадского в процессе подготовки исследователя.....	20

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

Абдуллаева А.А., Мананбай М.Б., Мераймбеккызы С. Роботизация опасных производственных процессов как метод снижения производственного травматизма.....	26
Алмаметова Я.А., Филина Н.А. Применение метода экспоненциального сглаживания для прогнозирования производственного травматизма в Республике Марий Эл.....	30
Антонова И.И., Антонова И.А. Обеспечение безопасности городских экосистем в условиях антропогенной нагрузки.....	36
Годунова В.С., Филина Н.А. Особенности проведение специальной оценки условий труда в ГБПОУ РМЭ «Колледж культуры и искусств имени И.С. Палантая».....	42
Чурочкина А.И., Антонова И.И. Влияние вредных факторов на работников производства портландцемента и снижение их воздействия.....	49
Каурова В.С. Использование биологических методов мониторинга почв при нефтеразливах: современное состояние и региональные особенности применения в Российской Федерации.....	56
Гурьянова М.С., Козлова Е.А., Гумеров Т.Ю. Влияние неблагоприятных экологических факторов в строительной отрасли и роль профилактического потенциала нутритивной поддержки.....	62
Драбкова Т.В. Окислительная модификация тетраценовой фракции в процессе синтеза амфотерных ионитов.....	72
Даурова Д.С. Влияние строительных (гидротехнических) работ на бентосных беспозвоночных и среду их обитания как фактора техногенного воздействия на морские экосистемы.....	78

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

Иванов Д.С., Салихов Н.З., Гумеров Т.Ю. «Зеленая» архитектура и устойчивое строительство в г. Казани: опыт, проблемы и перспективы развития	87
Юсупова А.А., Осипова В.Ю. Экосити, принципы, направленные на минимизацию «экологического следа».....	98
Грабовская Н.И., Фатиади К.В., Закомирная А.С. Внедрение зелёных технологий: анализ общественного мнения через социологический опрос.....	104

Раздел 4. ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Джафарова М.А. Экологические риски для развития туризма в Гянджа-Газахской системе расселения Азербайджана.....	111
Гайдук Т.Д., Строганов В.Ф. Анализ и оценка токсикологических свойств полимеров и полимерных композиционных материалов	122
Салова М.С. Исследование содержания микропластика в рыбе в условиях реки Невы И Ладожского озера.....	131
Каурова В.С., Каурова З.Г., Чижов А.П. Современные методы физико-химического мониторинга почв и особенности их применения в Российской Федерации.....	134
Каурова З.Г. Воздействие разливов нефти и различных нефтепродуктов на почвенную мезофауну разнотипных арктических почв.....	140
Гайдук Т.Д., Антонова И.И. Агломерация жилых комплексов в городе Казань: пространство, транспорт, здоровье	146
Абдрашитова Л.Р., Мухаметшина Р.М. Проблемы управления рисками в условиях изменений климата.....	152
Копысова Ю.В., Строганов В.Ф. Анализ эффективности электрофлотационных установок для очистки сточных вод промышленных предприятий.....	159
Салихова Г.Д., Салихов Н.З., Гумеров Т.Ю. Влияние стихийных бедствий, обусловленных изменением климата, на здоровье населения.....	166
Мингазетдинов И.Х., Султанов Б.Ф. Внедрение инновационного устройства очистки газов от пыли.....	173

Раздел 5. УТИЛИЗАЦИЯ И ПЕРЕРАБОТКА БЫТОВЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Хотянович О.Е. Исследование свойств бетона, модифицированного комплексной химической добавкой на основе солевого отхода	178
Суворов И.В., Ульрих Д.В. Утилизация шлама водоподготовки.....	186
Колядко О.Л., Мечай А.А. Фосфогипс как альтернатива гипсовому сырью в производстве портландцемента	191
Абдрашитов Т.Р., Осипова В.Ю. Пластиковый парадокс: проблемы переработки пластиковых отходов и пути их решения.....	195

Раздел 6. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ЗАДАЧИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ, ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ И ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

Родионова А.В., Бекмамедов С.М., Гумеров Т.Ю. Возможности применения 3d-тренажёра для оценки экологической безопасности в строительстве.....	201
---	-----

Раздел 7. ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ: ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Абдуллаева А.А., Бастарбек А., Давлетжан Д. Энергоэффективность промышленных роботов: методы снижения энергопотребления в производственных системах.....	210
---	-----

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

УДК 37; 502 / 504; 574

ПОСТИГАЯ НАСЛЕДИЕ ВЕРНАДСКОГО

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

Аннотация. Статья посвящена феномену наследия академика Владимира Ивановича Вернадского как явления удивительно актуального для нашего времени. Отмечается, что неподдельный интерес к жизни и творчеству великого русского ученого по-прежнему проявляется как в академическом сообществе, так и в среде студенческой молодежи. Время убедительно подтверждает его самые смелые открытия и привносит в них новые смыслы. Это относится к результатам развития учения Вернадского о биосфере, впервые блестяще представленные в его книге с таким же названием, изданной ровно сто лет тому назад, переведенной на многие языки и многократно переизданной как в России, так и в зарубежных странах. Многие научные достижения Вернадского ныне представлены в учебных изданиях для высшей школы и стали неременной частью системы знаний, формируемых в подготовке не только специалистов естественных сфер знания – геологии, биологии, географии и других, но и в философии, педагогике, а также ряда направлений общественных наук. В статье представлены характерные примеры восприятия наследия Вернадского и его оценки современной учащейся молодежью.

Ключевые слова: академик Вернадский, научное и духовное наследие, биосфера, ноосфера, осмысление ценности наследия.

COMPREHENDING VERNADSKY'S LEGACY

Yu. L. Mazurov

Lomonosov Moscow State University, Moscow

Annotation. This article explores the legacy of Academician Vladimir Ivanovich Vernadsky as a phenomenon remarkably relevant to our time. It notes that genuine interest in the life and work of this great Russian scientist continues to be evident both within the academic community and among students. Time has convincingly confirmed his most daring discoveries and imbued them with new meaning. This applies to the development of Vernadsky's theories on the biosphere, first brilliantly presented in his book of the same name, published exactly one hundred years ago, translated into many languages, and reprinted numerous times both in Russia and abroad. Many of Vernadsky's scientific achievements are now featured in publications for higher education and have become an integral part of the knowledge system shaped in the training of specialists not only in the natural sciences – geology, biology, geography, and others – but also in philosophy, pedagogy, and a number of areas of the social sciences. The article presents characteristic examples of the reception of Vernadsky's legacy and its assessment by modern students.

Keywords: Academician Vernadsky, scientific and spiritual heritage, biosphere, noosphere, understanding the value of heritage.

Введение

В погожий день 12 марта 2026 года на Новодевичьем кладбище Москвы состоялась торжественная церемония возложения цветов к памятнику на могиле академика В.И. Вернадского. Мероприятие было посвящено 163-ей годовщине со дня рождения великого русского ученого, оригинального мыслителя, настоящего гражданина, выдающегося организатора науки. По

сложившейся традиции его организовал Неправительственный экологический фонд имени В.И. Вернадского (Рис. 1).



Рис. 1. Митинг у могилы В.И. Вернадского 12 марта 2026 года

Фото А. Чешева

На митинге, как и обычно, звучало много искренних и добрых слов о виновнике торжества, в которых не тонули актуальные мысли ораторов о значении бесценного наследия Вернадского для современности. Представители академической сферы говорили о новом в восприятии научного наследия ученого, преподаватели – о подвиге его гражданского служения на протяжении всей жизни, а писатель Г.П. Аксенов – автор широко известной книги о Вернадском в серии «Жизнь замечательных людей» [1] – напомнил присутствующим, что 2026-й год – это год столетнего юбилея выхода в свет одного из несомненных шедевров мировой науки – книги нашего великого ученого «Биосфера». И вполне закономерно, что эта тема стала предметом заинтересованного обсуждения собравшихся.

Юбилей «Биосферы»

Известно, что научное наследие Вернадского поистине велико и многогранно. Всё, чего касался его гениальный ум, получало мощный импульс развития и приводило к бесценным научным открытиям, среди которых нет, по-видимому, смысла определять приоритеты важности. Тем более, что процесс осмысления его академических достижений по-прежнему далёк от завершения. Вместе с тем, многие ученые считают, что венцом творчества Вернадского стало его учение о биосфере как области взаимодействия планетных и космических сил (энергий) с живым веществом. Оно обосновано в нескольких его монографиях и многих статьях (Рис. 2). Один из главных выводов: живые организмы (глобальная их совокупность – живое вещество) активно преобразуют окружающую природу. Поэтому вся область жизни – биосфера – является не механической системой, а своеобразным космическим организмом.



Рис. 2. Первое и одно из современных изданий «Биосферы» В.И. Вернадского

Известно, что учение о биосфере в момент его появления оценили очень немногие; за рубежом – французские мыслители Э. Ле Руа и П. Тейяр де Шарден, которые, прослушав в Париже в 1923 году лекции Вернадского по геохимии, выдвинули идею ноосферы – области духовной жизни на планете. Только спустя три десятилетия учение о биосфере получило широкое признание, хотя к этому времени имя его творца основательно забылось. Экологический бум последних десятилетий выдвинул на первый план технологические и социально-политические аспекты этого учения, тогда как научно-философская сущность взаимодействия человечества с природой и эволюции биосферы, о чем писал Вернадский, остаются практически в забвении.

Как натуралист Вернадский с юности стремился постичь земную природу. Он записал в дневнике: *"Какое наслаждение "вопрошадь природу"! Какой рой вопросов, мыслей, соображений! Сколько причин для удивления, сколько ощущений приятного при попытке обнять своим умом, воспроизвести в себе ту работу, какая длилась веками в бесконечных ее областях!"*

Общеизвестно, что он не ограничивал свой кругозор заемными знаниями, хотя читал разнообразнейшую литературу на всех основных европейских языках. Он проехал тысячи километров на поездах и в повозках, пересекая вдоль и поперек Европу, Кавказ, Урал. Прошагал сотни километров, изучая рудники Польши, Чехословакии, Германии; древние вулканы Центральной Франции и огнедышащий Везувий; грязевые вулканы Тамани и Керченского полуострова; нефтепромыслы Баку; рудопроявления в горах Кавказа, Алтая, Средней Азии, на Украине; гранитные массивы Забайкалья и Франции, базальты Северной Ирландии и многое другое на нашей планете

Как геолог он охватывал миллионы лет существования биосферы; как историк культуры прослеживал эволюцию человеческой мысли за века и тысячелетия. Последнее обстоятельство во многом определило его

представления о ноосфере (в отличие от модных ныне ноосферных фантазий). С позиций гуманизма Вернадский полагал, будто неуклонный научно-технический прогресс ведет к торжеству разума и рациональной организации природы: *"Биосфера XX столетия превращается в ноосферу, создаваемую прежде всего ростом науки, научного понимания и основанного на ней социального труда человека"*.

Чуждый идеализма Вернадский по-своему стал толковать ноосферу как область проявления научной мысли и технической деятельности. В 1938 году он писал:

"Мы присутствуем и жизненно участвуем в создании в биосфере нового геологического фактора, небывалого в ней по мощности..."

Закончен после многих сотен тысяч лет неуклонных стихийных стремлений охват всей поверхности биосферы единым социальным видом животного царства — человеком...

Нет на Земле уголка, для него недоступного. Нет пределов возможному его размножению. Научной мыслью и государственно организованной, ею направляемой техникой, своей жизнью человек создает в биосфере новую биогенную силу...

... Создание ноосферы из биосферы есть природное явление, более глубокое и мощное в своей основе, чем человеческая история...

Это новая стадия в истории планеты, которая не позволяет пользоваться для сравнения, без поправок, историческим ее прошлым. Ибо эта стадия создает, по существу, новое в истории Земли, а не только в истории человечества".

Как отмечает Р. К. Баландин – один из известных исследователей жизни и творчества Вернадского, член Комиссии РАН по творческому наследию В. И. Вернадского [3] – для него человек был прежде всего носителем разума. Он верил, что преобразование природы будет вестись предусмотрительно, без ущерба людям и природе. Хотя на собственном опыте, пережив две мировые

войны и одну гражданскую, он мог бы убедиться, что в действительности все происходит не совсем так или даже совсем не так. В своей деятельности человек слишком часто использует дарованный природой разум для порабощения и уничтожения себе подобных, для разрушения биосферы. Им движет не столько разум, сколько воля, желания, вера, потребности, предрассудки, невежество, психические "комплексы"...

Впрочем, Вернадский признавал, что человек "отчуждается" от создавшей его природы. По его словам: *"Благодаря условностям цивилизации эта неразрываемая и кровная связь всего человечества с остальным живым миром забывается, и человек пытается рассматривать отдельно от живого мира бытие цивилизованного человечества. Но эти попытки искусственны и неизбежно разлетаются, когда мы подходим к изучению человечества в общей связи его со всей Природой"*.

Всё сказанное выше – это напоминание современникам о непреходящей ценности добытого Вернадским знания о биосфере и повод ознакомиться с его трудами для тех (прежде всего студентов и аспирантов), кто не успел это сделать ранее. И, что важно, не в пересказе и комментариях, а в оригинале!

Студенты о наследии Вернадского

Так получилось, что В.И. Вернадский воспитал целую плеяду выдающихся ученых и организаторов науки, особое место среди которых принадлежит академику А.Е. Ферсману. В своих воспоминаниях о Вернадском он писал: *«Десятилетиями, целыми столетиями будут изучаться и углубляться его гениальные идеи, а в трудах его - открываться новые страницы, служащие источником новых исканий; многим исследователям придётся учиться его острой, упорной и отчеканенной, всегда гениальной, но трудно понимаемой творческой мысли; молодым же поколениям он всегда будет служить учителем в науке и ярким образцом плодотворно прожитой жизни»* [5, с. 787].

Отрадно, что блестящий прогноз Ферсмана определённо сбывается в наше время. Автор этих строк убеждается в этом в процессе общения со своими студентами в целом ряде курсов. В подтверждение сказанному далее приводятся фрагменты из некоторых зачетных работ 2026 года студентов МГУ имени М.В. Ломоносова, которые подразделены на две части.

1. Фрагменты самостоятельных работ студентов 4-го курса географического факультета, выполненных в рамках курса «Устойчивое развитие» при изучении темы «Национальные модели устойчивого развития»¹

«Формируемая российская модель УР² должна опираться на наш национальный суверенитет и историческую память. У нас уже есть мощный идеологический фундамент – учение академика **В.И. Вернадского**³ о ноосфере (сфере разума), которое опередило западные концепции УР. Если мы сможем соединить наш глубокий философско-научный базис и советский опыт обеспечения социальной справедливости с эффективными зарубежными инструментами государственного регулирования и экологического контроля, Россия получит уникальную и максимально устойчивую национальную модель развития, нацеленную на благополучие будущих поколений». / Д.Р.

«... кемализм и американский патриотизм неприемлемы: первый слишком авторитарен, второй – рыночно-потребительский. Ноосфера **Вернадского**, напротив, является глобальной и гуманистической моделью. Её трудность в том, что она требует перехода от сырьевой экономики к экономике знаний, от эксплуатации природы к управлению биосферой на основе длинных циклов (до 100 лет).

... России не нужно выбирать одну иностранную модель. Интерес представляют конкретные институты: польдерный консенсус, шведская умеренность, швейцарская локальность, японская ландшафтная забота и

¹ По этическим соображениям авторство приводимых цитат обозначено инициалами.

²

³ Здесь и далее аббревиатура В.И. Вернадского используется как обозначение его учения о «Устойчивом развитии».

турецкая инфраструктурная дисциплина. Однако их внедрение бессмысленно без собственной мета-рамки. Такой рамкой является учение **Вернадского**, которое превращает разрозненные зарубежные практики из самоцели в инструменты для перехода биосферы в ноосферу. Именно синтез прагматики Запада и космического масштаба русской научной мысли может дать устойчивое развитие, а не имитацию». / С.А.

«Опираясь на собственное наследие и принципы суверенитета, справедливости и «ноосферного мышления», Россия способна сформировать эффективную и уникальную модель устойчивого развития. / Ч.Е.

Мы, строя суверенную экономику и опираясь на собственную науку и культуру, не должны полностью брать чужие модели – нам необходимо выработать нечто своё. Возможно, таким ориентиром станет по-новому осмысленная ноосферная концепция **Вернадского**, где разум берёт верх над хаосом». / Г.Н.

«Из зарубежного опыта нам следует взять лучшее: шведское бережное отношение к природе, китайскую систему государственного планирования экологии, японскую опору на науку и американский патриотизм. Синтез этих элементов, помноженный на наше историческое наследие и идеи ноосферы академика **В.И. Вернадского** (как высшей формы разумного природопользования), позволит России создать уникальную и эффективную модель устойчивого развития.

Ключевой вывод из предоставленного конспекта – необходимость собственной модели УР, базирующейся на социальной справедливости и всеобщей ответственности, но с учётом нашего исторического опыта (включая планы ГОЭЛРО и советские традиции природопользования). И главный незадействованный фактор, на который указывает автор лекции, - цель. Для России такой целью могла бы стать ноосферная стратегия **В.И. Вернадского**: опора на разум и исторический оптимизм в достижении экологического благополучия». / М.А.

«... формируемая российская модель УР должна опираться в том числе на наследие отечественных умов – например, **В.И. Вернадского** и Н.Н. Баранского, тем самым проявляя то самое почтение к наследию своей страны». / К.А.

«Наверное, самое ценное, что зарубежный опыт даёт России – это подтверждение того, что устойчивое развитие не сводится к технологиям или экономике, это всегда ценностный и культурный проект. И здесь особый интерес представляет финальная мысль, а именно обращение к идее ноосферы **В.И. Вернадского**, что человек – мощная сила природы, мы меняем планету не хуже вулканов, но дальше так нельзя. Бессмысленно гробить природу ради сиюминутной выгоды, надо жить по уму – объединить науку, труд и совесть, чтобы у планеты было будущее.

«И, возможно, именно ноосферная идея **Вернадского** станет тем мостом, который соединит лучшие мировые практики с российскими...» / С.В.

II. Фрагменты зачетных работ студентов программы профессиональной переподготовки «Преподаватель высшей школы» факультета педагогического образования МГУ, выполненных в рамках курса «Образование для устойчивого развития»

«... однако при всех сложностях у России есть серьёзные преимущества. Во-первых, сильная научная традиция. Идеи **Вернадского** о ноосфере, экологические исследования, развитая система высшего образования создают интеллектуальную основу для осмысления устойчивого развития на глубоком уровне, так же сильный культурный фактор. В российской традиции присутствует идея коллективной ответственности и взаимопомощи. Несмотря на современные изменения, в обществе сохраняется понимание ценности общих ресурсов – земли, природы, пространства. Это может стать основой для формирования собственной модели устойчивости, которая будет учитывать национальные особенности». / М.Т.

«Концепция устойчивого развития воплотила в себе идеи **В.И. Вернадского** о превращении человечества в геологическую силу, которая может привести к глобальным изменениям в биосфере и разрушить сами основы жизни человека, если общество не перейдет на новый этап своего развития, управляемый разумом, наукой о законах взаимодействия природы и общества.

«Ноосфера» по **В.И. Вернадскому**, как и общество устойчивого развития, характеризуется овладением человеческим Разумом законов гармонизации общества с природой и плановое, а не стихийное, управление развитием цивилизации». / С.М.

«При рассмотрении теоретических оснований устойчивого развития в России нельзя ограничиваться лишь адаптацией западных концепций конца XX века. Российская мысль внесла фундаментальный вклад в понимание взаимосвязи человека и природы задолго до появления термина «*sustainable development*». Ключевой фигурой здесь является **Владимир Иванович Вернадский**.

... Согласно его теории, биосфера – живая оболочка Земли — под воздействием человеческой деятельности и научной мысли переходит в новое состояние, ноосферу. В этом состоянии человеческий разум становится геологической силой, способной изменять планетарные процессы.

Важнейшим аспектом учения **Вернадского** является ответственность человека. В статье ... проводится анализ эволюционной концепции **В.И. Вернадского**, где центральное место занимает рассмотрение перехода биосферы в ноосферу как закономерного и направленного процесса (Мазуров, 2016 [4]). Автор обосновывает высокую значимость наследия **Вернадского** для преодоления современных глобальных экологических вызовов. В работе утверждается, что для обеспечения устойчивого будущего необходим фундаментальный сдвиг от техногенной модели развития к модели, ориентированной на законы биосферы. Поскольку разум становится силой,

изменяющей биосферу, человек обязан управлять этим процессом разумно, чтобы не разрушить среду своего обитания. Это фактически является философским фундаментом концепции устойчивого развития: развитие возможно только тогда, когда оно управляется научной мыслью в интересах сохранения жизни. Идеи **Вернадского** о том, что человечество должно взять на себя ответственность за эволюцию биосферы, опередили свое время и сегодня звучат крайне актуально. В российском образовании обращение к наследию Вернадского позволяет обосновать идеи устойчивого развития не как заимствованный подход, а как развитие собственной национальной научной традиции». / М.Р.

«Особо выделяется фигура **В.И. Вернадского**, чье учение о ноосфере – сфере разума, объединяющей человечество, природу и научное знание, – стало фактическим фундаментом для современной концепции устойчивого развития. ...

Опираясь на наследие этих (*В.И.В. и др. – Ю.М.*) мыслителей, возникает еще одна идея – разработать и внедрить в практику работы образовательных учреждений программу «Ноосфера начинается с тебя», направленную на формирование у детей и подростков целостного мировоззрения, объединяющего естественнонаучное знание, гуманитарную культуру и личную ответственность. Суть идеи заключается в создании цикла междисциплинарных проектов, в рамках которых учащиеся под руководством педагогов, психологов и приглашенных специалистов исследуют свой регион (или локальную территорию) через призму идей **Вернадского**, Докучаева и Ефремова. Например, изучая местную экосистему, дети не только проводят замеры и наблюдения (следуя принципу Докучаева), но и исследуют культурную историю места, записывают воспоминания старожилов, создают творческие работы (фотографии, эссе, рисунки), отражающие их эмоциональную связь с этой территорией (воплощая формулу Ефремова). Итогом проекта может стать создание «Карты ноосферы моего края» –

интегрального продукта, объединяющего экологические, исторические и культурные данные, а также личные впечатления участников. Психологическое сопровождение таких проектов должно быть направлено на то, чтобы помочь детям пережить опыт единения с природой и сообществом, превратить абстрактное знание в лично значимое. Такой подход позволяет не просто транслировать идеи отечественных мыслителей, но и делать их живым инструментом формирования устойчивого мировоззрения, что, на мой взгляд, является подлинным патриотизмом и основой для устойчивого развития страны». / А.Д.

Автор мог бы и дальше продолжать цитировать студенческие работы, но, полагаю, что и того, что представлено выше вполне достаточно для понимания следующего:

- студенты, авторы цитированных работ, знают, понимают и ценят научные достижения Вернадского;
- эти достижения представляют собой наследие с характерными чертами научной, духовной, исторической и культурной ценности;
- постигая наследие Вернадского, студенты приходят к осознанию его ценности не только в качестве выдающегося исторического артефакта, но и как объективно востребованной предпосылки развития человеческой цивилизации.

В заключение и в подтверждение последнего тезиса приведу характерный фрагмент из работы студентки программы профессиональной переподготовки «Преподаватель высшей школы» А.В. Давыдовой: «В данном курсе цитируется **В.И. Вернадский**: *«Спасение России заключается в расширении образования и знаний»*. Эти слова, сказанные более ста лет назад, звучат сегодня как завещание. Образование для устойчивого развития – это не просто очередная образовательная программа. Это попытка вернуть образованию его объединяющую миссию, сделать его инструментом не только передачи знаний, но и формирования человека, способного жить в сложном,

взаимосвязанном мире, уважая и свою культуру, и культуру других народов, понимая, что у всех нас – одна планета и одно будущее».

Автор полностью разделяет позицию процитированной студентки. И уверен, при этом, что так же думают и многие профессионалы. Но еще больше тех, кто приближается к постижению смыслов, заключенных в наследии Вернадского. Косвенным, но убедительным свидетельством чего стали цветы на могиле великого русского ученого и гражданина, появившиеся на его могиле 12 марта 2026 года (Рис.3).



Рис. 3. Цветы у памятника на могиле академика В.И. Вернадского

Фото А. Чешева

Выводы

В.И. Вернадский был выдающимся теоретиком широкого спектра наук, гениальным мыслителем, уникальным философом, неутомимым просветителем и эффективным практиком, нацеленным на масштабные преобразования в жизни общества. Наследие Вернадского велико и

многогранно; оно продолжает сохранять свою ценность по настоящее время и будет влиять на устойчивость жизни в будущем. Учение о биосфере и ноосфере – это одно из самых выдающихся творческих достижений Вернадского, универсально признаваемое во всем мире, но преимущественно через его прокси прототипные концепции (устойчивого развития, образования для устойчивого развития и др.).

Базовой предпосылкой успешной реализации учения о ноосфере является её сознательная поддержка критической массой населения, основанная на научном понимании категорий справедливости в отношениях в глобальном социуме и ответственности по отношению к биосфере.

Список использованной литературы

1. Аксенов Г.П. Вернадский. ЖЗЛ. – М.: Молодая гвардия, 2001.
2. Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере // Успехи современной биологии. 1944, № 18, вып. 2. – С. 113-120.
3. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера / Предисловие Р. К. Баландина. – М.: Айрис-пресс, 2004.
4. Мазуров Ю.Л. Идеи развития в творчестве В.И. Вернадского и их современная востребованность // Ноосфера, 2016. – С. 14-18.
5. Ферсман А.Е. Избр. труды. Т. V. - М., 1958.

УДК 378.048.2

ВАЖНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ НАСЛЕДИЯ В.И. ВЕРНАДСКОГО В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ ИССЛЕДОВАТЕЛЯ

Пономарёв Алексей Михайлович, д-р филос.н.

ФГБУН Институт философии и права УрО РАН, г. Ижевск, e-mail:

atp08@mail.ru

Аннотация. *Изучение наследия В.И. Вернадского является необходимым элементом курса Истории и философии науки. Наряду с дисциплинарным знанием это наследие содержит науковедческое, историко-научное и*

философское знание. Его важная часть – проблематика этической ответственности учёного. Деятельность В.И. Вернадского при подготовки будущего учёного носит парадигмальный характер.

Ключевые слова: *ноосфера, В.И. Вернадский, история науки, научная этика и ответственность*

THE IMPORTANCE OF STUDYING THE LEGACY OF V.I. VERNADSKY IN THE PROCESS OF TRAINING A RESEARCHER

Ponomarev A.M.

Institute of Philosophy and Law UB RAS, Izhevsk

Annotation. *Studying V.I. Vernadsky's legacy is a necessary element of the History and Philosophy of Science course. Along with disciplinary knowledge, this legacy encompasses science studies, historical-scientific knowledge, and philosophical knowledge. An important part of this heritage is the issue of the ethical responsibility of scientists. V.I. Vernadsky's work in training future scientists is paradigmatic.*

Keywords: *noosphere, V.I. Vernadsky, history of science, scientific ethics and responsibility*

Введение Наследие В.И. Вернадского является обязательной темой в стандартном курсе Истории и философии науки, который является одной из немногих учебных дисциплин, направленных на подготовку профессиональных исследователей. Особо следует подчеркнуть – это комплексный курс. Наука рассматривается в нём не только под углом зрения методологии и методов получения нового знания. Она изучается и как социальный институт, и как сообщество профессионалов, т.е. включает в себя и организационные и этические аспекты научной деятельности. Имя Владимира Ивановича Вернадского – одно из немногих «обязательных» имён

в этом курсе. И тот факт, что знакомство с его наследием включены в программу подготовки аспирантов, свидетельствует о том, что деятельность В.И. Вернадского является эталонной при формировании современного учёного. Частным подтверждением этого положения является то, что творчество В.И. Вернадского может изучаться и с историко-научной, и с философско-научной точек зрения.

Основной текст А.П. Огурцов обращает внимание на то, что учение о ноосфере – главный вклад В.И. Вернадского в философию науки, – естественно и логически итожит интерес выдающегося ученого к развитию науки как таковой. В историко-научном наследии В.И. Вернадского А.П. Огурцов выделяет следующие направления его интересов:

- 1) история науки как развитие научного мировоззрения;
- 2) история науки как развитие форм организации научной работы;
- 3) история науки как развитие отдельных дисциплин;
- 4) история науки под углом зрения развития научных проблем;
- 5) история отечественного естествознания;
- 6) биографии и оценка вклада личности различных учёных;
- 7) историографические работы;

А.П. Огурцов акцентирует внимание на том, что история науки В.И. Вернадским «... рассматривается не просто под когнитивным углом зрения (будь то мировоззрение, научная проблема или теория), а как процесс превращения биосферы в ноосферу и как рост антропогенной по своей природе ноосферы». Такой подход формирует самостоятельную историко-научную концепцию, что, по мнению А.П. Огурцова, следует выделить в самостоятельное направление интересов В.И. Вернадского как историка науки. [3, с. 228]

Представляется, что мысль А.П. Огурцова должна быть усилена. Предложенный В.И. Вернадским подход – это не только понимание организованной научной деятельности в качестве эволюционного фактора, о

чём говорится часто. Это новое *концептуальное* осмысление истории науки, новая парадигма науковедения и истории наук как исследовательской дисциплины, на что не всегда обращают внимание.

Следует отметить, что в своём движении к учению о ноосфере через исторические изыскания В.И. Вернадский замыкает естественнонаучную традицию, включающие такие имена как: Бюффон (говорил о царстве человека в геологической истории), Агассис (говорил об эре человека), Бюффон Дж. Дан (выдвинул понятие цефализации или энцефалоз), Дж. Ле Конт и Ч. Шухерт (выделяли психозойскую эру), А.П. Павлов (писал о выделении антропогенной эры), Н.А. Умов (развивал идеи об антиэнтропийной сущности жизни), А.Е. Ферсман (предложил теорию техносферы).

Отдельная линия – связь учения о ноосфере с философией. Исследователи этого учения прослеживают его связи или даже взаимовлияние с идеями А.Н. Радищев, который писал о человеке как самосовершенствующемся существе, влияющем на эволюцию, А. Бергсона, выдвинувшего идею о творческой эволюции жизни как рядоположенного энергии и материи, с концептами пневматосферы П. А. Флоренского и антропосферы Н.О. Лосского, с работами Леруа и Тейяр-де-Шардена, которые и предложили сам термин ноосфера. Отдельное большое поле исследований – это связь и взаимовлияние русской религиозной философии и учения В.И. Вернадского. К перечисленным именам следует добавить такие имена как В.С. Соловьёв, Н.А. Бердяев, С.Н. Булгаков, Н.Ф. Фёдоров.

Но, конечно, в центре внимания при анализе философских аспектов наследия В.И. Вернадского оказывается его связь с русским космизмом. В русском космизме, понимаемом как «... идея активной эволюции, т.е. необходимости нового сознательного этапа развития мира, когда человечество направляет его в ту сторону, в какую диктуют ему разум и нравственное чувство, берёт ... эволюцию в свои руки» [4, с. 4], ноосферное учение В.И.

Вернадского занимает дно из центральных мест. Более того, позиция В.И. Вернадского является одним из столпов человекоориентированной версии русского космизма.

Не секрет, что в русском космизме можно выделить «элитаристское направление», которое перекликается не только с историческим ницшеанством, но и с рядом положений современного трансгуманизма. В этом контексте уже привычно перечисление следующих положений. Уход в историческую труху звероподобных, диких предков и несовершенных рас у А. В. Сухова-Кобылина. Или идея замены людей-автоматов, не сумевших подняться до вершин цивилизации, у Н.А. Умова. Или же теоретизирование К.Э. Циолоковского, согласно которому допускается профилактическое «ликвидирование всех отставших родов», что необходимо для создания «существ без страстей, с высшим разумом» [2, с. 49-50].

В противоположность этой позиции В.И. Вернадский чётко формулирует гуманистическую нравственную позицию. Ноосфера, которая трактуется как воплощающийся идеал, цель, в качестве условия своего полного осуществления требует вселенскости и единства человечества. Ф.Т. Яншина в полемике с авторами, провозглашавшими ноосферу утопической идеей, ставит вопрос: ноосфера – это утопия или стратегия выживания человечества? На основании внимательного разбора текстов великого учёного, она формулирует вывод: «Можно смело говорить о том, что учение академика Вернадского о переходе биосферы в ноосферу является не утопией, а действительной стратегией выживания и достижения разумного будущего для всего человечества», – и выделяет 12 условий исторической осуществимости ноосферы [5].

Примечательно, что из этих условий минимум пять имеют выраженную этическую окрашенность, а именно:

- равенство людей всех рас и религий;

- увеличение роли народных масс в решении вопросов внешней и внутренней политики;
- подъём благосостояния и преодоление голода, нищеты и ослабление влияния болезней;
- преобразование Земли с целью удовлетворения материальных, эстетических и духовных потребностей численно возрастающего населения;
- исключение войн из жизни человечества.

Эта позиция согласно диалектике отношения цели и средств, органично трансформируется в этические идеалы научной деятельности.

С.Г. Семёнова, анализируя русский космизм, неслучайно включает в его определение нравственное чувство. Его функция – совместно с разумом, – направлять развитие эволюции. Благая цель, необходимые гуманные условия для её воплощения нереализуемы негодными средствами. Поэтому, пишет В.И. Вернадский, необходимо создать «интернационал учёных», который культивировал бы «... сознание нравственной ответственности учёных за использование научных открытий и научной работы для разрушительной, противоречащей идее ноосферы, цели» [1, с.36].

Можно констатировать, что в творчестве В.И. Вернадского внутринаучная этика получает новое обоснование: её ценности и нормы выводятся не из морализаторства или утилитаризма, а из объективной необходимости дальнейшего развития биосферы Земли в антропную эру.

Выводы Краткий обзор основных положений науковедческого наследия В.И. Вернадского демонстрирует, что в нём отражена практически вся проблематика, рассматриваемая в аспирантском курсе История и философия науки. В силу этого отдельные положения рассмотренного наследия могут быть использованы практически во всех темах названной учебной дисциплины, а выделение учения о ноосфере в отдельный тематический блок не вызывает удивления. Деятельность В.И. Вернадского как исследователя, его этическая позиция превращают его в личность, изучение биографии и

научного наследия которого становится парадигмальным образцом для молодого учёного.

Список использованной литературы

1. Вернадский В.И. Научная мысль как планетное явление. – М.: Наука, 1977. – 191 с.
2. Иванюшкин А.Я. К.Э. Циолковский и русская евгеника. // Здоровоохранение Российской Федерации. – 2014, №1 т.58. – С. 48-51.
3. Огурцов А.П. Философия науки: двадцатый век: Концепции и проблемы. Часть третья: Философия науки и историография. / А.П. Огурцов. – СПб.: Изд. дом. «Мирь», 2011. – 336 с.
4. Семёнова С.Г. Русский космизм. // Русский космизм: Антология философской мысли. / Сост. С.Г. Семёнова, А.Г. Гачева. – М.: Педагогика-Пресс, 1993. – 368 с. – С.3-33.
5. Яншина Ф.Т. Ноосфера В. Вернадского утопия или реальная перспектива? [Электронный ресурс] https://russianway.rhga.ru/upload/main/95_Yanshina.pdf [Дата обращения: 20.05.2026]

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

УДК 331.45:621

РОБОТИЗАЦИЯ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ КАК МЕТОД СНИЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА

Абдуллаева Айнура Аскарровна, магистр филологических наук, сеньор лектор

Мананбай Махамбет Болатұлы студент,

Мераймбеккызы Салтанат студент,

Алматинский технологический университет, г. Алматы, Республика

Казахстан, e-mail: ainurbastarbek@icloud.com

***Аннотация.** В статье рассматриваются актуальные проблемы
производственного травматизма в промышленности и возможности их*

решения путём внедрения промышленных роботов на опасных участках производства. Проведён анализ основных видов производственных рисков, устраняемых посредством роботизации. Показана эффективность применения роботизированных систем для повышения уровня техносферной безопасности.

Ключевые слова: *техносферная безопасность, роботизация, производственный травматизм, промышленные роботы, охрана труда, автоматизация, опасные производства.*

ROBOTIZATION OF HAZARDOUS PRODUCTION PROCESSES AS A METHOD OF REDUCING INDUSTRIAL INJURIES

Abdullaeva A.A., Manapbay M.B., Meirambekkyzy S.

Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan

e-mail: mahanbetmanapbaj2@gmail.com

Annotation. *The article examines current problems of industrial injuries in manufacturing and the possibilities of solving them through the introduction of industrial robots in hazardous production areas. An analysis of the main types of production risks eliminated through robotization is carried out. The effectiveness of robotic systems for improving technosphere safety is demonstrated.*

Keywords: *technosphere safety, robotization, industrial injuries, industrial robots, labor protection, automation, hazardous production.*

Введение. Производственный травматизм остаётся одной из наиболее острых проблем промышленной безопасности в современном мире. Согласно данным Международной организации труда, ежегодно в мире регистрируется более 340 миллионов производственных несчастных случаев, из которых значительная доля приходится на отрасли с повышенным уровнем опасности: металлургию, химическую промышленность, горнодобывающий сектор и машиностроение [1].

В условиях активного развития технологий Industry 4.0 и роботизации производства открываются принципиально новые возможности для снижения воздействия вредных и опасных факторов на работников. Промышленные роботы способны выполнять задачи в средах, непригодных для человека: при высоких температурах, в условиях токсичного загрязнения, радиационного воздействия или механической опасности [2]. Это делает роботизацию одним из наиболее перспективных инструментов обеспечения техносферной безопасности.

1. Анализ производственных рисков и роль роботизации.

Производственные риски можно разделить на несколько ключевых групп: механические (движущиеся части оборудования, падение предметов), термические (работа с расплавленными металлами, открытым огнём), химические (контакт с токсичными веществами) и эргономические (монотонный физический труд, вынужденные позы). Все эти группы рисков поддаются существенному снижению при замене ручного труда роботизированными системами [3].

Промышленные роботы-манипуляторы активно применяются в сварочном производстве, где работник традиционно подвергается воздействию высокой температуры, ультрафиолетового излучения и токсичных сварочных аэрозолей. Внедрение роботов-сварщиков позволяет полностью исключить человека из зоны непосредственной опасности, сохранив при этом высокое качество сварного шва и повысив производительность.

В химической промышленности и фармацевтике роботы применяются для работы с агрессивными и токсичными веществами. Роботизированные системы дозирования и смешивания исключают прямой контакт персонала с опасными компонентами, снижая риск острых и хронических отравлений. В горнодобывающей отрасли автономные горнопроходческие машины и дроны

для обследования горных выработок позволяют избежать нахождения людей в зонах возможного обрушения кровли [4].

Немаловажным аспектом является применение коллаборативных роботов (коботов) — систем, способных работать в непосредственной близости с человеком. Снабжённые датчиками силы и систем технического зрения, коботы автоматически останавливаются при обнаружении человека в рабочей зоне, что обеспечивает безопасность совместного труда.

2. Перспективы развития роботизации в контексте техносферной безопасности.

Современные тенденции развития промышленной робототехники свидетельствуют о значительном расширении области применения роботов в опасных производственных условиях. Интеграция технологий искусственного интеллекта и машинного обучения позволяет создавать роботизированные системы, способные самостоятельно оценивать уровень опасности рабочей среды и адаптировать своё поведение в режиме реального времени [5].

Особого внимания заслуживают роботизированные системы для ликвидации аварий и чрезвычайных ситуаций. Роботы-спасатели, применяемые при пожарах, техногенных катастрофах и ядерных авариях, позволяют проводить разведку и первичные аварийно-спасательные работы без риска для жизни людей. Применение подобных систем открывает новые возможности для казахстанской промышленности, в частности для горнодобывающей и нефтегазовой отраслей.

Выводы. Роботизация опасных производственных процессов является одним из наиболее эффективных современных методов снижения производственного травматизма. Результаты анализа показывают, что внедрение промышленных роботов позволяет не только минимизировать воздействие вредных и опасных факторов на работников, но и повысить производительность труда и качество продукции. Развитие технологий промышленной робототехники в рамках концепции Industry 4.0 открывает

широкие перспективы для комплексного решения задач техносферной безопасности в различных отраслях промышленности, в том числе в Республике Казахстан.

Список использованной литературы

1. Международная организация труда. Безопасность и охрана здоровья на производстве: глобальная стратегия. – Женева: МОТ, 2022. – 48 с.
2. Козловский В.Н. Промышленная робототехника в системе управления охраной труда / В.Н. Козловский, А.И. Фёдоров // Безопасность в техносфере. – 2021. – №3. – С. 14–22.
3. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды / С.В. Белов. – М.: Юрайт, 2020. – 702 с.
4. Алпысбаев К.С. Перспективы применения робототехники на горнодобывающих предприятиях Казахстана / К.С. Алпысбаев // Горный журнал Казахстана. – 2023. – №2. – С. 35–41.
5. Siciliano B., Sciavicco L. Robotics: Modelling, Planning and Control / B. Siciliano, L. Sciavicco. – London: Springer, 2019. – 632 p.

УДК 614.8

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО СГЛАЖИВАНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В РЕСПУБЛИКЕ МАРИЙ ЭЛ

Алмаметова Яна Алексеевна, магистрант, e-mail: anaalmametova@gmail.com

Филина Наталья Александровна, канд. техн. наук, доцент

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола, e-mail: nata-filina@yandex.ru*

Аннотация. *Статья посвящена одному из методов моделирования и прогнозирования производственного травматизма на основе статистических показателей травматизма в Республике Марий Эл. Актуальность исследования обусловлена необходимостью проактивного*

управления охраной труда для снижения числа несчастных случаев на производстве. На основе официальной статистики построена математическая модель для прогнозирования его уровня.

Ключевые слова: несчастный случай; производственный травматизм; статистические данные; модель прогнозирования; охрана труда.

APPLICATION OF THE EXPONENTIAL SMOOTHING METHOD FOR PREDICTING INDUSTRIAL INJURIES IN THE REPUBLIC OF MARI EL

Almametova Y.A., Filina N.A.

Volga State University of Technology, Yoshkar-ola

Abstract. *The article is devoted to one of the methods of modeling and forecasting occupational injuries based on statistical indicators of injuries in the Republic of Mari El.*

Keywords: *accident; occupational injuries; statistical data; forecasting model; occupational safety.*

Введение. Несчастные случаи на производстве влекут за собой тяжелые человеческие трагедии, значительные экономические потери для предприятий и существенную нагрузку на систему социального обеспечения. Несмотря на предпринимаемые меры по улучшению условий труда, уровень травматизма в регионе требует постоянного мониторинга и совершенствования подходов к его профилактике [1].

Проблема данной темы связана с тем, что существующие подходы к анализу этих данных зачастую ограничиваются констатацией фактов и описательной статистикой. Традиционные методы прогнозирования могут не в полной мере учитывать различные факторы, влияющие на природу

производственного травматизма (технические, организационные, сезонных) и динамику их изменения.

Метод экспоненциального сглаживания является одним из наиболее эффективных, надежных и широко применяемых методов прогнозирования [2].

Он позволяет получить оценку параметров тренда, характеризующих не средний уровень процесса, а тенденцию, сложившуюся к моменту последнего наблюдения, и при этом отличается простотой вычислительных операций.

Сущность метода заключается в сглаживании исходного динамического ряда взвешенной скользящей средней, веса которой (ω_i) подчиняются экспоненциальному закону [2].

Пусть исходный динамический ряд описывается полиномом вида:

$$y_t = b_0 + b_1 t + \frac{b_2}{2!} t^2 + \dots + \frac{b_p}{p!} t^p + \varepsilon_t = \sum_{j=1}^p \frac{b_j}{j!} t^j + \varepsilon_t \quad (1)$$

Метод экспоненциального сглаживания позволяет построить такое описание процесса (1), при котором более поздним наблюдениям придаются большие веса по сравнению с ранними наблюдениями, причем веса наблюдений убывают по экспоненте.

Выражение:

$$S_t^{[k]}(y) = \alpha \sum_{i=0}^n (1-\alpha)^i S_{t-1}^{[k-1]}(y), \quad (2)$$

называется экспоненциальной средней k -го порядка для ряда;

где γ_i – параметр сглаживания.

В расчетах экспоненциальную среднюю определяют, пользуясь рекуррентной формулой, полученной Брауном:

$$S_t^{[k]}(y) = \alpha S_t^{[k-1]}(y) + (1-\alpha) S_{t-1}^{[k-1]}(y) \quad (3)$$

Использование соотношения (3) предполагает задание начальных условий $S_0^{[1]}$, $S_0^{[2]}$, $S_0^{[k]}$, которые могут быть определены по формуле Брауна-Майера:

$$S_t^{[k]}(y) = \sum_{p=0}^n (-1)^p * \frac{b_p}{p!} * \frac{\alpha (1-\alpha)}{(k-1)!} * \sum_{j=0}^{\infty} j^p (1-\alpha)^j \frac{(p-1+j)!}{j!}, \quad (4)$$

Оценки коэффициентов прогнозирующего полинома определяют через экспоненциальные средние по фундаментальной теореме Брауна -Мейера. В этом случае коэффициенты b_i находят решением системы $(p-1)$ уравнений с $(p+1)$ неизвестными, связывающей параметры полинома с исходной информацией.

Рассмотрим применение метода экспоненциального сглаживания для двух наиболее употребительных случаев, когда тренд описывается линейной функцией и параболой [3].

В зависимости от величины параметра прогнозные оценки по-разному учитывают влияние исходного ряда наблюдений: чем больше α , тем больше вклад последних наблюдений в формирование тренда, а влияние начальных условий убывает быстро. При малом α прогнозные оценки учитывают все наблюдения, при этом уменьшение влияния более ранней информации происходит медленно.

Выбор параметра нужно связывать с точностью прогноза, поэтому для более обоснованного выбора можно использовать процедуру обобщенного сглаживания. В этом случае получаются следующие соотношения, связывающие дисперсию прогноза $\sigma_{\hat{x}\tau}^2$ и параметр сглаживания α .

Для линейной модели:

$$\sigma_{\hat{x}\tau}^2 = \frac{\alpha}{(1+\beta)^2} [1+4\beta+5\beta^2+2\alpha(1+3\beta)\tau+2\alpha^2\tau^3] \sigma_{\varepsilon}^2, \quad (5)$$

где $\beta = 1 - \alpha$;

τ – период прогноза;

σ_{ε} – среднеквадратическая ошибка аппроксимации исходного динамического ряда.

При $\alpha = 0$ выражения, стоящие в правой части формулы (5) обращаются в нуль, следовательно, для уменьшения ошибки прогноза необходимо выбирать минимальное значение α .

В то же время, чем меньше, тем ниже точность определения начальных условий, а, следовательно, ухудшается и качество прогноза.

Таким образом, использование формулы (5) приводит к противоречию при определении параметра сглаживания. В ряде случаев параметр α выбирают так, чтобы минимизировать ошибку прогноза, рассчитанного по ретроспективной информации.

Качество прогноза во многом зависит от выбора порядка прогнозирующего полинома. Известно, что превышение второго порядка модели не приводит к существенному увеличению точности прогноза, но значительно усложняет расчет [4].

Проведем прогнозирование на примере количества несчастных случаев в Республике Марий Эл за 2021 – 2025 г.г. (таблица 1) [5].

Таблица 1

Количество несчастных случаев в Республике Марий Эл за последние 5 лет

Год	Период времени, t	Количество несчастных случаев, Y_i
2021	1	28
2022	2	37
2023	3	38
2024	4	27
2025	5	34

Определим коэффициенты прямой $y = a_0 + a_1t$ по методу наименьших квадратов. Для этого вычислим ряд промежуточных значений и их суммы. Окончательное уравнение тренда имеет вид: $y = 32,2 + 0,2t$. Подставив его значения в $t = 1, 2, 3, 4, 5$ получим расчетные значения тренда (таблица 2).

Таблица 2

Расчетные значения тренда

Год	Период времени, t	Фактическое значение y_t	Число несчастных случаев, Y_i			
			t^2	t_{y_t}	$y = 32,2 + 0,2t$	$\Delta y = y - y_t$
2021	1	28	1	28	32,4	4,4
2022	2	37	4	74	32,6	-4,4
2023	3	38	9	114	32,8	-5,2
2024	4	27	16	108	33	6
2025	5	34	25	170	33,2	-0,8
Итого	15	164	55	494	-	-

$$\text{Определим основную ошибку: } \sigma_t = \sqrt{\frac{4,4^2 + (-4,4)^2 + (-5,2)^2 + 6^2 + (-0,8)^2}{5}} = 3,3$$

Результаты расчетов всех периодов заносим в таблицу 3.

Таблица 3

**Типовая таблица для построения прогноза по методу
экспоненциального сглаживания**

Год	Период времени, t	Фактическое значение yt	Число несчастных случаев, Yi					
			$s_t^{[1]}$	$s_t^{[2]}$	$\hat{a}_0$	$\hat{a}_1$	y_t^*	Δy_t^*
2021	1	28						
2022	2	37	30,6	31,1	30,2	-0,20	30,0	-7,04
2023	3	38	32,5	31,5	33,6	0,44	34,0	-4,01
2024	4	27	34,2	32,3	36,0	0,80	36,8	9,83
2025	5	34	32,0	32,2	31,8	-0,09	31,7	-2,27
2026	l = 1	-	32,6	32,3	32,9	0,12	33,0	-

Для построения модели прогноза на 2026 год ($l = 1$)

$$S_5^{[1]} = 0,3 \cdot 34 + (1 - 0,3) \cdot 32,0 = 32,6;$$

$$S_5^{[2]} = 0,3 \cdot 32,6 + (1 - 0,3) \cdot 32,2 = 32,3.$$

Ошибка прогноза:

$$\sigma = 3,3 \sqrt{\frac{0,3}{(2 - 0,3)^3} [1 + 4(1 - 0,3) + 5(1 - 0,3)^2 + 2 \cdot 0,3(4 - 3 \cdot 0,3) + 2 \cdot 0,3^2 \cdot 1^2]} = 2,5$$

Выводы. Сравнивая результаты, полученные при расчетах методом экспоненциального сглаживания для прогнозирования несчастных случаев можно сказать, что в 2026 году количество несчастных случаев вероятен в пределах 33 несчастных случаев, при этом ошибка прогноза составляет 2,5, что означает точность прогноза в данном случае считается удовлетворительным.

Построенная модель прогнозирования является эффективным инструментом для стратегического планирования в области охраны труда. Полученные результаты представляют научно обоснованные данные для принятия своевременных управленческих решений, направленных на предотвращение несчастных случаев и минимизацию производственных рисков в долгосрочной перспективе.

Список использованной литературы

1. Трудового кодекса Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. от 08.08.2024, с изм. от 22.11.2024);

2. Филимонов А.Б. Экспоненциальное сглаживание временных рядов с полиномиальным трендом // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Математика. — 2020. — Т. 24, № 2. — С. 185–197.
3. Чернышев М.А., Новиков А.В. Моделирование и прогнозирование рисков техносферной безопасности // Безопасность жизнедеятельности. — 2022. — № 8. — С. 14–20.
4. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Марий Эл: официальный сайт. – Йошкар-Ола. – URL: <https://12.rosstat.gov.ru/> (дата обращения 05.11.2025);
5. Приволжская межрегиональная территориальная государственная инспекция труда: официальный сайт. – Йошкар-Ола. – URL: <https://git21.rostrud.gov.ru/> (дата обращения 05.11.2025).

УДК 504.06

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРОДСКИХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

Антонова Ильвира Илгизовна, старший преподаватель

Антонова Ирина Александровна, студент

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

Аннотация. *Интенсивная урбанизация и рост численности городского населения повышают антропогенную нагрузку на экосистемы, что создает угрозы биологической безопасности. В статье проведен комплексный анализ основных факторов антропогенного воздействия на примере крупных городов. На основе анализа литературных данных и статистики выявлены наиболее критичные зоны городских экосистем. Предложена структура интегрированной системы мониторинга, позволяющая повысить устойчивость городской среды и качество жизни населения.*

Ключевые слова: *экосистема, антропогенная нагрузка, экологическая безопасность, урбанизация, биофильный дизайн, экологический мониторинг, искусственный интеллект.*

ENSURING THE SAFETY OF URBAN ECOSYSTEMS UNDER ANTHROPOGENIC STRESS

Antonova I. I, Antonova I. A

Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan

Annotation. *Intensive urbanization and the growth of the urban population increase the anthropogenic load on ecosystems, which creates threats to biological safety. The article provides a comprehensive analysis of the main factors of anthropogenic impact on the example of large cities. Based on the analysis of literature data and statistics, the most critical zones of urban ecosystems have been identified. The structure of an integrated monitoring system is proposed, which makes it possible to increase the sustainability of the urban environment and the quality of life of the population.*

Keywords: *ecosystem, anthropogenic load, environmental safety, urbanization, biophilic design, environmental monitoring, artificial intelligence.*

Введение. Безопасность городских экосистем — это состояние защищённости естественных и искусственных экологических систем города от угроз, которые могут привести к их дестабилизации, деградации или нарушению баланса. Данное понятие включает защиту здоровья человека, сохранение биологического разнообразия, природных ресурсов и способности экосистем к самовосстановлению [1].

Процесс урбанизации является одной из ключевых проблем современности, особенно для России. Он сопровождается неуклонным ростом антропогенной нагрузки на компоненты природной среды: промышленные выбросы, автомобильный транспорт, шум, вибрации, химическое загрязнение почв и вод, накопление отходов. Как следствие, экологическая обстановка в мегаполисах остается напряженной. Основными экологическими проблемами

по-прежнему являются загрязнение водных объектов, атмосферного воздуха и постоянно увеличивающееся количество отходов производства и потребления, в том числе токсичных. Целью работы является выявление основных факторов антропогенной нагрузки на городские экосистемы и обоснование мер по повышению их устойчивости и безопасности.

Анализ литературных источников позволяет выделить следующие основные факторы антропогенного воздействия, негативно влияющие на состояние городских экосистем:

Промышленность и производство. Выбросы предприятий, расположенных в черте города или вблизи его границ, загрязняют атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, а также почву [2].

Транспорт. Выхлопные газы автомобилей, автобусов и другого транспорта являются источником вредных веществ в воздухе. Кроме того, интенсивное движение транспорта увеличивает уровень шума и вибраций [3].

Бытовые отходы. Значительный объем мусора, производимого городским населением, требует организации полигонов или мусороперерабатывающих заводов, что создает дополнительную экологическую нагрузку [4].

Застройка и изменение ландшафта. Строительство зданий, дорог и объектов инфраструктуры приводит к изменению природных ландшафтов, уничтожению растительности и нарушению естественных экосистем.

Сельскохозяйственная деятельность в пригородах. Использование удобрений и пестицидов на окраинных территориях может загрязнять почву и водные объекты.

Водопользование и сброс сточных вод. Недостаточная очистка сточных вод, сбрасываемых в городские водоемы, ухудшает качество воды и вызывает гибель гидробионтов.

Энергетические объекты. Работа электростанций и других энергетических установок сопровождается выбросами парниковых газов и загрязняющих веществ [5].

Урбанизация и рост населения. Увеличение численности жителей и расширение городских территорий повышают нагрузку на природные ресурсы и экосистемы в целом [6].

Использование химических веществ в быту и промышленности. Пестициды, гербициды и другие химические соединения, попадают в почву и воду, накапливаются в пищевых цепях и вызывают нарушения в функционировании экосистем.

Шумовое загрязнение. Постоянный шум от транспорта, промышленных предприятий и других источников негативно влияет на животных, растения и здоровье человека [7].

В Российской Федерации сформирована система нормативных правовых актов, регулирующих вопросы биологической и экологической безопасности в городах:

- Федеральный закон от 30.12.2020 N 492-ФЗ "О биологической безопасности в Российской Федерации" – определяет комплекс мер по защите населения и окружающей среды от воздействия опасных биологических факторов, предотвращению биологических угроз, созданию и развитию системы мониторинга биологических рисков.
- Градостроительный кодекс Российской Федерации – создает условия для устойчивого развития городов с учётом экологических требований, что способствует сохранению городских экосистем и повышению качества жизни граждан.
- Постановления Правительства РФ, регулирующие вопросы экологической безопасности и охраны окружающей среды в городах.
- Приказы Министерства природных ресурсов и экологии РФ, устанавливающие нормативы и правила в области охраны окружающей среды.

- Региональные законы и нормативные акты, принимаемые органами власти субъектов РФ для регулирования вопросов природоохранной деятельности на местном уровне.

Для снижения негативного воздействия и повышения устойчивости городских экосистем целесообразно применение комплекса методов, среди которых можно выделить следующие.

«Умные» системы экологического мониторинга. Экологическая составляющая играет ключевую роль в развитии концепции «умного города» (Smart City). Основной целью Smart City является создание комфортной и устойчивой городской среды с использованием современных технологий для улучшения качества жизни населения и оптимизации управленческих процессов. В рамках этой концепции приоритетное значение имеет мониторинг и управление качеством окружающей среды. Для достижения этой цели применяются сети метеостанций, стационарных и мобильных сенсоров, размещенных в стратегически важных точках города. Эти устройства собирают данные о загрязнении воздуха, уровнях шума, температуре и других параметрах [8].

Концепция «биофильного города» и её реализация. Биофильный дизайн, включая вертикальное озеленение, является эффективным инструментом улучшения психоэмоционального состояния и общего благополучия горожан. Интеграция природных элементов в урбанистическую среду способствует снижению уровня стресса, улучшению настроения и когнитивных функций. В условиях растущей урбанизации и экологических вызовов биофильный дизайн становится неотъемлемой частью устойчивого развития современных городов [9].

Использование искусственного интеллекта для прогнозирования экологических рисков. Интеллектуальные технологии представляют собой интеграцию цифровых инструментов, способных самостоятельно анализировать большие объёмы данных, обучаться и принимать оптимальные

решения. Эти технологии характеризуются адаптивностью, высокой скоростью обработки информации и возможностью прогнозирования будущих тенденций, что делает их незаменимыми в управлении сложными городскими системами [10].

Таким образом, обеспечение безопасности городских экосистем в условиях антропогенной нагрузки требует комплексного подхода, сочетающего совершенствование нормативно-правовой базы, внедрение современных технологических решений и активное применение природоориентированных методов. Систематический мониторинг экологических параметров и прогнозирование рисков с помощью искусственного интеллекта позволяют своевременно выявлять угрозы и корректировать управленческие стратегии, что в конечном счёте способствует сохранению здоровья населения, биологического разнообразия и устойчивому развитию городов.

Список используемой литературы

1. Толмачева Н. А Снижение антропогенной нагрузки на городскую экосистему за счет использования ресурсного потенциала отходов в производстве минерально-полимерных материалов для строительства и жилищно-коммунального хозяйства / Н. А. Толмачев. – И., 2019. – 257 с.
2. Попков В.А., Бочарова А.А. Влияние нефтегазовой промышленности на экосистемы регионов крайнего севера. Проблемы агроэкологии АПК Сибири // Сборник трудов Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, посвященной 50-летию научной деятельности доктора сельскохозяйственных наук, профессора А.С. Моторина и 25-летию кафедры Экологии и рационального природопользования, 2023. – С. 219-222.
3. Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Плаксунова В.М., Складорова Д.А. Влияние городского пассажирского транспорта на экосистему города / Т. В Коновалова, С. Л. Надирян. В. М. Плаксунова, Д. А Складорова // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник), 2024 – №2. – С. 50-54.
4. Скрипник А. В. Экологические и экономические последствия складирования бытовых отходов и их влияние на экосистему / А. В. Скрипник, Р. М. Басараб, И. С. Михно // Международный научно-производственный журнал "Экономика АПК", 2017. – № 11(277). – С. 22-32.
5. Демидова, А. С. Влияние электроэнергетики на окружающую среду: проблемы и методы решения / А. С. Демидова // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке, 2025. – Т. 1. – С. 575-578.

6. Кузнецова, Н. Е. Влияние урбанизации на компоненты экосистем Лесной опытной дачи Тимирязевской академии / Н. Е. Кузнецова, С. Н. Волков // Актуальные проблемы лесного комплекса, 2022. – № 62. – С. 162-164.

7. Белозерова, К. Е. Влияние шумового загрязнения на окружающую среду / К. Е. Белозерова, В. А. Молчанова // Безопасность городской среды: Материалы XI Международной научно-практической конференции, Омск, 15–17 ноября 2023 года. – Омск: Омский государственный технический университет, 2024. – С. 291-295.

8. Проблемы урбанизации и решение задачи оптимизации сети метеостанций в умных городах на основе IoT и Data Science / А. Касымбеков, Р. Ускенбаева, Б. Ахметов, Ж. Алимсеитова // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, 2024. – № . – С. 146-156.

9. Фиринова, А. С. Биофильный дизайн: как природа возвращается в города будущего / А. С. Фиринова, Е. Э. Чеботарева // Сборник докладов Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова : Сборник докладов конференции, Белгород, 29–30 мая 2025 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 206-211.

10. Гайнетдинов, А. Э. Влияние проектов по искусственному интеллекту на развитие экосистемы нефинансовых сервисов в Республике Татарстан / А. Э. Гайнетдинов // Научные труды Центра перспективных экономических исследований. – 2025. – № 29. – С. 60-71.

УДК 331.41

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА В ГБПОУ РМЭ «КОЛЛЕДЖ КУЛЬТУРЫ И ИСКУССТВ ИМЕНИ И.С. ПАЛАНТАЯ»

Годунова Валентина Сергеевна, студент

Филина Наталья Александровна, канд. технич. наук, доцент

*ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический
университет», г. Йошкар-Ола, e-mail: nata-filina@yandex.ru*

Аннотация: *Представлена процедура проведения специальной оценки условий труда в учебном заведении. Идентифицированы вредные производственные факторы работников Колледжа. Проведен анализ условий труда сотрудников Колледжа.*

Ключевые слова: *специальная оценка условий труда, идентификация, вредные производственные факторы, условия труда, льготы и компенсации.*

FEATURES OF SPECIAL ASSESSMENT OF WORKING CONDITIONS IN THE I.S. PALANTAY COLLEGE OF CULTURE AND ARTS

Godunova V.S., Filina N.A.

*Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia, e-mail: nata-
filina@yandex.ru*

Annotation: *The procedure for conducting a special assessment of working conditions at an educational institution is presented. The harmful production factors of the College employees are identified. The working conditions of the College employees are analyzed.*

Keywords: *special assessment of working conditions, identification, harmful production factors, working conditions, benefits and compensation.*

Введение. Несмотря на то, что работа педагога не относится к категории травмоопасных и редко может привести к профзаболеваниям, для нее разработаны специальные правила охраны труда. Соблюдение этих правил важно не только для защиты самого педагога, но и для обеспечения здоровья учащихся.

Педагоги имеют право настаивать на надлежащем освещении, современном оборудовании и регулярной уборке помещений. В случае нарушений норм, он может обратиться к администрации или ответственному за охрану труда. Данные факторы проверяются при проведении специальной оценки условий труда.

Специальная оценка условий труда в социальной сфере призвана доказать, что сотрудник находится в комфорте и его здоровье в безопасности. Недаром у учителей и преподавателей иные условия отпуска, дающие им

возможность восстановить свои физические и моральные ресурсы.

Оценка факторов производственной среды в Колледже проводится в соответствии с установленным регламентом: администрация Колледжа обязана заключить договор на проведение специальной оценки условий труда с организацией имеющее право на ее проведение, которая в дальнейшем проанализирует состояние рабочих мест.

Данное мероприятие проводится с целью: оперативного выявления вредных факторов и уровня их воздействия на работников Колледжа; проверки применения средств коллективной и индивидуальной защиты, их эффективности. При обнаружении независимыми экспертами вредных или опасных факторов будут проведены инструментальные замеры для определения степени их влияния на работников и классификации условий труда (оптимальные, допустимые, вредные, опасные).

Класс влияет на тарификацию страхового тарифа, вносимого работодателем в Социальный фонд РФ за педагогического работника или сотрудника ГБПОУ РМЭ «Колледж культуры и искусств имени И.С. Палантая», которому на законных основаниях положен более ранний выход на пенсию в связи с занятостью на вредных и (или) опасных видах производства.

В целях организации и проведения специальной оценки условий труда (СОУТ) работодатель создал комиссию с нечетным количеством участников и утвердил график ее работы. В комиссию вошли представители работодателя, в том числе специалист по охране труда. В 2024 году в ГБПОУ РМЭ «Колледж культуры и искусств имени И.С. Палантая» проведена СОУТ. Для этого был издан приказ, определяющий состав комиссии и рабочие места, подлежащие оценке.

Специальная оценка условий труда преподавателей, так же, как и других рабочих мест, проводится один раз в пять лет. Как правило, условия труда в образовательных учреждениях не являются сложными и оцениваются на уровне офисных рабочих мест. Эксперт, проводящий спецоценку, вначале

идентифицирует вредные и опасные факторы. Если экспертом вредные факторы не идентифицированы, условия труда признаются допустимыми.

При этом исследования и измерения вредных и (или) опасных производственных факторов не проводятся. На такие рабочие места оформляется декларация соответствия. Если же вредные и (или) опасные производственные факторы идентифицированы, комиссия принимает решение о проведении исследований и измерений данных факторов.

Процедура идентификации не предполагает измерений. Но и не запрещает эксперту, если тот сочтет нужным, провести какие-либо выборочные измерения. Их результаты не войдут в отчет о проведении спецоценки.

В ходе идентификации эксперт вправе самостоятельно предложить комиссии по СОУТ совокупность факторов производственной среды, которые могут быть измерены. При этом те же самые факторы могут замеряться в рамках производственного контроля, несмотря на то, что они уже измерялись в процессе СОУТ.

В ходе СОУТ в ГБПОУ РМЭ «Колледж культуры и искусств имени И.С. Палантая» рассматривались и измерялись параметры гигиенических условий труда, степень сложности и напряженности трудового процесса, уровень освещенности рабочего места.

1. По тяжести труда основными параметрами педагога будут «Рабочая поза».

Однако практика показывает, что по тяжести труда класс условий труда чаще всего относится либо к допустимому (класс 2), либо вредному первой степени (класс 3.1.) так как ограничить нахождение на ногах, перемещение в пространстве можно внесением дополнительных правил в режим труда и отдыха. Также всегда есть стул, на который работник может сесть для отдыха или даже во время работы.

2. По напряженности труда основными параметрами педагога «Число

производственных объектов».

«Число производственных объектов» оценка по этому показателю проводится только в случае, если работнику необходимо удерживать внимание одновременно на нескольких объектах. Присвоение вредности по числу производственных объектов наблюдения учителям не является частым явлением и зависит от конкретной ситуации. В большинстве случаев определяющими факторами при оценке напряжённости труда педагога становятся другие показатели — плотность сигналов и нагрузка на голосовой аппарат.

Предельно допустимое количество производственных объектов не должно превышать 10. Так как в Колледжах часто формируются небольшие группы студентов, то у педагогов количество производственных объектов не превышает 10, в то время как у учителей школ этот показатель составляет 20–30 объектов в зависимости от количества учеников в классе.

3. «Освещенность рабочей поверхности» сейчас редко идентифицируется экспертами в образовательных учреждениях, так как в трудовой деятельности педагогов не присутствуют работы с величиной объектов различения менее 0,5 мм, отсутствуют слепящие источники света.

В тоже время, такой элемент, как доска в аудитории может быть источником отраженной блёскости, а норматив освещения составляет 500 лк, что достаточно часто не соблюдается (если нет местного освещения доски, к примеру).

Однако измерение данного фактора, если не будет особого мнения руководителя, или жалоб сотрудников, будет оценено только при производственном контроле, либо проверяющей организацией (Роспотребнадзором).

Данные результатов проведенной специальной оценки по условиям труда показывают, что у преподавателей в колледже и у учителей в школах рабочие места отличаются, у одних класс условий труда признан допустимым,

а у учителей в школе – вредный. Поэтому требуют дополнительных мероприятий по улучшению условий труда.

Главное, что необходимо отметить, так это особые условия организации труда педагогических работников.

1. Рабочее время педагогических работников согласно статья 333 ТК РФ [1] не может превышать 36 часов. Причем, что важно, это отдельная от СОУТ статья. Таким образом, если должность работника относится к педагогическим, то бояться нечего.

2. Тоже относится и к увеличенному отпуску. В соответствии со статьей 334 ТК РФ педагогическим работникам устанавливается удлиненный основной отпуск, который в зависимости от занимаемой должности и вида деятельности организации может составить от 42 до 56 календарных дней. Результаты СОУТ здесь не причем.

Поэтому получается, что как бы ни завершилась, специальная оценка условий труда, преподавателям, а также некоторыми руководителями учебных заведений сохраняются их отпуск и сокращенная рабочая неделя.

Если посмотреть результаты СОУТ в ГБПОУ РМЭ «Колледж культуры и искусств имени И.С. Палантая», то в основном это класс условий труда 3.1. В основном СОУТ для педагогов проводили по фактору напряженности труда.

Результаты проведенной специальной оценки в Колледже представлены на диаграмме (рисунок 1).

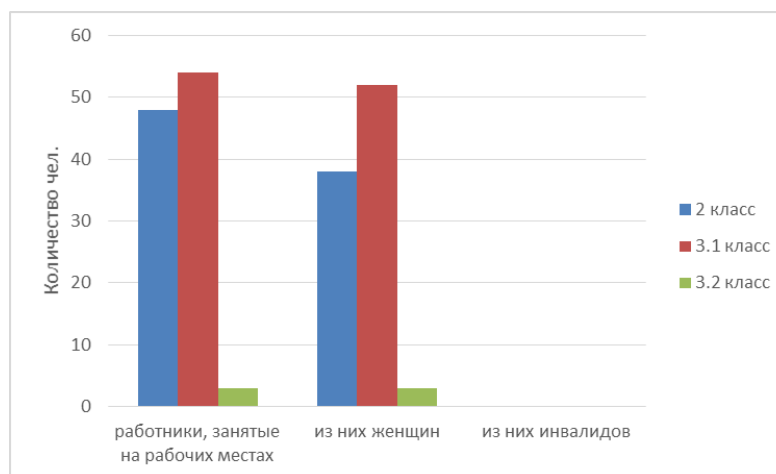


Рис. 1. Сводная ведомость СОУТ

В Колледже оценены места в нескольких подразделениях. Из них:

- 48 рабочих места получили 2 класса – условия труда допустимые, которые не требуют дополнительных мероприятий по улучшению условий труда.

- 48 мест получили оценку 3.1 – вредные условия труда 1 степени вредности, к ним отнесены:

- 2 места педагога дополнительного образования, 13 рабочих мест воспитателей, 1 место педагога-психолога, 1 место педагога-библиотекаря и 1 место педагога-организатора, 3 рабочих места младших воспитателей (на ночное дежурство), а также рабочие места учителя начальных классов – 7 рабочих мест и 18 рабочих мест учителей предметников, данные рабочие места получили вредные условия труда по напряженности трудового процесса;

- 2 рабочих места шеф-повара по параметрам микроклимата и тяжести трудового процесса.

- 3 рабочих места получили оценку 3.2 – вредные условия труда 2 степени вредности, к ним отнесены: место врача, фельдшера и медицинской сестры, на данных рабочих местах заняты женщины. Данные рабочие места получили вредность по биологическому фактору.

Рабочие места с классами 3.1 и 3.2 входят в список доплат к тарифной ставке (окладу) для рабочих мест с вредными (опасными) условиями труда, им доплачивают 4% к окладу и получают дополнительный отпуск. Также они входят в списки «Рабочих мест (профессий и должностей), на которых выдаётся молоко или другие равноценные пищевые продукты».

Выводы. Исходя из вышесказанного, можно сделать следующий вывод:

- Особые условия за педагогическую работу (отпуск, сокращённая рабочая неделя) сохраняются при любых результатах оценки условий труда.

- Примерно оценить условия труда на своих рабочих местах можно самостоятельно и рекомендуется периодически такую оценку проводить.

- Официально определить соответствие рабочих мест педагогических работников государственным нормативным требованиям охраны труда может только независимая лаборатория.

Список использованной литературы

1. Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 29.12.2025).
2. Приказ Минтруда России от 21 ноября 2023г. №817н «Об утверждении методики проведения специальной оценки условий труда, классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению» (ред. от 21.11.2023).
3. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (ред. от 24.12.2025).
4. Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» (ред. от 24.07.2023).

УДК 620.9:666

ВЛИЯНИЕ ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ НА РАБОТНИКОВ ПРОИЗВОДСТВА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА И СНИЖЕНИЕ ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Чурочкина Анастасия Ильинична студент

Антонова Ильвира Илгизовна, ст. преп.,

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

antonova.ilvira@yandex.ru

Аннотация: *Выполнен анализ состояния цементной промышленности в России, её влиянию на экологию и здоровье работников. Особое внимание уделено вредному воздействию производственных факторов на здоровье сотрудников цементных заводов. Рассматриваются вопросы необходимости комплексного подхода к охране труда и экологии в цементной*

промышленности для обеспечения снижения заболеваемости среди работников и минимизации экологического ущерба.

Ключевые слова: *производство цемента, охрана труда, цементная пыль, экономика замкнутого цикла, средства индивидуальной защиты.*

INFLUENCE OF HARMFUL FACTORS ON PORTLAND CEMENT PRODUCTION WORKERS AND REDUCTION OF THEIR IMPACT

Churochkina A.I., Antonova I.I.

Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan

Abstract: *The article analyzes the state of the cement industry in Russia and its impact on the environment and workers' health. Special attention is paid to the harmful effects of production factors on the health of employees at cement plants. The article emphasizes the need for a comprehensive approach to occupational health and environmental protection in the cement industry to reduce worker morbidity and minimize environmental damage.*

Keywords: *cement production, occupational health, cement dust, closed-loop economy, personal protective equipment*

Введение. Производство цемента является важной отраслью в строительстве. По последним данным Федеральной службы государственной статистики в России действует 61 цементный завод. Важно отметить следующие факты о цементной промышленности России: суммарная производственная мощность всех заводов составляет 104 млн тонн цемента в год. Из них действующих мощностей – 80,4 млн тонн. В 2024 году производство составило 65 млн тонн цемента [1].

В последние годы цементная промышленность входила в число отраслей, где технологическое обновление шло наиболее быстрыми темпами. Вместе с развитием цементной промышленности усугубляется влияние на экологию и здоровье человека.

Для снижения рисков производственных травм работников предусмотрено обязательное соблюдение правил охраны труда [2]:

Приказ Минтруда России от 16.11.2020 № 782н «Об утверждении правил по охране труда при работе на высоте».

Правила противопожарного режима в РФ (утв. Постановлением правительства РФ №390 от 25.04.2012 г.).

Приказ Минтруда России от 15.12.2020 № 903н «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»

Приказ Минтруда России от 28.10.2020 № 753н «Об утверждении Правил по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов»

Приказ Минтруда России от 27.11.2020 № 835 «Об утверждении правил по охране труда при работе с инструментом и приспособлениями» и другие.

Для снижения нагрузки на экологию и обеспечения безопасности заводы используют различные фильтры и рационально утилизируют отходы производства, а также применяют принцип экономики замкнутого цикла [3], в котором используются отходы других производств, например, для производства портландцемента завода SLK Cement Челябинской области широко применяются гранулированные доменные шлаки, поставляемые с металлургических предприятий г. Челябинска и г. Новотроицка. колчеданные огарки - с Челябинского металлургического комбината и г. Карабаша, огнеупоры - с комбината «Магнезит» (г. Сатка) и Кыштымского огнеупорного завода (Челябинская область), мелющие тела поставляются из г. Катав-Ивановска, а также подшипниковых заводов России.

Профессиональные заболевания работников цементных заводов связаны с воздействием вредных производственных факторов: цементной пыли, химических веществ, шума, вибрации, резких колебаний температуры, тяжёлой физической нагрузки. Наиболее часто страдают дыхательная система, кожа, органы пищеварения, глаза и опорно-двигательный аппарат.

Авторы статьи «Диагностическая значимость лабораторных исследований для оценки ранних нарушений здоровья при воздействии производственной пыли» [4] обследовали 234 работников цементного завода в возрасте от 23 до 57 лет, со стажем работы от года до 26 лет, можно сказать, что у рабочих с увеличением стажа наблюдается нарушение адаптационных процессов и снижение резистентности организма к воздействию промышленного аэрозоля.

Для улучшения условий труда и безопасности работников предприятия предоставляют средства индивидуальной защиты. Средства защиты органов дыхания (респираторы, маски, противогазы) – для предотвращения вдыхания пыли и других вредных веществ; защитные очки или щитки, перчатки – для защиты рук от механических повреждений и химических веществ. Могут использоваться специальные устойчивые к истиранию и химическим воздействиям материалы. Защитная одежда, средства защиты слуха (наушники, вкладыши), защитные кремы и мази.

С целью снижения вреда здоровью и экологии на цементных заводах применяют ряд мероприятий:

- Установка систем фильтрации и очистки выбросов. Внедрение современных технологий для очистки выбросов в атмосферу, например, использование фильтров и скрубберов для улавливания пыли и других загрязняющих веществ [5].
- Мониторинг и контроль выбросов. Регулярное измерение и контроль уровня выбросов вредных веществ в атмосферу. Установка датчиков и систем мониторинга для оперативного реагирования на превышения допустимых норм [6].
- Внедрение автоматизированных систем управления производственными процессами. Оптимизация процессов для снижения выбросов за счёт минимизации человеческого фактора и повышения эффективности работы оборудования [7].

- Применение экологически чистых технологий. Переход на более экологичные методы производства цемента, например, использование альтернативных видов топлива и сырья, которые производят меньше вредных выбросов. По данным Минобрнауки России Специалисты Белгородского государственного технологического университета имени В. Г. Шухова разработали способ обжига портландцементного клинкера, который делает производство более экологичным. Суть инновации заключается в модификации сырьевого шлама, который используется при мокром способе производства цемента. Исследователи предложили добавлять в состав шлама электродный бой – отход алюминиевого производства, содержащий углерод и криолит [8].

- Рециркуляция и повторное использование отходов. Разработка технологий для переработки и повторного использования отходов производства, что снизит объёмы выбросов и нагрузку на окружающую среду [9].

- Системы пылеподавления. Применение технологий для снижения количества пыли на территории завода, например, орошение дорог и площадок водой для уменьшения пылеобразования [10].

- Рациональное использование ресурсов. Оптимизация расхода сырья и энергии, что снизит экологическую нагрузку и затраты на производство.

- Герметизация оборудования. Обеспечение герметичности оборудования для предотвращения выбросов пыли и других вредных веществ в рабочую зону и окружающую среду [11].

- Обучение и инструктаж персонала. Проведение регулярных тренингов и инструктажей для сотрудников о правилах работы с СИЗ, мерах безопасности и экологических практиках [12].

- Системы шумопоглощения [13]. Установка звукопоглощающих конструкций и оборудования для снижения уровня шума на территории

завода, что улучшит условия труда сотрудников и снизит воздействие на окружающую среду.

- Создание санитарно-защитных зон. Обустройство санитарно-защитных зон вокруг цементных заводов для снижения воздействия вредных выбросов на близлежащие населённые пункты и природные объекты [14].
- Регулярные экологические аудиты. Проведение независимых экологических проверок и аудитов для оценки соответствия производственной деятельности экологическим стандартам и нормам [15].

Вывод. Таким образом, комплексное применение организационных, технических и санитарно-гигиенических мероприятий позволяет минимизировать негативное воздействие. Однако ключевым условием остается систематический мониторинг их эффективности и дальнейшая оптимизация условий труда на пылеопасных предприятиях.

Список использованной литературы:

1. К.С. Жихорева. Экологическое воздействие цементной промышленности // Сборник статей XXVII Международной научно-практической конференции. Пензенский государственный аграрный университет, г. Пенза, 2025. С. 163-165
2. Алексеев А.П. Понятие и сущность правил охраны труда / А.П. Алексеев// Академическая публицистика. – 2024. - № 11-2. – С. 275-279
3. Шишмарёва А.В. Принципы экономики замкнутого // Статья в сборнике трудов конференции Молодые ученые в решении актуальных проблем науки. Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск, 2020. С. 758-760
4. Е.Н. Крючкова. Диагностическая значимость лабораторных исследований для оценки ранних нарушений здоровья при воздействии производственной пыли // Сборник трудов конференции совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2023. Десятилетию науки и технологий в России посвящается. Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, г. Мытищи. 2023. С. 364-368.

5. Процко Д.С., Хвостов А.А., Бобков А.А., Шахов С.В., Панов С.Ю. Фильтр-циклон. Патент на изобретение RU 2768750 C1, 24.03.2022. Заявка № 2021109277 от 05.04.2021
6. Панарин В.М., Маслова А.А., Рылеева Е.М., Алексеева П.Г., Архипов А.В., Трещев Д.В. Программа дистанционного мониторинга автоматизированной системы непрерывного контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2022611496, 26.01.2022. Заявка № 2022610139 от 11.01.2022
7. Отто О.Э., Абдуллаева А.М., Камолиддинова Ф.М. Автоматизированные системы управления производственными процессами в нефтегазовой отрасли// Статья в сборнике трудов конференции Молодежная наука в XXI веке: традиции, инновации, векторы развития. Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Филиал в Ташкенте. Оренбург, 2024. С. 257-260
8. Новоселов А.Г., Дреер Ю.И. Способ интенсификации процесса обжига портландцементного клинкера фторосодержащим отходом в печах мокрого способа производства. Патент на изобретение RU 2834608 C1, 11.02.2025. Заявка № 2024118377 от 02.07.2024
9. Лавриенко А.А., Гольберг Г.Ю. Состояние процессов сгущения и обезвоживания отходов флотации углей / А.А Лавриенко, Г.Ю. Гольберг// Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2023. - №3. – С. 27-41
10. Копытин Д.В., Толстыгин М.С. Автоматическая система пылеподавления горных выработок. Патент на изобретение RU 2833516 C2, 23.01.2025. Заявка № 2022130314 от 13.01.2021.
11. Королева А.И., Велькова С.В., Симченко О.Л. Применение вторично переработанного сырья как важнейшее направление обеспечения эффективного производства и ресурсосбережения// статья в сборнике материалов XXVII Республиканской выставки-сессии студенческих инновационных проектов. Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова. 2019. С. 54-58
12. Скуланов А.А. Анализ международной практики эффективности государственных мер в области экологической безопасности / А.А. Скуланов// Социальная политика и социология. – 2024. - №2 (151). – С. 112-118
13. Бардаханов С.П., Зобков К.В., Гапоненко В.Р. Пористая нанокерамика как вариант основы для современных шумопоглощающих систем / С.П. Бардаханов, К.В.

Зобков, В.Р. Гапоненко// Аэрокосмическая техника, высокие технологии и инновации. – 2025. - №1. – С. 51-52

14. Тарасова В.В., Реховская Е.О. Основные факторы, определяющие размер санитарно-защитной зоны предприятия, особенности озеленения санитарно-защитной зоны// Статья в сборнике трудов конференции Безопасность городской среды. Омский государственный технический университет, г. Омск. – 2024. – С.166-170

15. Костромитинова В.Е. Правовые основы экологического менеджмента и экологического аудита: пробельность и направления совершенствования// Статья в сборнике трудов конференции Материалы III Международного форума по медицинскому праву. Уральский государственный юридический университет имени В.Ф. Яковлева, г. Екатеринбург. – 2023. – С. 338-342

УДК 504.054:574.4:665.6

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА ПОЧВ ПРИ НЕФТЕРАЗЛИВАХ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Каурова Вера Сергеевна, аспирант

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России г. Санкт-Петербург, e-mail: vera5capa@mail.ru

Аннотация. *В статье проведен системный анализ биологических методов, используемых для диагностики, мониторинга и оценки эффективности рекультивации земель, подвергшихся загрязнению нефтепродуктами. Рассмотрены основные направления биодиагностики. Обоснована необходимость перехода от использования отдельных тест-организмов к интегральной оценке состояния экосистемы с применением индексов биологического благополучия.*

Ключевые слова: *нефтезагрязнение, мониторинг почв, биотестирование, фитотоксичность, биоиндикация, рекультивация земель.*

USING BIOLOGICAL METHODS FOR SOIL MONITORING DURING OIL SPILLS: CURRENT STATUS AND REGIONAL FEATURES OF APPLICATION IN THE RUSSIAN FEDERATION

Kaurova V.S.

St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, St. Petersburg, e-mail: vera5capa@mail.ru

Abstract. *This article provides a systems analysis of biological methods used for diagnosing, monitoring, and assessing the effectiveness of remediation of land contaminated with oil products. The main areas of biodiagnostics are discussed. The need to transition from the use of individual test organisms to an integrated assessment of ecosystem status using biological well-being indices is substantiated.*

Keywords: *oil pollution, soil monitoring, biotesting, phytotoxicity, bioindication, land reclamation.*

Российская Федерация занимает лидирующие позиции в мире по добыче и транспортировке углеводородного сырья. Протяженность магистральных нефтепроводов и обширные площади нефтепромыслов, особенно в Западной Сибири и на Европейском Севере, сопряжены с потенциальным риском аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. По данным Росприроднадзора, ежегодно на территории РФ фиксируются тысячи случаев порывов трубопроводов, приводящих к деградации почвенного покрова на десятках тысяч гектаров [1].

Традиционный физико-химический мониторинг, основанный на определении остаточного содержания нефтепродуктов гравиметрическим или ИК-спектрометрическим методом, дает представление о массе загрязнителя, но не отражает реальной экологической опасности трансформированной нефти [2]. В связи с этим, только применение биологических методов мониторинга позволяет оценить степень нарушенности и темпов

восстановления экологических функций почвы. Цель настоящей работы — анализ современной методологической базы биологического мониторинга нефтезагрязненных почв в РФ, выявление преимуществ и ограничений отдельных методов, а также обсуждение специфики их применения в различных природно-климатических зонах страны.

Биологический мониторинг при нефтеразливах решает две ключевые задачи - оперативная оценка токсичности свежего разлива для прогнозирования ущерба и выбора способа рекультивации и контроль качества работ на этапе технической и биологической рекультивации.

Основным методом биологического анализа почв является фитотестирование. Метод основан на регистрации изменений параметров роста и развития семян высших растений под воздействием различных токсикантов, содержащихся в почвенной вытяжке или непосредственно в природных образцах почвы. В РФ осуществление данного метода регламентируется ФР.1.39.2006.02264. Традиционно используются семена кресс-салата (*Lepidium sativum*), овса (*Avena sativa*), редиса (*Raphanus sativus*), а также пшеницы (*Triticum aestivum*). Выбор культуры зависит от зоны произрастания. Для северных территорий предпочтение отдается овсу, обладающему большей холодостойкостью. Рассчитываются показатели энергии прорастания, всхожести, длины надземной части и корневой системы. Наиболее чувствительным индикатором считается ингибирование роста корня, так как корневая система первой контактирует с водорастворимыми фракциями нефти и продуктами их метаболизма [3]. Метод достаточно чувствительный, но имеющий ряд ограничений. Стандартный тест занимает 7–14 суток, что не позволяет использовать его для оперативного контроля аварийных ситуаций. Кроме того, метод не фиксирует механическую деградацию структуры почв.

Другим широко используемым подходом к оценке состояния почв является определение их ферментативной активности. Определяется

активность ключевых ферментов, участвующих в циклах углерода, азота и окислительно-восстановительных процессах. Наиболее информативными для загрязнения нефтепродуктами являются каталаза, дегидрогеназа, уреазы и фосфатаза. Каталаза разлагает перекись водорода, образующуюся при окислении углеводов. Высокое содержание нефти подавляет активность каталазы. Дегидрогеназа участвует в дыхании микроорганизмов, прямо коррелирует с процессом биodeградации нефти. Уреазы и фосфатазы отражают скорость минерализации азота и фосфора, необходимых для жизнедеятельности углеводородоокисляющих бактерий. Оценка ферментативной активности почв позволяет оценить функциональное состояние микробного сообщества, что критически важно для прогноза способности почвы к самоочищению.

Методы определения ферментативной активности почв широко используются в научных исследованиях, однако не имеют строгого государственного стандарта для рекультивационных работ. Это связано с высокой вариабельностью ферментативной активности даже в незагрязненных почвах в зависимости от сезона года и влажности [4].

Микробиологический мониторинг почв, загрязненных нефтепродуктами включает в себя посев почвенной суспензии на селективные питательные среды для подсчета колониеобразующих единиц (КОЕ). Определяется численность гетеротрофных бактерий на среде МПА, указывающая на общую бактериальную активность. Учитывается численность углеводородоокисляющих микроорганизмов (УОМ) на среде Дюрона, и среде Раймонда с нефтью. Подсчитывается коэффициент минерализации и иммобилизации (КАА/МПА) — соотношение бактерий, использующих минеральный азот, к общей гетеротрофной микрофлоре. Метод регламентирован ПНД Ф 16.1:2.2:3.17-08. В РФ активно используются препараты-нефтедеструкторы и микробиологический анализ применяется для контроля приживаемости внесенных штаммов УОМ на фоне аборигенной

микрофлоры [5]. К сожалению, на искусственных средах прорастает лишь до 5% от общего числа почвенных микроорганизмов и метод дает лишь ориентировочную картину. Кроме того, в одной пробе почвы могут соседствовать микроучастки с чистым нефтепродуктом (где только споры грибов) и чистым торфом (высокое биоразнообразие). Усреднение пробы искажает реальную картину.

Наиболее сложной с методической точки зрения, но наиболее информативной является биоиндикация с использованием почвенных беспозвоночных (зооиндикация). Наиболее распространен метод с использованием дождевых червей и коллембол. Оцениваются поведенческие реакции (избегание загрязненного субстрата), выживаемость и репродуктивный потенциал в хроническом эксперименте. Метод регламентируется ГОСТ Р ИСО 22030-2009 «Качество почвы. Биологические методы. Хроническая токсичность на высших растениях» и методика по биотестированию с использованием червей (ФР.1.39.2015.19243). В условиях средней полосы и юга РФ метод эффективен. Однако в зоне распространения многолетнемерзлых пород и на верховых болотах Западной Сибири аборигенная мезофауна почв крайне скудна или отсутствует. Использование лабораторной культуры червей *Eisenia fetida* (калифорнийский червь) для тестирования олиготрофных торфяников некорректно, так как этот вид не адаптирован к кислой среде (рН 3.5-4.5) и высокой влажности болот, и его гибель может быть вызвана не токсичностью нефти, а неблагоприятными естественными абиотическими факторами [6].

Территория России характеризуется экстремальным разнообразием почвенно-климатических условий, что накладывает отпечаток на интерпретацию данных биомониторинга нефтеразливов.

Несмотря на наличие утвержденных методик биотестирования, в российской правоприменительной практике существует ряд юридических коллизий. Согласно действующим правилам рекультивации (Постановление

Правительства РФ № 800 от 10.07.2018), факт завершения работ часто подтверждается снижением содержания нефтепродуктов ниже утвержденного регионального норматива допустимого остаточного содержания (ДОСНП). Если химия в норме, но биотест показывает токсичность — заказчик работ часто игнорирует биологические показатели, ссылаясь на отсутствие утвержденных ПДК для биоты. Существующие методики разрозненны. Одна лаборатория делает тест на кресс-салате (фитотоксичность отсутствует), другая на инфузориях (токсичность есть). Возникает конфликт интерпретаций. Требуется внедрение системы комплексной оценки экологического состояния (например, расчет интегрального показателя биологической активности ИПБА), аналогичной принятой в ряде стран ЕС [8].

Биологические методы мониторинга являются незаменимым инструментом при оценке последствий нефтяных разливов на территории Российской Федерации, особенно в условиях длительного восстановления северных и болотных экосистем. В отличие от химического анализа, фитотестирование, ферментативный и микробиологический анализы дают интегральную оценку экологической опасности трансформированной нефти.

Для повышения эффективности государственного экологического надзора в сфере нефтедобычи необходимо законодательно закрепить обязательность проведения биотестирования при приемке рекультивированных земель наряду с химическим анализом, разработать и утвердить региональные шкалы фоновой биологической активности для основных типов почв РФ (особенно для криолитозоны и торфяников), стимулировать внедрение экспресс-методов биотестирования на основе люминесцентных бактерий и инфузорий для оперативного реагирования на аварийные разливы.

Список использованной литературы

1. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. — М.: Изд-во МГУ, 1998. — 376 с.

2. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. — М.: ИНФРА-М, 2019. — 207 с.
3. Терехова В.А. Биотестирование почв: подходы и проблемы // Почвоведение. — 2011. — № 2. — С. 190-198.
4. Киреева Н.А., Новоселова Е.И., Ямалетдинова Г.Ф. Диагностические критерии самоочищения почв от нефти // Экология и промышленность России. — 2008. — № 12. — С. 34-37.
5. ФР.1.39.2006.02264. Методика выполнения измерений всхожести семян и длины корней проростков высших растений для определения токсичности почв. — СПб., 2006.
6. Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). — Екатеринбург: Наука, 1994. — 280 с.
7. Трофимов С.Я., Арзамазова А.В., Лазарев А.С. Влияние нефтяного загрязнения на биологическую активность торфяных почв Западной Сибири // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. — 2021. — № 3. — С. 45-52.
8. Евдокимова Г.А., Мозгова Н.П., Корнейкова М.В. Микробиологический мониторинг нефтезагрязненных почв Кольского Севера // Теоретическая и прикладная экология. — 2018. — № 1. — С. 72-79.

УДК 613.6:502

ВЛИЯНИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ И РОЛЬ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА НУТРИТИВНОЙ ПОДДЕРЖКИ

Гурьянова Милена Сергеевна, магистрант,

Козлова Екатерина Александровна, магистрант

*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет», г.Казань: e-mail:bekmamedof90@mail.ru*

Гумеров Тимофей Юрьевич, д-р техн. наук, профессор

Аннотация. В статье представлен системный анализ комплекса неблагоприятных экологических факторов, воздействующих на работников строительной отрасли. Рассмотрены кумулятивные эффекты длительного воздействия химических (аэрозоли, газообразные соединения), физических (вибрация, шум) и психозмоциональных факторов производственной среды. Показана связь между накоплением экотоксикантов в организме и формированием внешних признаков экологического неблагополучия, которые могут быть ослаблены при целенаправленной коррекции рациона. Обоснована роль алиментарной профилактики как составной части экологически ориентированных программ снижения профессиональных рисков, не требующей фармакологического вмешательства. В работе систематизированы функциональные компоненты питания с указанием их детоксикационного и антиоксидантного механизма действия. Приведены примеры синергетических пар пищевых продуктов, позволяющие значительно усилить защитный эффект за счёт взаимного потенцирования биодоступности и активности действующих веществ. Предложены практические рекомендации по оптимизации рациона работников строительных специальностей в рамках корпоративных программ управления экологической безопасностью.

Ключевые слова: строительная экология, техносферная безопасность, профессиональные экологические риски, экозависимые состояния, алиментарная профилактика, детоксикация, функциональное питание.

THE INFLUENCE OF ADVERSE ENVIRONMENTAL FACTORS IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY AND THE ROLE OF THE PREVENTIVE POTENTIAL OF NUTRITIVE SUPPORT

Guryanova M. S.¹, Kozlova E. A.¹, Gumerov T. Yu.²

¹Kazan National Research Technological University, Kazan

²Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Abstract. *The article presents a systemic analysis of adverse environmental factors affecting workers in the construction industry. Cumulative effects of long-term exposure to chemical (aerosols, gaseous compounds), physical (vibration, noise) and psycho-emotional factors of the working environment are considered. The relationship between the accumulation of ecotoxins in the body and the formation of external signs of environmental distress, which can be mitigated through targeted dietary correction, is shown. The role of alimentary prevention as an integral part of environmentally oriented programs for reducing occupational risks is substantiated. The work systematizes functional nutritional components (glutathione, sulforaphane, pectins, alginates, omega-3 polyunsaturated fatty acids, selenium, zinc, antioxidant vitamins) indicating their detoxification and antioxidant mechanisms of action, as well as provides synergistic pairs of food products that significantly enhance the protective effect. Practical recommendations for optimizing the diet of construction workers within the framework of corporate environmental safety management programs are proposed.*

Keywords: *construction ecology, technosphere safety, occupational environmental risks, environment-dependent conditions, alimentary prevention, detoxication, functional nutrition.*

Введение. Строительный сектор остаётся одним из наиболее экологически агрессивных сфер деятельности для человека. Работники строительных специальностей ежедневно подвергаются сочетанному воздействию физических, химических и биологических факторов, многие из

которых обладают мутагенным, нейротоксическим и канцерогенным действием [1]. В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны является обязательным [2, 3]. Однако вопросы системной экологической профилактики, включающей нутритивную поддержку, в технических регламентах и программах производственного контроля освещены недостаточно. Цель настоящей работы – выявить ключевые экологические факторы риска в строительстве, оценить их последствия и определить возможности алиментарной коррекции как части экологически ориентированной профилактики.

1. Основные экологические факторы риска в строительном производстве

1.1. Химическое загрязнение воздуха рабочей зоны. При проведении строительных работ в воздух поступают вещества, предельно допустимые концентрации (ПДК) которых регламентированы ГОСТ 12.1.005-88 [2]. К ним относятся: цементная и кремнийсодержащая пыль (ПДК 4-6 мг/м³), формальдегид (класс опасности 2, ПДК 0,5 мг/м³), оксиды азота (ПДК 5 мг/м³), оксид углерода (ПДК 20 мг/м³), свинец и его соединения (ПДК 0,01/0,005 мг/м³) [1]. Длительная ингаляция приводит к хронической обструктивной болезни лёгких (ХОБЛ), пневмокониозам, бронхиальной астме, поражению почек и ЦНС.

1.2. Физические факторы. В соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 [3] нормируются: шум (до 80 дБА) – нейросенсорная тугоухость; вибрация (локальная и общая) – вибрационная болезнь; микроклимат – перегрев или переохлаждение; электромагнитные поля – вегетососудистая дистония.

1.3. Психоземotionalные факторы. Высотные работы, монотония, дефицит времени, и угроза травмы формируют хроническое переутомление,

усиливающий окислительный стресс и снижающий активность систем биотрансформации ксенобиотиков.

2. Системные последствия для здоровья

В условиях комбинированного действия вредных экологических факторов формируются: нейротоксический (тремор, полинейропатии), гепатотоксический (стеатоз, повышение трансаминаз), нефротоксический (микропротеинурия), гематологический (лейкоцитоз, лимфопения) и мутагенный/канцерогенный синдромы.

3. Питание как экологический фактор профилактики

С позиций экологической нутрициологии правильно подобранный рацион способен: ускорять выведение ксенобиотиков за счёт пищевых волокон и пектина; поддерживать фазу II детоксикации в печени за счёт метионина, цистеина и селена; обеспечивать антиоксидантную защиту за счёт витаминов С, Е, каротиноидов, а также снижать нейротоксические эффекты (омега-3 ПНЖК) и нормализовать микробиоту кишечника.

3.1. Государственное регулирование лечебно-профилактического питания. На уровне Российской Федерации значимость алиментарной коррекции для работников, занятых во вредных и (или) опасных условиях труда, закреплена законодательно. Приказом Минтруда России от 16.05.2022 № 298н. утверждён «Перечень производств, профессий и должностей, работа в которых даёт право на бесплатное получение лечебно-профилактического питания в связи с особо вредными условиями труда» [4]. Данный нормативный акт предусматривает выдачу специальных рационов (молоко, кисломолочные продукты, пектиносодержащие напитки, витаминные препараты) для работников, контактирующих с веществами I-II классов опасности, многие из которых присутствуют в строительном производстве. Постановлением Правительства РФ от 31 декабря 2020 г. № 2406 утверждены «Правила оказания работникам лечебно-профилактического питания» [5]. Научное обоснование этих рационов разработано Федеральным

исследовательским центром питания, биотехнологии и безопасности пищи (РАН). Контроль осуществляется Роспотребнадзором и Рострудом [6]. Таким образом, алиментарная поддержка работников вредных производств находится в поле государственного экологического и трудового контроля. Функциональные компоненты питания как модуляторы экологической устойчивости, а также систематизация ключевых нутриентов с доказанным экопротекторным действием представлена в таблице 1.

Таблица 1

Функциональные компоненты питания для профилактики экологически обусловленных нарушений у строителей

Функциональный компонент	Механизм экопротекторного действия	Конкретные пищевые продукты	Положительный эффект для организма строителя
Глутатион	Связывание ксенобиотиков; кофактор глутатион-S-трансферазы	Спаржа, авокадо, шпинат, брокколи	Снижение гепатотоксичности, выведение свинца и кадмия
Сульфорафан	Индуктор <i>Nrf2</i> -пути* – активация детоксицирующих ферментов	Брокколи (проростки), цветная капуста, капуста-кале	Профилактика ХОБЛ и бронхиальной астмы
Пектины и альгинаты	Ионообменное связывание тяжёлых металлов	Яблоки (печёные), морская капуста, цитрусовые	Снижение свинцовой интоксикации
Омега-3 ПНЖК	Противовоспалительный эффект; восстановление миелина	Жирная морская рыба (сельдь, скумбрия), льняное масло	Уменьшение тремора и полинейропатии
Витамин С + биофлавоноиды	Регенерация глутатиона; защита лёгочного сурфактанта	Шиповник, облепиха, болгарский перец, чёрная смородина	Снижение респираторных заболеваний, защита от цементной пыли
Селен + цинк	Кофакторы антиоксидантных ферментов	Бразильский орех (2-3 шт./день), тыквенные семечки	Защита от канцерогенного действия хрома (VI)

*Индуктор *Nrf2*-пути – это вещество, которое активизирует белок антиоксидантного ответа (эритроидного 2-связанного фактора) и запускает в организме мощную систему защиты клеток

Зная, какие функциональные компоненты питания необходимы для защиты организма, важно уметь распознавать ранние признаки экологического неблагополучия. Внешние проявления – изменения кожи, ногтей, слизистых оболочек являются видимыми маркерами накопления токсикантов и могут быть скорректированы с помощью целенаправленного подбора продуктов питания. Систематизация таких признаков и соответствующих способов их алиментарной коррекции представлена в таблице 2.

Таблица 2

Внешние признаки экологически обусловленных нарушений и пути их алиментарной коррекции

Внешний признак	Вероятная экологическая причина	Рекомендуемые функциональные продукты	Ожидаемый эффект
Сухость, шелушение кожи, заеды	Дефицит витаминов А, Е, В2 на фоне интоксикации	Морковь с маслом, печень, яйца, облепиха	Восстановление эпидермального барьера через 3-4 недели
Ломкость и истерченность ногтей	Воздействие соединений серы и тяжёлых металлов	Бразильский орех, морская капуста, творог	Укрепление ногтевой пластины
Серовато-землистый цвет лица	Нарушение микрососудистого тонуса при вибрационной болезни	Красное мясо, печень, шиповник, грецкие орехи	Улучшение цвета кожи через 2-3 недели
Кровоточивость дёсен	Дефицит витамина С на фоне окислительного стресса	Шиповник, квашеная капуста, болгарский перец	Уменьшение кровоточивости через 1-2 недели
Онемение пальцев («синдром мёртвого пальца»)	Вибрационная болезнь (спазм сосудов)	Жирная рыба, печень, гречка (магний)	Уменьшение парестезий, улучшение кровотока
Жёлто-коричневый налёт на зубах	Хроническое воздействие свинца и кадмия	Яблоки, молочные продукты, кинза	Снижение абсорбции тяжёлых металлов
Гиперемия и сухость глаз	Воздействие формальдегида, цементной пыли	Черника, морковь, облепиховое масло	Увлажнение слизистой, снижение раздражения

Однако эффективность нутритивной профилактики может быть значительно повышена за счёт правильного комбинирования продуктов. Некоторые пищевые вещества при совместном употреблении усиливают действие друг друга, образуя синергетические пары. Учёт таких взаимодействий позволяет достичь большего защитного эффекта при тех же объёмах потребляемых продуктов. Наиболее значимые синергетические комбинации, актуальные для работников строительной отрасли, представлены в таблице 3.

Таблица 3

Синергетические пары пищевых продуктов с обоснованием эффективности

Синергетическая пара	Условие употребления	Механизм синергии	Результат
Брокколи + семена горчицы	Употреблять сырыми; добавлять молотые семена в готовое блюдо	Мирокиназа активирует превращение глюкобрафанина в активный сульфорафан	Увеличение экскреции бензола на 40-60%
Куркума + чёрный перец	Добавлять в тёплые блюда с растительным маслом	Пиперин ингибирует глюкуронидацию куркумина, повышая биодоступность	Снижение системного воспаления (IL-6, TNF- α)
Жирная рыба + овощи (витамин Е)	Овощи как гарнир к рыбе	Витамин Е предотвращает перекисное окисление омега-3	Более быстрое восстановление нервной проводимости
Яблочный пектин + кисломолочные бактерии	Печёные яблоки с йогуртом или кефиром	Бактерии ферментируют пектин до КЦЖК, усиливающих экспрессию металлотионеинов	Снижение абсорбции свинца на 35-50%

Представленные в таблице 3 синергетические пары имеют важное практическое значение для организации питания работников строительной отрасли. Во-первых, они позволяют добиться максимального защитного эффекта без увеличения объёма потребляемой пищи, что особенно актуально при организации горячего питания в заводских столовых. Во-вторых, учёт синергии позволяет компенсировать возможные ошибки в выборе продуктов: даже если отдельные компоненты рациона неоптимальны, правильно

подобранные пары могут существенно повысить общую эффективность нутритивной профилактики. В-третьих, данные комбинации легко внедряются в стандартные корпоративные рационы без значительных финансовых затрат, что подтверждается опытом внедрения лечебно-профилактического питания на предприятиях с вредными условиями труда [6–8].

На основании анализа практических рекомендаций в рамках охраны труда предложены следующие меры (дополнительно к средствам индивидуальной защиты):

1. Обязательное включение в рацион работников продуктов – источников глутатиона (крестоцветные, авокадо, шпинат).
2. Замена в заводских столовых рафинированных продуктов на цельные злаки, кисломолочные биопродукты, свежие овощи.
3. Сезонная витаминно-минеральная коррекция с акцентом на витамины С, В6, В12, цинк, селен.
4. Внедрение питьевого режима с низкоминерализованной водой для усиления выведения водорастворимых токсикантов.
5. Обучение работников основам экологически ориентированного питания с акцентом на синергетические пары продуктов.

Выводы. Строительная отрасль формирует многокомпонентную экологическую нагрузку, контролируемую нормативами ГОСТ 12.1.005-88 и СанПиН 1.2.3685-21. Внешние признаки – изменения кожи, ногтей и слизистых являются ранними маркёрами экологического неблагополучия у работников и могут быть скорректированы с помощью целенаправленного подбора продуктов питания. Целенаправленная нутритивная поддержка представляет собой экологически ориентированный профилактический метод, снижающий кумуляцию токсикантов и не требующий фармакологического вмешательства. Значимость алиментарной профилактики подтверждается государственным регулированием (Приказ Минтруда № 298н, Постановление № 2406). Синергетические пары пищевых продуктов позволяют усилить

детоксикационный эффект на 35–60 % без дополнительных финансовых затрат. В связи с этим требуется внесение рекомендаций по экологически ориентированному питанию в корпоративные программы управления охраной труда с учётом выявленных синергетических взаимодействий.

Список использованной литературы

1. Сухина, И. Г. К вопросу о проблеме экологических последствий глобализации современного социокультурного развития / И. Г. Сухина // Цифровой ученый: лаборатория философа. – 2024. – Т. 7, № 3. – С. 84-105. – DOI 10.32326/2618-9267-2024-7-3-84-105.

2. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Госстандарт, 1988. – 28 с.

3. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. – М.: Роспотребнадзор, 2021. – 320 с.

4. Приказ Минтруда России от 16.05.2022 № 298н «Об утверждении Перечня производств, профессий и должностей, работа в которых дает право на бесплатное получение лечебно-профилактического питания в связи с особо вредными условиями труда». – М., 2022.

5. Постановление Правительства РФ от 31.12.2020 № 2406 «Об утверждении Правил оказания работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, лечебно-профилактического питания». – М., 2020.

6. Генетические подходы к персонализации питания / А. К. Батурин, Е. Ю. Сорокина, А. В. Погожева, В. А. Тутельян // Вопросы питания. – 2012. – Т. 81, № 6. – С. 4-11.

7. К оценке безопасности для здоровья населения рактопамина при его поступлении с пищевыми продуктами / Г. Г. Онищенко, А. Ю. Попова, В. А. Тутельян [и др.] // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2013. – Т. 68, № 6. – С. 4-8. – DOI 10.15690/vramn.v68i6.666. – EDN QCVRCV.

8. Анализ нормативно-методической базы по организации лечебного питания в медицинских организациях Российской Федерации / В. А. Тутельян, Х. Х. Шарафетдинов, А. В. Погожева, О. А. Плотникова // Вопросы питания. – 2013. – Т. 82, № 3. – С. 19-29. – EDN QLIFCR.

ОКИСЛИТЕЛЬНАЯ МОДИФИКАЦИЯ ТЕТРАЦЕНОВОЙ ФРАКЦИИ В ПРОЦЕССЕ СИНТЕЗА АМФОТЕРНЫХ ИОНИТОВ

Драбкова Татьяна Владимировна, ассистент

Ташкентский государственный технический университет, Узбекистан, e-

mail: tatyana111183@mail.ru

Аннотация. *В работе представлен подход к синтезу функциональных ионитов путём окислительной модификации тетраценовой фракции и её алкилзамещённых гомологов, выделенных из пиролиза тар-продукта. Цель — получение материала с карбоксильными группами. Методом ИК-спектроскопии подтверждено образование карбоксильных групп ($-\text{COOH}$) и формирование структуры катионита. Дальнейшее аминирование позволило синтезировать амфотерный ионит. Результаты показывают перспективы утилизации промышленных отходов в ресурсосберегающих технологиях водоподготовки.*

Ключевые слова: *амфотерные иониты, тар-продукт, тетраценовая фракция, алкилзамещённые гомологи, окислительная модификация, ИК-спектроскопия.*

OXIDATIVE MODIFICATION OF THE TETRACENE FRACTION IN THE SYNTHESIS OF AMPHOTERIC ION EXCHANGERS

Drabkova T.V.

Tashkent State Technical University, Uzbekistan

Abstract. *This study presents an approach to the synthesis of functional ion exchangers via oxidative modification of the tetracene fraction and its alkyl-substituted homologs isolated from tar product pyrolysis. The aim is to obtain a material with carboxyl groups. IR spectroscopy confirmed the formation of carboxyl groups ($-\text{COOH}$) and a cation-exchange structure. Subsequent amination enabled*

the synthesis of an amphoteric ion exchanger. The results demonstrate the prospects of industrial waste utilization in resource-saving water treatment technologies.

Keywords: *amphoteric ion exchangers, tar product, tetracene fraction, alkyl-substituted homologs, oxidative modification, IR spectroscopy.*

Введение. В эпоху современных экологических вызовов и жёстких требований к ресурсосбережению переработка промышленных отходов приобретает стратегическое значение для минимизации антропогенной нагрузки на окружающую среду и перехода к циркулярной экономике. Тар-продукт (рис.1) [1, 6], образующийся, как отход при пиролизе углеводородного сырья на предприятии СП ООО «Uz-KorGasChemical» (Узбекистан) [2]. Тар-продукт (тяжёлая пиролизная смола) — это высококипящий остаток, образующийся в процессе пиролиза углеводородного сырья при производстве этилена и пропилена. Он представляет собой сложную смесь моно-, би-, три- и полициклических ароматических углеводородов (60–85 %), а также смол и асфальтенов (10–15 %) [3, 4, 6]. Эти соединения ранее рассматривались преимущественно как малополезные побочные продукты, однако их структурные особенности открывают широкие возможности для химической модификации с целью получения высокоэффективных функциональных материалов [5, 6].

Тар-продукт имеет чёрно-серый цвет, хрупкую структуру и содержит значительное количество тетраценовой фракции и её алкилзамещённых гомологов. В работе тар-продукт использовался в качестве доступного вторичного сырья для выделения тетраценовой фракции с последующей окислительной модификацией.



Рис.1. Внешний вид запылённого тар-продукта

Тетраценовая фракция и алкилзамещённые гомологи содержат конденсированные ароматические системы, которые легко подвергаются окислению с введением кислородсодержащих функциональных групп. Одним из наиболее перспективных направлений является их трансформация в амфотерные иониты, способные одновременно проявлять катионо- и анионообменные свойства и применяемые в процессах глубокой очистки промышленных сточных вод. Исследование посвящено разработке и оптимизации процесса окислительной модификации указанной фракции азотной кислотой с целью направленного синтеза карбоксильных групп, обеспечивающих ионообменную активность.

Методика эксперимента включала предварительную подготовку сырья и контролируемое окисление. Тар-продукт подвергали фракционированию с выделением тетраценовой фракции, обогащённой тетраценом и его алкилзамещёнными гомологами. Полученный материал измельчали в лабораторной мельнице до размера частиц 1 мм, что существенно увеличивало удельную поверхность и способствовало равномерному протеканию окислительных процессов. Навеску подготовленной тетраценовой фракции загружали в трёхгорлую колбу объёмом 1000 мл, оснащённую обратным холодильником, капельной воронкой и магнитной мешалкой. Реакционную систему помещали в колбонагреватель BiobageHMD-11 (1000 мл, 2022 г., Китай).

Окисление осуществляли 56 %-ным раствором азотной кислоты (HNO_3) в количестве 1:6, который добавляли постепенно через капельную воронку. В роли катализатора использовали серную кислоту (H_2SO_4). Выбор концентрации и объёма реагента был обусловлен необходимостью достижения глубокого окисления ароматических ядер и боковых алкильных цепей при минимизации деструктивных побочных реакций. Процесс проводили при температуре 120 °С в течение 9 часов при постоянном перемешивании (300 об/мин). В ходе реакции наблюдалось интенсивное выделение бурых оксидов азота, что подтверждало протекание окислительных превращений. Для обеспечения безопасности и экологичности система была снабжена газоотводной линией, соединённой с абсорбционной колонкой, заполненной раствором NaOH.

По окончании реакции продукт охлаждали до комнатной температуры с контролируемой скоростью во избежание термического разрушения формирующихся функциональных групп. Окисленный материал промывали дистиллированной водой до нейтральной реакции среды с использованием вакуумного фильтра. Сушку проводили в сушильном шкафу СШ-80-01 СПУ (2021 г., Россия) при 105 °С в течение 4 часов.

В результате проведённой окислительной модификации получен карбоксильный катионит, обладающий выраженными катионообменными свойствами. Статическая обменная ёмкость материала по карбоксильным группам составила 3,2–3,8 мг-экв/г. Выход целевого продукта достиг 100 % от массы исходной тетраценовой фракции при влажности 31,34 %. Успешное образование карбоксильных функциональных групп ($-\text{COOH}$) подтверждено методом ИК-спектроскопии (рис. 2-4). Последующее аминирование полученного катионита обеспечило введение аминогрупп и позволило синтезировать аминокарбоксильный амфотерный ионит (амфолит), сочетающий в себе катионо- и анионообменные свойства.

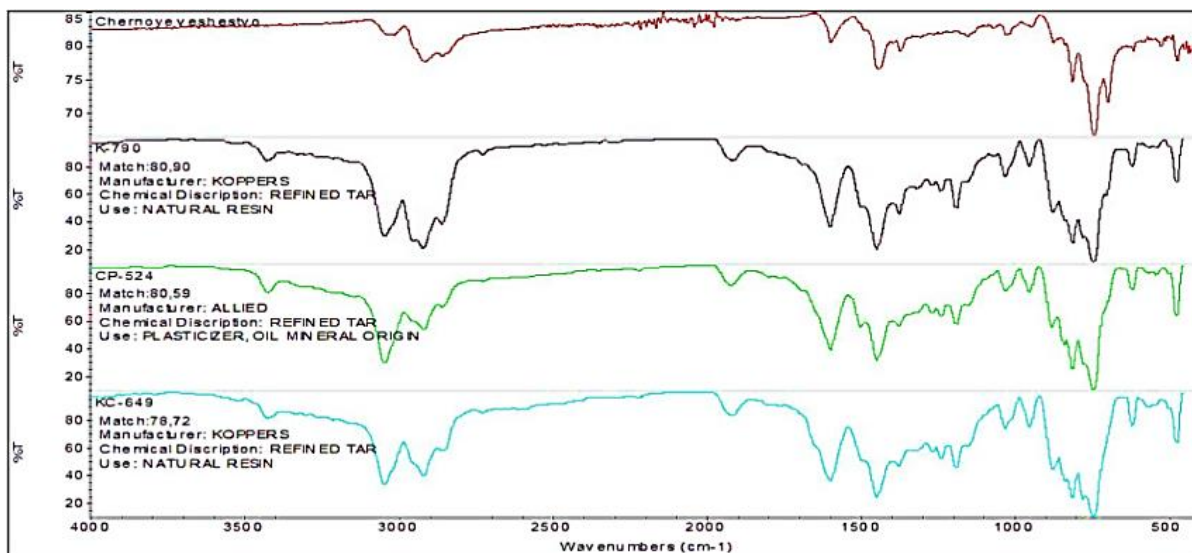


Рис. 2. ИК-спектр тар-продукта: 1 – тар-продукт, 2, 3 и 4 спектры базы прибора

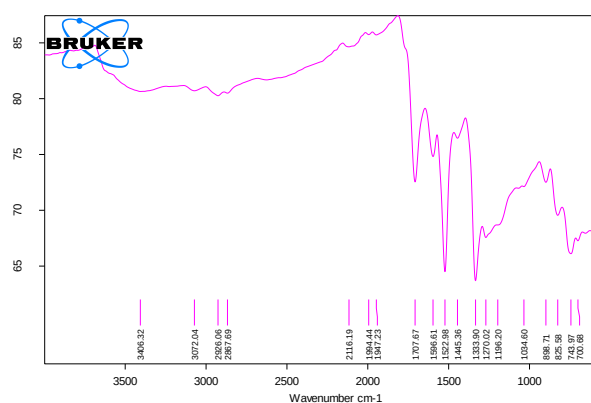


Рис. 3. Продукт окислительной модификации тетраценовой фракции

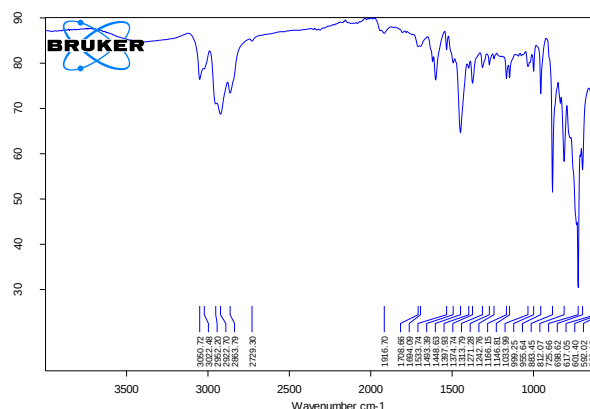


Рис. 4. ИК-спектр окисленного продукта тетраценовой фракции

Структурно-химические изменения в окисленном материале изучали методом ИК-спектроскопии на спектрометре BrukerINVENIOX в диапазоне $4000\text{--}400\text{ см}^{-1}$.

Анализ ИК-спектров подтвердил образование карбоксильных групп (--COOH) — характерные полосы поглощения в области $1710\text{--}1720\text{ см}^{-1}$ (валентные колебания C=O) и широкая полоса $2500\text{--}3300\text{ см}^{-1}$ (валентные колебания O--H карбоксильной группы) (рис. 3, 4). Кроме того, отмечено ослабление интенсивности полос, соответствующих ароматическим C--H связям, и появление новых полос, характерных для окисленных производных

полициклических ароматических углеводородов. Полученные данные свидетельствуют об успешном введении карбоксильных функциональных групп, в структуру тетрацена и его алкилзамещённых гомологов, что придаёт материалу амфотерные ионообменные свойства.

Вывод. В результате проведённого исследования разработан эффективный метод окислительной модификации тетраценовой фракции после пиролиза тар-продукта с азотной кислотой, и катализатором серной кислотой, обеспечивающий образование карбоксильных групп и получение перспективного катионита, после дальнейшего введения аминогрупп с получением аминокарбоксильного амфотерного ионита [7]. Предложенная технология позволяет не только рационально утилизировать крупнотоннажные промышленные отходы, но и создавать материалы с высокими эксплуатационными характеристиками для экологически безопасной очистки сточных вод. Дальнейшие исследования будут направлены на изучение ионообменной ёмкости, кинетики сорбции и регенерации полученного материала в реальных условиях промышленных стоков.

Список использованной литературы

1. М.А. Ахмадалиев, И.И. Шарофиддинов// Изучение образования тяжёлых смолистых тар-продуктов при пиролизе углеводородного сырья Устьюртскогогазоконденсата// Universum: технические науки: научный журнал. 2021. – № 5 (86). – Ч. 4. – С. 20–24.
2. Официальный сайт СП ООО «Uz-Kor Gas Chemical». [Электронный ресурс]. 2018. Режим доступа: <http://www.uzkor.com/index.php/ru/deyatelnost>[Дата обращения: 06.04.2026].
3. Кодиров О.Ш., Мирзакулов Х.Ч., Бердиев Х.У, Шарипова В.В.//Исследование химического состава пироконденсатапиролизного производства//Universum: технические науки, 2018. – 9 (54) – С. 59-64.
4. Исакулова М.Ш. // Химический состав и применение тар продукта образующейся при пиролизе углеводородов// "Экономика и социум". – 2022. – №9(100) – С. 367-370.

5. Кенжаев А.К., Нурмонов С.Э., Кодиров О.Ш.// Синтез сульфокатионитов на основе вторичных продуктов// Наука и развитие технологий, Научно-технический журнал. Бухара. 2022. № – 5. – С. 100–110.

6. Karimova Zilola Study of by-products composition and synthesis of carbon acids // Universum: технически науки. 2024. №12 (129). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/study-of-by-products-composition-and-synthesis-of-carbon-acids>

7. Заявка на патент IAP 20250666 от 3.10.2025. Способ получения аминокарбоксильного амфолита на основе тар-продукта. Драбкова Т. В., Турабджанов С. М., и др.

УДК 57.043

ВЛИЯНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ (ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ) РАБОТ НА БЕНТОСНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ И СРЕДУ ИХ ОБИТАНИЯ КАК ФАКТОРА ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МОРСКИЕ ЭКОСИСТЕМЫ

*Даирова Динара Сруровна, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник
Каспийского морского научно-исследовательского центра, г. Астрахань;
старший научный сотрудник Института проблем экологии и
недропользования Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, e-mail:
dairova3110@mail.ru*

Аннотация. На основании анализа ряда литературных источников приведена информация об изменениях структурных показателей донных сообществ и среды их обитания вследствие проведения строительных (гидротехнических) работ в море. С целью сохранения и восстановления морских экосистем, находящихся в стадии антропогенной сукцессии, указываются способы решения вопросов, связанных с последствиями техногенного воздействия строительной деятельности.

Ключевые слова: строительные работы, донные беспозвоночные, морские экосистемы, техногенное воздействие.

THE IMPACT OF CONSTRUCTION (HYDRAULIC ENGINEERING) WORK ON BENTHIC INVERTEBRATES AND THEIR HABITAT AS A FACTOR OF ANTHROPOGENIC IMPACT ON MARINE ECOSYSTEMS

Dairova D.S.^{1, 2}

¹ Caspian Marine Scientific Research Center, Astrakhan

² Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of TAS,
Kazan

Annotation. *Based on the analysis of a number of literary sources, this paper presents information on changes in the structural parameters of benthic communities and their habitats due to construction (hydraulic engineering) work at sea. To preserve and restore marine ecosystems undergoing anthropogenic succession, solutions for addressing the consequences of construction activities are outlined.*

Keywords: *construction work, benthic invertebrates, marine ecosystems, anthropogenic impact.*

Любая региональная строительная деятельность нарушает взаимосвязи внутри экосистемы и может вызвать как незначительные, так и серьезные последствия для данного региона или территории [14, 15].

К главным источникам и факторам антропогенного воздействия на морскую среду при всех видах строительных работ в море (строительство и установка морских платформ, подводных трубопроводов и кабелей, строительство выносных причалов, нефтяных портов и терминалов, дноуглубительные работы, рытье траншей и другие работы на грунте) относятся изъятие, перемещение, сброс и перераспределение донных грунтов, объемы которых на региональном уровне могут исчисляться миллионами тонн. Немаловажное значение имеют такие факторы, как время и место их

проведения, техническая оснащенность и исправность используемой техники, гидрологические условия, состав и структура донных осадков до проведения строительных работ и т. д. В результате этих процессов неизбежны изменения условий обитания придонных и бентосных сообществ за счет физического нарушения структуры осадков и морфологии дна, взмучивания грунтов и переотложения осадочного материала на дне [11, 12]. В дальнейшем, оценка характера, масштаба и уровня воздействия перечисленных факторов необходима для определения объема восстановительных (компенсационных) мероприятий.

Проведение строительных (гидротехнических) работ в море прямо или косвенно отражается на состоянии бентосных сообществ в виде:

- изменений в таксономическом составе, упрощении структурно-функциональной организации сообществ макрозообентоса, и, в конечном итоге, элиминации донных организмов в зоне действия механизмов и оборудования;
- захоронения и гибели части биоты (особенно эпифауны) под слоем переотложенного грунта и оседающей взвеси, приводящей к образованию гидротехнического осадка на значительной площади дна;
- угнетения и гибели донных беспозвоночных на участках увеличения мутности воды и нарушения жизнедеятельности организмов-фильтраторов при дноуглубительных и иных грунтовых работах;
- нарушения и ухудшения условий обитания, сказывающихся на процессах роста, размножения, питания, миграциях бентосных форм на нарушенных субстратах [9, 12, 13].

В результате перечисленных воздействий антропогенного характера на структуру гидроэкосистемы, последняя переходит в стадию вторичной сукцессии, или экогенетической сукцессии, т. к. в результате воздействия были разрушены и сообщество, и его биотоп, следовательно, вторичная сукцессия — это экогенетическая сукцессия, начинающаяся с той точки,

которой соответствует степень разрушения биотопа, т. е. отличается от первичной только точкой начала, положение которой определяет степень внешнего воздействия [6, 17].

Чаще выделяют три основных фазы реагирования макрозообентоса на нарушения донных субстратов:

- снижение видового разнообразия, численности и биомассы донных сообществ;
- начальная реколонизация гидробионтов, т. е. быстрое повторное заселение нарушенных грунтов в основном за счет наиболее массовых (ключевых) для данного места видов;
- восстановление оптимальных для конкретных условий параметров бентоценозов, структура которых может иногда отличаться от первоначальных показателей [12, 13].

С.А. Патин (2017), на основании анализа многочисленных публикаций, в которых описываются последствия проведения дноуглубительных и других грунтовых работ на шельфе на структуру донных сообществ и их количественных показателей [7, 8, 10, 12], констатирует, что даже при самых пессимистических вариантах нет оснований ожидать заметных популяционных нарушений в биомассе бентонтов на региональном уровне, которая исчисляется обычно миллионами тонн. Так, например, выполненные в 2003-2005 гг. работы по дноуглублению и сбросу грунтов при строительстве причала для отгрузки сжиженного газа в заливе Анива не привели к каким-либо заметным устойчивым нарушениям в бентосных сообществах, которые можно было бы достоверно зафиксировать и приписать влиянию этих работ [10, 12].

Строительство платформ и прокладка нефтегазопроводов также сопряжены с изъятием и перемещением больших количеств грунтов, взмучиванием водных масс и с неизбежным нарушением биотопов донных биоценозов, в связи с чем, в целях сохранения биоразнообразия и устойчивого

состояния экосистем в целом, на протяжении всего периода работ ведется производственный экологический мониторинг. Согласно результатам гидробиологических исследований, начатых в 2011 г., на акватории Северного Каспия в районе площадки, выделенной для инженерно-строительного обустройства объектов месторождения им. В. Филановского, и в районе участка, расположенного вдоль планируемой трассы нефтегазопровода, вариабельность среднесезонных значений численности и биомассы макрозообентоса в течение пяти лет находилась в одном порядковом диапазоне: плотность донных организмов в районе обустройства объектов месторождения им. В. Филановского не изменялась более чем в 3,9 раза, биомасса – в 2,6 раза; в районе трассы нефтегазопровода – максимальное варьирование показателей численности бентонтов не превышало 1,7 раза, биомассы – 2,1 раза. Анализ межгодовой сезонной динамики структурных показателей донных сообществ в течение ряда лет показал, что в сравнении с 2013 г., в 2014 г. значения численности и биомассы бентосных беспозвоночных на акватории участка обустройства объектов месторождения им. В. Филановского в летний период незначительно возросли – в 1,25 и 1,3 раза соответственно. Осенью численность гидробионтов в 2014 г. по отношению к 2013 г. увеличилась в 1,3 раза, а биомасса, напротив, снизилась в 1,1 раза. На акватории трассы нефтегазопровода количественные показатели зообентоса в летний период 2014 г. были несколько выше, чем в предшествующий год – в 1,55 раза по численности и в 2,9 раза по биомассе. Осенью 2014 г. плотность донного населения была выше таковой в 2013 г. в 1,4 раза, значения биомассы были ниже значений 2013 г. в 1,2 раза. Таким образом, существенных изменений в показателях численности и биомассы донных беспозвоночных от лета к осени в течение 2013-2014 гг. не наблюдалось, следовательно, влияние негативного воздействия на структуру сообществ макрозообентоса в районе обустройства объектов месторождения им. В. Филановского и на акватории планируемой трассы нефтегазопровода

не зарегистрировано. Следует также отметить, что подводные нефтепроводы, как впрочем, и другие объекты нефтегазового комплекса на Северном Каспии, в условиях острого дефицита твердого донного субстрата активно осваиваются биотой, демонстрируя общеизвестные эффекты искусственного рифа [3, 4, 5, 16].

На основании оценки экологических последствий строительства и эксплуатации подводного перехода магистрального газопровода через Байдарацкую губу (Карское море), выполненной С.Г. Миронюком (2014), установлено, что одним из основных источников воздействия на морскую среду при строительстве подводного перехода являются земляные работы при проходке траншеи и подходных каналов, заглублении, засыпке трубопроводов и дампинге грунта, сопровождающиеся повышением содержания в воде взвеси, образованной мелкими (илистыми и глинистыми) фракциями донных отложений (взмучивание); изменением гидрохимического режима морской воды при высвобождении загрязняющих веществ из донных осадков во время земляных работ. Наибольшее воздействие на условия обитания биоты оказывает деятельность трубозаглубителя. По данным моделирования, во время его работы вдоль одной нитки газопровода максимальное количество единовременного содержания взвеси в воде может достигнуть 18 тыс. т. Максимальная площадь взвеси составляет 12 км² при концентрации ее более чем на 0,25 мг/л выше фоновой, а при концентрации взвешенных частиц более чем на 100 мг/л выше фоновой – 5 км² [9].

Проведение данных видов работ влечет за собой изменения количественных показателей донных сообществ. Так, потери зообентоса при укладке труб газопровода протяженностью более 500 км в районе Штокмановского месторождения в Баренцевом море прогнозируются не более 50-60 т биомассы на одну нитку газопровода в открытых водах и 230 т в прибрежной зоне [8, 12].

С.А. Патиным (2017) выявлено, что наиболее сильное воздействие на донную биоту при строительстве подводных трубопроводов проявляется при рытье траншей на мелководье, заметно меньшее – при заглублении труб плужным устройством и незначительное – при укладке труб на поверхность дна [12].

В целях сохранения морских экосистем, их защиты и возможности восстановления, строительные (гидротехнические) грунтовые работы должны выполняться с минимальным ущербом для окружающей среды и соблюдением правил промышленной и экологической безопасности в соответствии с положениями законодательных актов, а также требованиями нормативно-технических и руководящих документов. Основные положения, регулирующие осуществление данных видов работ, изложены в ст. 4 «Отношения, регулируемые законодательством о градостроительной деятельности», ст. 48 «Архитектурно-строительное проектирование», ст. 48-1 «Особо опасные, технически сложные и уникальные объекты», ст. 49 «Экспертиза проектной документации и результатов инженерных изысканий, государственная экологическая экспертиза проектной документации объектов, строительство, реконструкцию которых предполагается осуществлять в исключительной экономической зоне РФ, на континентальном шельфе РФ, во внутренних морских водах, в территориальном море РФ, в границах особо охраняемых природных территорий ...», ст. 51 «Разрешение на строительство» Градостроительного кодекса Российской Федерации N 190-ФЗ [2].

Согласно статье 61 Водного кодекса Российской Федерации N 74-ФЗ «Охрана водных объектов при проведении работ», проведение строительных, дноуглубительных, взрывных, буровых и других работ, связанных с изменением дна и берегов водных объектов, в их водоохранных зонах, в границах особо ценных водно-болотных угодий осуществляется в соответствии с требованиями водного законодательства, законодательства в

области охраны окружающей среды и законодательства о градостроительной деятельности. Физические лица, юридические лица, осуществляющие проведение строительных, дноуглубительных, взрывных, буровых и других работ, связанных с изменением дна и берегов водных объектов, обязаны осуществлять мероприятия по охране водных объектов, предотвращению их загрязнения и засорения [1].

В последние десятилетия уровень требований к мониторингу экологической безопасности и качеству окружающей среды строительных объектов значительно возрос. Появились международные и национальные стандарты по экологическому менеджменту, используются рыночные атрибуты сертификации и страхования экологических рисков, применяются современные классификации отходов и паспорта безопасности материалов и веществ. Законодательство Российской Федерации пополнилось серией нормативных документов в области охраны окружающей среды и устойчивого развития [14, 15].

В отношении морских экосистем в последние десятилетия на макроэкологическом уровне предпринимаются попытки установить морские экологические стандарты на основе экосистемного подхода. При этом имеются в виду количественные оценки допустимых изменений видового состава, численности, биомассы и других показателей состояния морских популяций и сообществ (прежде всего, бентосных) исходя из пределов их природной изменчивости. Такой подход, бесспорно, перспективен, поскольку он позволяет оценивать и регламентировать интегральные (кумулятивные) воздействия на морскую среду. Его слабое место – необходимость учета региональных и даже местных вариаций экосистемных параметров [12].

Список использованной литературы

1. «Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 29.12.2025) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2026). – 58 с.
2. «Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 N 190-ФЗ (с изм. на 23.03.2026). – 368 с.

3. Богучарова И.В., Загидулина А.Р., Кочнева Л.А. Особенности формирования донной фауны на акватории месторождения им. В. Филановского в 2012 г. // Сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений». – Астрахань: Изд-во КаспНИРХа, 2013. – С. 52-54.
4. Влияние природных и антропогенных факторов на состояние биологических сообществ Северного Каспия / Отв. ред. А.А. Курапов, Е.В. Островская. – Астрахань: Издатель Сорокин Р.В., 2016. – 319 с.
5. Даирова Д.С., Богучарова И.В. Межгодовая сезонная динамика структурных показателей макрозообентоса на участке обустройства объектов месторождения им. В. Филановского и на акватории трассы нефтегазопровода (2013-2014 гг.) // Сб. науч. тр. «Рыбохозяйственные исследования в Каспийском море в условиях освоения нефтегазовых месторождений». – Астрахань: Изд-во ФГБНУ «КаспНИРХ», 2015. – С. 51-55.
6. Жирков И.А. Био-география. Общая и частная: суши, моря и континентальных водоемов. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2017. – 568 с.
7. Зеленков В.М., Мискевич И.В. Оценка возможного воздействия добычи нефти на морские арктические экосистемы на примере Приразломного месторождения в Печорском море // Сб. материалов Междунар. семинара «Охрана водных биоресурсов в условиях освоения нефтегазовых месторождений на шельфе РФ». – М.: Госкомрыболовство, 2000. – С. 48-59.
8. Матишов Г.Г., Никитин Б.А. (ред.). Научно-методические подходы к оценке воздействия газонефтедобычи на экосистемы морей Арктики (на примере Штокмановского месторождения). – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1997. – 393 с.
9. Миронюк С.Г. Оценка экологических последствий строительства и эксплуатации подводного перехода магистрального газопровода через Байдарацкую губу (Карское море) // Арктика: экология и экономика, 2014. – № 3(15). – С. 72-78.
10. Патин С.А. Воздействие на окружающую среду от перемещения и сброса грунта при работах по дноуглублению в заливе Анива, выполненных в 2003-2005 гг. – М.: Экотерра Ко, ЛТД, 2005. – 67 с.
11. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа. – М.: Изд-во ВНИРО, 2001. – 247 с.
12. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа: В 2-х т., 2-е изд. переработанное и дополненное. – Т. 2: Экологические последствия, мониторинг и

регулирование при освоении углеводородных ресурсов шельфа. – М.: Изд-во ВНИРО, 2017. – 284 с.

13. Сергеева О.В. Воздействие дноуглубительных работ в порту Сочи на донных беспозвоночных и среду их обитания: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.10. – М., 2015. – 24 с.

14. Слесарев М.Ю., Теличенко В.И. Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства: учеб.-метод. пособие. – М.: Изд-во МИСИ-МГСУ, 2020. – 103 с.

15. Теличенко В.И., Слесарев М.Ю., Стойков В.Ф. Управление экологической безопасностью строительства. Экологический мониторинг: учеб. пособие. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2005. – 328 с.

16. Ушивцев В.Б., Курапов А.А., Водовский Н.Б., Ушивцев В.В., Островская Е.В., Галактионова М.Л. Влияние подводных трубопроводов на биоту Северного Каспия // Тр. Касп. филиала ИО РАН. Вып. 1. Окружающая среда и экосистема Каспийского моря / Отв. ред. В.Б. Ушивцев, С.К. Монахов. – Астрахань: Издатель Сорокин Р.В., 2016. – 278 с.

17. Clements F.E. Plant succession; an analysis of the development of vegetation // N.Y. Carnegie Inst. of Wash. Publ., 1916. – No. 242. – 512 p.

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

УДК 711.4:502.1

«ЗЕЛЕНАЯ» АРХИТЕКТУРА И УСТОЙЧИВОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО В Г. КАЗАНИ: ОПЫТ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Иванов Данил Сергеевич, магистрант,

Салихов Наиль Зинурович, магистрант

*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический
университет», г.Казань: e-mail: bekmamedof90@mail.ru*

*Гумеров Тимофей Юрьевич, д-р техн. наук, профессор
ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-
строительный университет», г. Казань, e-mail: timofei@mail.ru*

Аннотация. В статье рассматривается современное состояние и перспективы развития «зеленого» строительства в городе Казани. Дается общее представление о том, что такое «зеленая» архитектура и устойчивое строительство, почему эти понятия становятся всё более важными для крупных российских городов. Описываются основные технологические решения, которые позволяют сделать жилые дома более экономичными и экологичными: утепление фасадов, использование геотермальных насосов, установка солнечных панелей, системы принудительной вентиляции с подогревом воздуха, водосберегающая сантехника и организация раздельного сбора мусора. Приводятся простые примеры из практики казанских застройщиков, которые уже применяют подобные решения. Анализируются проблемы, с которыми сталкиваются девелоперы и жители при переходе к «зеленым» стандартам: высокая стоимость строительства, долгий срок окупаемости, недостаток информации у населения. Уделяется внимание городским программам поддержки экологического строительства и созданию природно-рекреационных зон. Для устойчивого развития города необходимо переходить от строительства отдельных «зеленых» домов к формированию целых экокварталов с замкнутыми циклами потребления ресурсов.

Ключевые слова: зеленая архитектура, устойчивое строительство, энергоэффективность, ресурсосбережение, экоквартал, солнечные панели, геотермальные насосы, рекуперация тепла.

«GREEN» ARCHITECTURE AND SUSTAINABLE CONSTRUCTION IN KAZAN: EXPERIENCE, PROBLEMS AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Ivanov D.S.¹, Salikhov N.Z.¹, Gumerov T. Yu.²

¹Kazan National Research Technological University, Kazan

²Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Abstract. *The article discusses the current state and prospects for the development of green construction in Kazan. It provides a general understanding of what green architecture and sustainable construction are, and why these concepts are becoming increasingly important for large Russian cities. The main technological solutions that make residential buildings more economical and environmentally friendly are described: facade insulation, geothermal heat pumps, solar panels, forced ventilation systems with air heating, water-saving plumbing, and separate waste collection. Simple examples from the practice of Kazan developers who are already applying such solutions are given. The problems that developers and residents face when transitioning to green standards are analyzed: high construction costs, long payback period, and lack of public awareness. Special attention is paid to city programs supporting ecological construction and the creation of natural recreation areas. It is concluded that for sustainable urban development, it is necessary to move from the construction of individual green buildings to the formation of entire eco-quarters with closed resource consumption cycles.*

Keywords: *green architecture, sustainable construction, energy efficiency, resource saving, eco-quarter, solar panels, geothermal heat pumps, heat recovery.*

Введение. В последние годы тема экологии стала одной из самых обсуждаемых не только в научных кругах, но и среди населения. Всё чаще поднимаются вопросы о качестве воздуха, чистоте воды, объёмах потребляемых ресурсов и том, какое наследие останется будущим поколениям. Особенно остро эти вопросы стоят в крупных городах, где высокая плотность застройки, большое количество автомобилей и промышленных предприятий создают серьёзную нагрузку на окружающую среду.

Одним из способов решения экологических проблем является «зеленое» строительство. Этот термин обозначает целый комплекс подходов и технологий, позволяющих строить и эксплуатировать здания так, чтобы они потребляли меньше энергии, воды и других ресурсов, а также наносили минимальный вред окружающей среде. В мировой практике такое строительство также называют устойчивым.

Город Казань в последние годы активно движется в этом направлении. Здесь появляются энергоэффективные дома, внедряются программы раздельного сбора мусора, благоустраиваются парки и скверы. Согласно данным рейтингового агентства «Эксперт РА», в 2025 году экологический рейтинг Казани был признан очень высоким [1]. Это свидетельствует о реальных успехах города в области экологического строительства и устойчивого развития.

Важно отметить, что с 2018 года в стране действует адаптированная версия BREEAM RUS, учитывающая российские строительные нормы, климатические условия и особенности рынка. Это позволяет использовать мировой опыт с поправкой на отечественные реалии.

Цель данной статьи – раскрыть общие представления «зеленой» архитектуре и технологиях, применяющихся в г. Казани, а также оценить трудности, возникающие у застройщиков определить возможные перспективы развития данного направления.

1. Определение «зеленой» архитектуры и устойчивого строительства. «Зеленая» архитектура – это подход к проектированию и строительству зданий, при котором архитекторы и строители учитывают не только эстетические и функциональные характеристики дома, но и его влияние на окружающую среду. При таком подходе решаются следующие задачи:

- использование материалов, не выделяющих вредных веществ;
- оптимальное расположение окон для максимального использования солнечного света и тепла (особенно актуально для холодного климата Казани);

- установка на крышах солнечных батарей или коллекторов для получения горячей воды или электричества;
- сбор и использование дождевой воды для технических нужд (например, полива газонов).

Устойчивое строительство представляет собой более широкое понятие. Оно включает в себя не только архитектурные решения, но и процессы возведения зданий, их дальнейшую эксплуатацию и даже утилизацию после завершения срока службы. Например, при устойчивом подходе строители стремятся использовать переработанные материалы (щебень из старого бетона, кирпичный бой), а на строительной площадке организуется сортировка мусора для последующей переработки.

Главная идея данного подхода формулируется просто: строительство и проживание должны осуществляться таким образом, чтобы будущие поколения также имели доступ к необходимым ресурсам и могли дышать чистым воздухом.

В г. Казани уже реализовано несколько жилых комплексов и отдельных домов, которые могут быть отнесены к категории «зеленых». Внешне такие здания не отличаются от обычных многоэтажных конструкций, однако их внутреннее устройство имеет принципиальные отличия. Ниже рассматриваются основные технологии на конкретных примерах [2].

Энергоэффективность. Обычный дом теряет значительное количество тепла через стены, окна, крышу и систему вентиляции. В «зеленом» доме стены делаются более толстыми или дополнительно утепляются специальными материалами. Устанавливаются многокамерные стеклопакеты с низкоэмиссионным покрытием – специальным напылением, препятствующим выходу тепла наружу. Вентиляция оснащается рекуператором – устройством, которое забирает тепло из удаляемого воздуха и передаёт его свежему воздуху, поступающему с улицы. В результате на отопление затрачивается значительно меньше энергии.

Геотермальные насосы. Температура грунта на определённой глубине в зимний период остается положительной (около +5...+8 градусов). Геотермальный насос использует это тепло: он извлекает его из земли, повышает температуру с помощью теплового насоса (принцип работы обратен холодильному) и направляет в систему отопления дома. В летний период данный насос может работать на охлаждение. Оборудование является дорогостоящим, но очень экономичным в эксплуатации.\

Солнечные панели. В Казани количество солнечных дней в году не столь велико, как, например, в южных регионах, однако современные панели способны работать даже в пасмурную погоду. Они устанавливаются на крышах или фасадах зданий и вырабатывают электричество для освещения подъездов, лифтов или насосного оборудования.

Водосбережение. В «зеленых» домах устанавливаются краны с аэраторами (насадками, смешивающими воду с воздухом), двухрежимные сливные бачки унитазов (с малой и большой кнопкой), а также системы сбора дождевой воды. Дождевая вода используется для полива газонов и мытья автомобилей. Это позволяет сократить потребление воды из централизованного водопровода на 30–40%.

Раздельный сбор мусора. В новых жилых комплексах всё чаще можно увидеть отдельные контейнеры для пластика, стекла, бумаги и органических отходов. В некоторых домах на кухнях устанавливаются диспозеры—измельчители пищевых отходов. Они перемалывают очистки и остатки пищи, которые затем уходят в канализацию, а не в мусорное ведро. Это уменьшает объём мусора и облегчает его сортировку.

Все перечисленные технологии в разной степени применяются в казанских новостройках. Например, в одном из первых «зеленых» домов в составе жилого комплекса «Современник» были использованы геотермальные насосы, рекуперация и солнечные панели для освещения подземной парковки

[3]. Основные технологические решения, используемые в «зеленом» строительстве, обобщены и систематизированы в таблице 1.

Таблица 1

**Основные «зеленые» технологии в жилищном строительстве
Казани**

Что делается	Как работает	Какой эффект
Утепляются стены и крыша, устанавливаются качественные окна	Тепло не уходит из дома	Снижаются расходы на отопление
Монтируется вентиляция с рекуперацией	Тёплый вытяжной воздух нагревает холодный приточный	Уменьшаются потери тепла через вентиляцию
Используются геотермальные насосы	Тепло из грунта используется для отопления зимой, холод — для охлаждения летом	Снижается или полностью исключается потребление газа или электричества для отопления
Устанавливаются солнечные панели	Солнечный свет преобразуется в электрическую энергию	Получается дешёвая энергия для освещения и работы оборудования
Монтируются краны с аэраторами и двухрежимные сливные бачки	Расход воды уменьшается	Снижение водопотребления на 30–40%
Организуется отдельный сбор мусора	Отходы не смешиваются	Увеличивается объём вторсырья, отправляемого на переработку

2. *Первые «зеленые» дома в Казани.* Казань не сразу пришла к «зеленому» строительству. Первые шаги в данном направлении были сделаны около десяти лет назад, когда финская компания «ЮИТ» построила несколько энергоэффективных домов в составе жилого комплекса «Современник». Эти дома получили сертификат по стандарту BREEAM – своего рода «экологический паспорт» здания. Для получения такого сертификата необходимо было доказать, что дом экономит энергию и воду, использует безопасные материалы и создаёт комфортные условия для проживания.

Примечательно, что квартиры в этих домах стоили дороже обычных, однако были раскуплены в кратчайшие сроки. Данный факт продемонстрировал наличие потребительского спроса на экологичное жильё при условии понимания его преимуществ: низкие счета за отопление и

электричество, чистый воздух в квартире (благодаря приточной вентиляции с фильтрами), хорошая шумоизоляция и общее ощущение минимального вреда природе.

В настоящее время в Казани насчитывается уже несколько десятков домов, соответствующих «зеленым» стандартам, и их количество продолжает расти. В качестве наглядного примера успешного внедрения комплекса энергоэффективных решений в реальный проект жилой застройки можно привести строящийся дом по адресу ул. Степана Халтурина, 2. Это проект энергоэффективного дома, включающий геотермальный тепловой насос, солнечные панели и систему рекуперации тепла. Ожидается, что энергопотребление в таком доме не превысит 15 кВт·ч на квадратный метр в год. Для сравнения: обычный дом тратит около 150–200 кВт·ч [4].

3. *Проблемы внедрения «зеленого» строительства.* Несмотря на очевидные преимущества «зеленых» домов, их повсеместное распространение сталкивается с рядом серьёзных препятствий.

Высокая стоимость строительства. «Зеленый» дом обходится на 15–30% дороже обычного. Геотермальные насосы, солнечные панели, качественная вентиляция, специальные окна – всё это требует дополнительных затрат. Не все застройщики готовы вкладываться в такие технологии, особенно если впоследствии придётся продавать квартиры по более высокой цене. Не все покупатели готовы платить больше, даже если в будущем коммунальные платежи будут ниже.

Долгий срок окупаемости. Дополнительные вложения в «зеленые» технологии окупаются за 7–15 лет. Для застройщика это длительный срок. Для покупателя, приобретающего квартиру в ипотеку, также не всегда очевидно, что переплата сегодня оправдывает экономию в будущем.

Недостаток информации. Многие люди просто не знают, что такое «зеленые» дома, и не понимают, чем они лучше обычных. Агенты по недвижимости также не всегда могут доходчиво объяснить преимущества

таких объектов. В результате покупатель выбирает привычную новостройку из-за более низкой цены.

Проблемы с эксплуатацией. Сложные системы (вентиляция с рекуперацией, геотермальный насос) требуют регулярного обслуживания. При отсутствии должного ухода они быстро выходят из строя, и дом перестаёт соответствовать «зеленым» стандартам. В новых домах часто отсутствуют обученные специалисты, способные обслуживать такое оборудование.

Отсутствие массового спроса. Пока что экологичное жильё в г. Казани остаётся нишевым продуктом для людей с высоким достатком и особыми запросами. Для перехода в массовый сегмент необходимо, чтобы цены на «зеленые» дома сравнялись с обычными, либо чтобы государство предоставляло субсидии и льготы застройщикам и покупателям.

4. Городские программы поддержки «зеленого» строительства. Городские власти осознают важность развития экологического строительства. В 2025 году была принята Стратегия устойчивого развития города до 2030 года [1]. В данном документе содержатся конкретные целевые показатели: доля людей, ведущих экологичный образ жизни (сортирующих мусор, экономящих воду и электричество), должна вырасти с 20% до 40%. Количество домов, соответствующих «зеленому» ГОСТу (ГОСТР 70346-2022), должно увеличиться на 50%.

Кроме того, в городе реализуются проекты по созданию природно-рекреационных зон. Один из наиболее известных – «Зеленая дуга», которая охватывает пять районов, дугой окружающих Казань: Высокогорский (север), Зеленодольский (запад), Верхнеуслонский (юго-запад), Лаишевский (юго-восток) и Пестречинский (восток) [5]. Это непрерывный зелёный коридор протяжённостью около 40 км, соединяющий парки, лесопарки и скверы. На данной территории прокладываются велодорожки, обустраиваются экологические тропы, устанавливаются скамейки и площадки для отдыха. Такие проекты создают комфортную среду вокруг «зеленых» домов и

демонстрируют населению, что экология – это не только технологии, но и красивое, удобное пространство для жизни.

Также в г.Казани имеется положительный опыт восстановления природных объектов. Например, очищение озера на бульваре Серова: вывезено 2,5 тысячи тонн донных отложений, углублено дно, произведён запуск рыбы. Вокруг озера оборудована велодорожка и павильон для проведения занятий. Подобные примеры важны, поскольку они меняют отношение людей к экологии. Человек, видящий чистое озеро, благоустроенный парк начинает больше ценить природу и поддерживать «зеленые» инициативы [5].

Исходя из анализа опыта г.Казани, можно выделить несколько ключевых направлений для дальнейшего развития «зеленого» строительства.

1. Переход от отдельных домов к целым кварталам. Один «зеленый» дом среди обычной застройки даёт ограниченный эффект. Значительно более эффективным является подход, при котором целый квартал или даже район проектируется по «зеленым» стандартам. В этом случае становится возможным создание общей системы сбора дождевой воды, централизованной рекуперации тепла, «умного» управления освещением улиц. Может быть организована система, при которой мусор из всех домов сортируется на месте и отправляется на переработку.

2. Обучение и просвещение. Необходимо информировать население о преимуществах «зеленых» домов доступным языком. Например, следует показывать реальные счета за отопление в обычном и «зеленом» доме, организовывать экскурсии в такие дома для студентов, строителей, риелторов. Важно включать темы устойчивого строительства в образовательные программы университетов (что уже делается в КГАСУ и КНИТУ).

3. Государственная поддержка. Полезным представляется предоставление налоговых льгот застройщикам, возводящим «зеленые» дома, или субсидирование части процентной ставки по ипотеке для покупателей

таких квартир. В ряде зарубежных стран данная практика успешно применяется, и соответствующий опыт может быть заимствован.

4. *Развитие производства местных материалов и оборудования.* Многие компоненты «зеленых» технологий (геотермальные насосы, качественная вентиляция) в России в настоящее время являются импортными, что обуславливает их высокую стоимость. Налаживание собственного производства позволит снизить цену таких домов.

Выводы:

1. Казань является одним из лидеров среди городов России по внедрению «зеленых» стандартов в строительстве. В городе уже имеются успешные примеры энергоэффективных домов, сертифицированных по международным стандартам, и принята городская стратегия устойчивого развития.

2. Основные технологии, применяемые в Казани, включают утепление ограждающих конструкций, рекуперацию тепла, геотермальные насосы, солнечные панели, водосберегающее оборудование и раздельный сбор мусора. Все перечисленные решения работают и дают реальный экономический и экологический эффект.

3. Главными проблемами, сдерживающими массовое внедрение «зеленого» строительства, являются высокая стоимость возведения таких объектов, длительный срок окупаемости дополнительных вложений, недостаток информации у населения и отсутствие массового спроса. Без решения данных проблем «зеленое» строительство рискует остаться нишевым продуктом.

4. Для дальнейшего развития необходим переход от точечного строительства отдельных «зеленых» домов к созданию целых экокварталов. Активная просветительская работа среди населения, государственная поддержка «зеленых» инициатив на городском и федеральном уровнях – залог успеха.

5. Проекты вроде «Зеленой дуги» демонстрируют, что экология может быть не только полезной, но и эстетически привлекательной и удобной. Это способствует формированию у горожан запроса на качественную экологическую среду и, следовательно, на «зеленое» жильё.

В перспективе, при условии решения обозначенных проблем, Казань может стать примером для других российских городов в области устойчивого строительства и «зеленой» архитектуры.

Список использованной литературы

1. Стратегия устойчивого развития города Казани до 2030 года (с перспективой до 2040 г). – Казань: Издательство Мэрии г. Казани, 2025. – 84 с.
2. Закирова, Т. Р. Зеленая архитектура Республики Татарстан на примере Казани / Т. Р. Закирова // Архитектон: известия вузов. – 2025. – № 1(89). – DOI 10.47055/19904126_2025_1(89)_1.
3. Кульков, А. А. Сравнительная характеристика систем сертификации по "зеленым" стандартам на примере жилых объектов в г. Казани / А. А. Кульков, Я. Н. Бабкина // Жилищные стратегии. – 2021. – Т. 8, № 2. – С. 171-194. – DOI 10.18334/zhs.8.2.112318.
4. Никитин, А. В. Проблемы формирования эколого-природного каркаса урбанизированных территорий (на примере г. Казани) / А. В. Никитин, Н. М. Мингазова, Г. А. Юпина // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2010. – № 2(14). – С. 88-96.
5. Жилищные условия населения в Республике Татарстан: современное состояние и политика по их улучшению / М. А. у. Убайдуллаев, Р. Д. Ш. у. Рохаталиев, Е. М. Ермошина [и др.] // Экономика в меняющемся мире: V Всероссийский экономический форум: сборник научных трудов, Казань, 17–21 мая 2021 года. – Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2021. – С. 155-158

УДК 502.131.1

ЭКОСИТИ, ПРИНЦИПЫ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА МИНИМИЗАЦИЮ «ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СЛЕДА»

Юсупова Азалия Азатовна, студент

Осипова Венера Юсуповна, кандидат химических наук, доцент

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

Аннотация: В статье рассмотрены концепция экогорода (Экосити) как перспективной модели устойчивого урбанистического развития, ориентированной на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: Экосити, экологический след, восстановление деградированных земель, биофизические меры и биосоциальные аспекты

ECOCITY, PRINCIPLES FOR MINIMIZING THE ENVIRONMENTAL TRACE

Yusupova A.A., Osipova V.Yu.

Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan

Abstract: The article discusses the concept of an eco-city (Ecosity) as a promising model of sustainable urban development aimed at minimizing anthropogenic impact on the environment.

Keywords: Ecosity, ecological footprint, restoration of degraded lands, biophysical measures, and biosocial aspects.

Введение. С каждым годом урбанизация продолжает набирать темпы, и по прогнозам, к 2050 году более 70 % мирового населения будет жить в городах. Эта тенденция ставит перед человечеством новые вызовы: необходимость эффективного управления ресурсами, улучшения качества жизни и, самое главное, минимизации воздействия на окружающую среду.

Известно, что следствием урбанизации является резкий рост «экологического следа» - совокупного негативного воздействия человека на природу, включая истощение ресурсов, загрязнение и потерю биоразнообразия.

В основополагающей работе 1996 года «Наш экологический след» Матис Вакернагель и Уильям Э. Рис представили концепцию экологического

следа, как аналитического инструмента, измеряющего воздействие человека на природу и выявили, что потребности человечества часто превышают восстановительную способность экосистем планеты [1].

Экологический след - это мера совокупного воздействия человека на планету, выраженная в гектарах биологической продуктивности земли, необходимых для поглощения отходов и производства ресурсов.

По подсчетам ученых на одного человека при нынешнем населении земли должно приходиться 1,75-1,8 га продуктивной земли. Для сравнения: средний житель США использует 12,2 га, это значит, что если все жители земли будут потреблять столько же ресурсов как американцы, то нам нужно 5,3 планеты. Средний европеец – 5,1 га (2,8 планеты), а средний житель Мозамбика – всего 0,7 га (0,4 планеты). Средний житель России использует 4,4 га (2,5 планеты).

Концепция экосити предлагает инновационный подход к градостроительству, где приоритет отдается принципам устойчивого развития, минимизирующим это воздействие и гармонизирующим жизнь горожан с окружающей средой.

Экосити представляет собой концепцию устойчивого города или его фрагмента, спроектированного в гармонии с природой, где все процессы минимизируют негативное воздействие на окружающую среду и обеспечивают высокое качество жизни жителей. Этот термин подразумевает создание городской среды, которая не только загрязняет экосистемы, но и активно восстанавливает их, используя принципы замкнутого цикла ресурсов и биологического равновесия [2].

Ключевые характеристики экосити:

1. Экологическая инфраструктура: Здания с нулевым энергопотреблением, зеленые крыши, вертикальные сады и системы рециркуляции воды, стоков и отходов.

2. Зеленые коридоры и биоразнообразие: Город пронизан сетью парков, лесополос и водных экосистем, создающих ниши для флоры и фауны.

3. Минимизация транспорта: Преобладание пешеходных зон, велосипедных дорожек и общественного электротранспорта, что снижает выбросы CO₂ на 60-80% по сравнению с автозависимыми мегаполисами.

4. Социально-экономическая устойчивость: Локальное производство пищи в пермакультурных садах, экологическое образование и участие жителей в управлении обеспечивающие социальную сплоченность и экономическую независимость.

Экосити принципиально снижает показатель «экологического следа» и по оценкам экспертов, реализация экосити может сократить экологический дефицит городов на 50-70%, переводя их в режим «позитивного воздействия» на окружающую среду, за счет биофизических (ресурсосбережение, регенерация экосистем) и биосоциальных (изменения поведения жителей) принципов.

Таблица 1

Ключевые решения и эффекты реализации принципов

Экосити/проект	Страна	Ключевые решения	Эффект
Масдар	ОАЭ	Солнечная энергия, беспилотный транспорт, пассивное охлаждение	Углеродный нейтралитет (проектный)
Донгтан	КНР	Ветряки, когенерация, зелёные крыши, зоны без авто	Снижение углеродного следа на ~70%
БедЗЕД	Великобритания	Когенерация из древесных отходов, цены на жильё без отопления, общественный транспорт	Сокращение выбросов на 50% за 10 лет
Сингапур	Республика Сингапур	Солнечная энергия, «зеленая» инфраструктура, вертикальные сады и эко-районы типа Punggol, замкнутый цикл переработки воды (NEWater), утилизация отходов с выработкой энергии	Полный углеродный нейтралитет к 2050 году 100% доли электромобилей и гибридов среди всех новых регистраций к 2030 году. Сокращение объема отходов, отправляемых на захоронение, на 30 % к 2030 году.

Биофизические принципы экосити составляют основу концепции, фокусируясь на физическом взаимодействии города с окружающей средой и направлены на восстановление природных экосистем, рациональное

использование ресурсов и минимизацию отходов. Эти принципы, разработанные Ричардом Реджистером и развитые в работах отечественных урбанистов, обеспечивают переход от линейной модели потребления к замкнутым циклам, где город становится «позитивным» фактором для природы, снижая экологический след до уровня устойчивости.

Первый принцип подразумевает регенерацию поврежденных территорий через создание зеленых коридоров, парков и лесополос, пронизывающих городскую ткань. В экосисте не менее 30-50% территории занимают природные зоны, которые служат нишами для флоры и фауны, компенсируя урбанистическую экспансию. Это включает посадку эндемичных видов, восстановление водоемов и буферные зоны, что повышает устойчивость к климатическим изменениям и поглощает CO₂ в объеме, превышающем выбросы города [3].

Примером успешного применения природных решений является проект «Супердеревья» в Сингапуре. Расположенные в парке Gardens by the Bay, 18 древоподобных конструкций высотой от 25 до 50 метров переплетаются в рукотворном лесу, соединяя природу, технологии и искусство [4]. Эти конструкции функционируют как вертикальные сады, являются домом для 163 000 растений более чем 200 видов и поглощают огромное количество углекислого газа из воздуха. Супердеревья оснащены экологическими технологиями, воспроизводящими роль деревьев в природе: они собирают солнечную энергию с помощью фотоэлектрических систем, а также накапливают дождевую воду.

Биосоциальные принципы экосисте дополняют биофизические, акцентируя внимание на человеческом факторе: они направлены на повышение качества жизни жителей, формирование экологической культуры и создание социальной инфраструктуры. Эти принципы меняют поведение людей, снижая потребление ресурсов и способствуя добровольной

минимизации экологического следа через образование, транспортные инновации и социальную справедливость [5].

Примером реализации биосоциального принципа является инициатива «Пчелиный путь» в городе Любляне (Словения). Город стал домом для 287 тысяч людей – и 180 миллионов пчел. В городе установлено более 4500 ульев, которые входят в систему «Пчелиный путь». Проект включает образовательные программы для горожан всех возрастов и профессиональных пчеловодов, аналитический центр и инкубатор бизнес-идей, а также развивает городские пасеки и отдельные ульи [6].

Принципы обеспечивают равный доступ ко всем благам: чистому воздуху, питьевой воде, жилью и зеленым пространствам для каждого жителя, независимо от дохода.

Внедряются смешанные кварталы с доступным жильем, социальными центрами и терапией природы, что повышает психическое здоровье и сплоченность сообщества. Экономика ориентирована на зеленые рабочие места с участием жителей в управлении через советы и референдумы.

Вывод. Таким образом, концепция экосити представляет собой комплексный ответ на вызовы урбанизации, где биофизические принципы и биосоциальные меры совместно минимизируют экологический след городов до устойчивого уровня ниже одного глобального гектара на человека. Реальные проекты подтверждают эффективность подхода: снижение выбросов CO₂, рост качества жизни и устойчивость к климатическим изменениям с окупаемостью за 10-15 лет за счет ресурсосбережения.

Внедрение экосити в России требует государственной поддержки, интеграции в генпланы мегаполисов и повышения экологической грамотности. Это не утопия, а достижимая модель будущего, где города становятся союзниками природы, обеспечивая гармоничное развитие человечества.

Список используемой литературы

1. Rees, W. E., Wackernagel, M. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth //Scientific American,1996. Vol. 284no.4. P. 120-127.
2. Реджистер Р. EcoCities: Cities from the Inside Out/R. Register. - Washington: Island Press, 2006 - 320 p.
3. Beatley, T. Green urbanism: learning from European cities / T. Beatley. - Washington: Island Press, 2000. - 491 p.
4. Косицына Э. С., Прокопенко В. В. «Зелёное строительство и основы дендрологии». Волгоград: Изд-во ВолгГТУ, 2019. 23 с.
5. О.Р. Рябов. Зеленые микрзоны в урбанизированной среде. // Градо строительство, планировка сельских населенных пунктов. // Известия КГАСУ, 2016, №4 (38). - С. 185-191.
6. Сибгатуллина Л.Ш., Сулейманов А.М. Реконструкция парка имени Урицкого г. Казань: история создания, проблемы, принципы // Известия КГАСУ. – 2023. – № 4 (66). – С. 133–142.

УДК 338.2:316.653

ВНЕДРЕНИЕ ЗЕЛЁНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ: АНАЛИЗ ОБЩЕСТВЕННОГО МНЕНИЯ ЧЕРЕЗ СОЦИОЛОГИЧЕСКИЙ ОПРОС

Грабовская Наталья Ивановна, магистр, сеньор-лектор

Фатиади Карина Васильевна, студент,

Закомирная Арина Сергеевна, студент

НАО «Кокшетауский университета им. Ш. Уалиханова», г. Кокшетау,

Казахстан, e-mail: NGrabovskaya@shokan.edu.kz

Аннотация. В статье посредством социологического опроса анализируется готовность населения поддерживать и внедрять на практике зелёные технологии. В результате опроса выявлен высокий уровень осведомленности и готовности к экологическим действиям. Однако для успешного перехода к "зелёному" образу жизни необходимо создание определённых условий, требующих системных изменений на государственном уровне.

Ключевые слова: *зелёные технологии, социологический опрос, анкетирование, экономический аспект и вызовы внедрения зелёных технологий, уровень осведомленности и готовности к экологическим действиям.*

INTRODUCTION OF GREEN TECHNOLOGIES: ANALYSIS OF PUBLIC OPINION THROUGH A SOCIOLOGICAL SURVEY

Grabovskaya N.I., Fatiadi K. V., Zakomirnaya A. S.

Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov, Kokshetau

Annotation. *The article analyzes the willingness of the population to support and implement green technologies through a sociological survey. A high level of awareness and readiness for environmental action was revealed. However, for a successful transition to a "green" lifestyle, it is necessary to create certain conditions that require systemic changes at the state level.*

Key words: *green technologies, sociological survey, questionnaire, economic aspect and challenges of the introduction of green technologies, the level of awareness and readiness for environmental action.*

Введение. В условиях глобального перехода к устойчивому развитию особое значение приобретает внедрение зелёных технологий, направленных на снижение негативного воздействия на окружающую среду и рациональное использование природных ресурсов. К таким технологиям относятся использование солнечных панелей, ветроэнергетических установок, энергоэффективных строительных материалов, развитие электротранспорта и других инновационных решений. Однако экономический аспект внедрения зелёных технологий остаётся одним из ключевых факторов, влияющих на темпы их распространения [1]. Для многих граждан важным вопросом является готовность нести дополнительные расходы, связанные с повышением

тарифов на коммунальные услуги или необходимостью инвестирования в экологически чистые технологии [2].

С целью выявления общественного мнения по данному вопросу в рамках дисциплины «Социальная экология» был проведён социологический опрос среди двух групп респондентов: студентов экологов и строителей (26 человек), а также жителей города из различных социальных групп (54 человека). Анкета «Внедрение зеленых технологий» включала в себя пять вопросов, касающихся экономических и поведенческих аспектов в данном направлении. После проведения опроса полученные данные были статистически обработаны и проанализированы. Полученные результаты представлены в таблице и на рисунке в виде сводной диаграммы (рис.1).

Таблица 1

**Результаты анкетирования на тему: «Внедрения зелёных технологий»
(n=80)**

Формулировка вопроса анкеты	Варианты ответов	Ответы, в %	
		Студенты	Жители города
1. Согласны ли Вы поддерживать внедрение возобновляемых источников энергии (солнечные панели, ветроэнергетика), даже если это приведёт к увеличению коммунальных платежей?	«Да»	46,2	27,8
	«Нет»	11,5	22,2
	«Только при незначительном повышении»	42,3	50
2. Готовы ли Вы участвовать в экологических инициативах (посадка деревьев, уборка территорий, участие в экологических программах)?	«Да, регулярно участвую»	23,1	20,4
	«Готов(а) участвовать»	57,7	55,6
	«Не готов(а)»	19,2	24,1
3. Согласны ли Вы сортировать бытовые отходы и сдавать их на переработку при наличии доступной инфраструктуры?	«Да, регулярно сортирую»	19,2	25,9
	«Готов(а) начать при создании условий»	65,4	64,8
	«Не готов(а)»	15,4	9,3
4. Готовы ли Вы сократить использование личного автотранспорта и чаще пользоваться общественным транспортом, велосипедом или электросамокатом для снижения выбросов CO ₂ ?	«Да, уже практикую»	30,8	29,6
	«Готов(а) частично сократить»	38,5	40,7
	«Не готов(а)»	30,7	29,6
	«Да, уже использую»	38	57

5. Готовы ли Вы перейти на использование энергосберегающих технологий в быту (LED-освещение, энергосберегающая техника, умные счётчики) в течение ближайшего года?	«Готов(а) внедрить»	61	42
	«Не готов(а)»	1	1

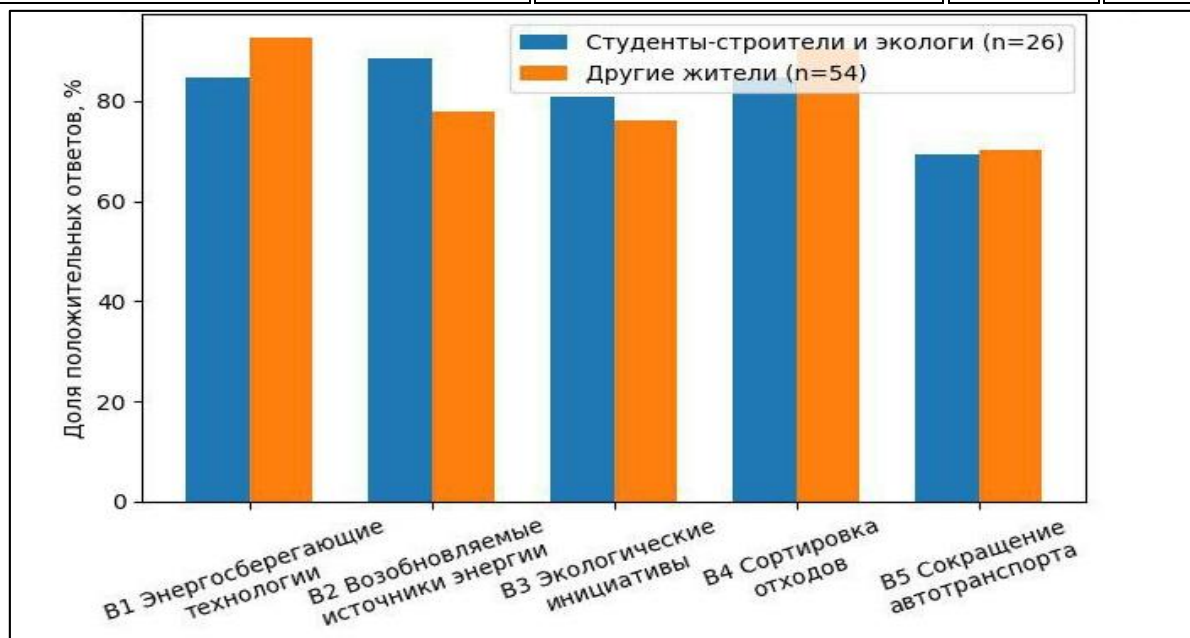


Рис. 1. Уровень готовности поддерживать внедрение зеленых технологий (n=80).

Проведя анализ ответов анкетирования (табл., рис.1), были выведены следующие ключевые тезисы:

1. **Студенты более склонны к принятию финансовых мер** ради зелёных технологий: 46,2% студентов готовы поддерживать увеличение коммунальных платежей за возобновляемые источники энергии, в то время как среди жителей города эта доля составляет 27,8%.

2. **Высокая готовность к участию в экологических инициативах** у обеих групп: более 80% респондентов (студенты - 80,8%, жители города - 76%) выразили готовность участвовать в предложенных экологических акциях.

3. **Сортировка бытовых отходов требует создания условий:** значительное большинство (65,4% студентов и 64,8% жителей города) готовы начать сортировать отходы при наличии доступной инфраструктуры, что указывает на важность её развития.

4. **Смешанное отношение к сокращению использования личного автотранспорта:** примерно равное распределение ответов среди обеих групп показывает, что около 70% готовы частично или полностью отказаться от личного автотранспорта в пользу альтернативных способов передвижения.

5. **Большой прогресс в энергосбережении у жителей города:** 57% жителей города уже используют энергосберегающие технологии, тогда как среди студентов этот показатель ниже (38%), но при этом подавляющее большинство студентов (61%) готовы их внедрить в ближайший год. Это может быть связано с их текущей жизненной ситуацией (например, проживание в общежитиях или арендованных квартирах) или с более активным поиском информации и новых решений.

По нашему мнению, меры поддержки по популяризации и расширению внедрения зелёных технологий с учётом мирового опыта [2] должны включать в себя следующие направления: **финансовая поддержка и прозрачность**, так как для внедрения "зелёных" технологий, особенно для студентов, важно продемонстрировать ощутимую выгоду или понятную необходимость финансовых затрат; **развитие инфраструктуры** – доступные и удобные решения (например, пункты сбора вторсырья) являются критическими для формирования устойчивых экологических привычек; **стимулирование альтернатив, например**, по мере готовности к отказу от личного транспорта, необходимо активное развитие и популяризация альтернативных видов. Предполагаем, что немаловажное значение будут иметь и **целевые программы по** ускорению внедрения энергосберегающих технологий, особенно среди менее активной в этом плане группы (студентов), с акцентом на их будущую готовность.

Следует отметить, что в Республике Казахстан уже реализуются программы по развитию «зелёной экономики», а также поддержке возобновляемых источников энергии в рамках национальной стратегии перехода к устойчивому развитию [3,4,5]. Подобные меры направлены на

снижение углеродного следа и формирование энергоэффективной модели хозяйствования. В рамках программы «Поддержке возобновляемых источников энергии» были установлены солнечные панели в одном из многоквартирных домов в г. Кокшетау (рис. 2)



Рис 2. Солнечные панели в многоквартирном доме (г. Кокшетау).

В настоящий момент Казахстан, как и многие другие государства [6], сталкивается с серьёзными *экономическими вызовами* в сфере внедрения зелёных технологий. Это и высокая первоначальная стоимость оборудования, и недостаточная информированность населения о долгосрочных экономических выгодах, и ограниченный доступ к льготному финансированию. Но самая значительная статья расходов – необходимость модернизации инфраструктуры, требующая перехода экономики на совершенно новые «зелёные рельсы». Также следует отметить, что особое значение в рамках перехода к зелёной экономике имеет развитие системы обращения с отходами, как одного из ключевых направлений экологической модернизации и перехода к циркулярной экономике.

Выводы. Таким образом, обе группы, как студенты, так и жители города из разных социальных групп, демонстрируют высокий уровень осведомленности и готовности к экологическим действиям. Однако для успешного перехода к "зелёному" образу жизни необходимо создание

определённых условий, носящих системный характер, а, следовательно, принятия решений на государственном правительственном уровне. В долгосрочной перспективе, учитывая глобальные тенденции перехода к низкоуглеродной экономике, внедрение зелёных технологий может способствовать снижению энергетических затрат, созданию новых рабочих мест и повышению инвестиционной привлекательности региона.

Список использованной литературы

1. Sitokova, T., Khasanova, M., & Polonkoeva, F. GREEN TECHNOLOGIES AND THEIR ROLE IN ENSURING SUSTAINABLE ECONOMIC GROWTH: STRATEGIES AND PRACTICAL EXAMPLES. *RT&A, Special Issue № 6 (81), Part-3, Volume 19*, 2024, P. 1670–1675.
2. Chikosha, F., & Potwana, N. (2021). Modelling consumer perceptions of green products, purchasing behaviour and loyalty. *Economics, Management and Sustainability*, 6(2), 102-118. doi:10.14254/jems.2021.6-2.8.
3. Концепция по переходу Республики Казахстан к «зелёной экономике». – Астана, 2013. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U1300000577> (дата обращения: 23.02.2026).
4. Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060 года. – Астана, 2021. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2300000121> (дата обращения: 23.02.2026).
5. Программа развития возобновляемых источников энергии в Республике Казахстан. – Астана, 2022. – URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/energo/activities/4910?lang=ru> (дата обращения: 23.02.2026).
6. Faizova A. R., Efremova V. P. The Trend of Green Technologies: A Comparative Analysis of The Impact on Economic Growth in Developed and Developing Countries // Весенние дни науки: сборник докладов Международной конференции студентов и молодых ученых (Екатеринбург, 20–22 апреля 2023 г.). – Екатеринбург: Издательство Издательский Дом «Ажур», 2023. – С. 1393–1396.

*Раздел 4. ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И
РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ*

УДК 338.48:504.06:711.4(479.24)

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА В ГЯНДЖА-
ГАЗАХСКОЙ СИСТЕМЕ РАССЕЛЕНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНА**

Джафарова Мая Али, ст. преп.

Азербайджанский Архитектурно-Строительный Университет, г. Баку,

Азербайджан, e.mail: nimi3017@gmail.com

Аннотация. *В статье рассматриваются экологические риски развития туризма в Гянджа-Газахской системе расселения Азербайджана. Цель исследования оценить влияние природных и антропогенных факторов на экологическое состояние территории и определить возможные риски для устойчивого развития туристической отрасли. В работе использованы методы анализа экологических показателей, оценки состояния природных ресурсов и систематизации рисков. Экологические риски классифицированы по трем основным группам: риски для здоровья населения, природных ресурсов и ландшафтных систем. Результаты исследования показали, что на территории региона отсутствуют экологически интенсивно загрязненные зоны. Относительно напряженная экологическая ситуация наблюдается в городе Гянджа и вблизи транспортных магистралей Баку–Тбилиси. В целом природные ресурсы и охраняемые территории региона создают благоприятные условия для развития туризма.*

Ключевые слова: *развитие туризма, экологические риски, Гянджа-Газахская система расселения, природно-рекреационный потенциал, социокультурный потенциал.*

ENVIRONMENTAL RISKS FOR TOURISM DEVELOPMENT IN GANJA-GAZAKH SETTLEMENT SYSTEM OF AZERBAIJAN

Jafarova M.A.

Azerbaijan University of Architecture and Construction, Baku, Azerbaijan

Abstract. *The article examines environmental risks associated with tourism development in the Ganja–Gazakh settlement system of Azerbaijan. The aim of the study is to assess the impact of natural and anthropogenic factors on the environmental condition of the territory and to identify potential risks for sustainable tourism development. The research applies methods of environmental indicator analysis, assessment of natural resource conditions, and risk classification. Environmental risks are grouped into three main categories: risks to public health, natural resources, and landscape systems. The results show that there are no highly environmentally polluted areas in the region. Relatively tense ecological conditions are observed in the city of Ganja and near the Baku–Tbilisi transport corridors. Overall, the region’s natural resources and protected areas create favorable conditions for tourism development.*

Keywords: *tourism development, environmental risks, Ganja-Gazakh settlement system, natural and recreational potential, socio-cultural potential*

Введение

Туризм является одной из наиболее перспективных отраслей мировой экономики. Во многих странах формированию и развитию туристической политики уделяется особое внимание, поскольку, несмотря на значительный потенциал, по ряду показателей туризм все еще уступает другим сферам экономической деятельности.

Положительное влияние туризма на развитие региональной экономики является общепризнанным [1]. Однако не все регионы Азербайджана в полной мере используют имеющиеся туристические ресурсы для привлечения

туристов и стимулирования социально-экономического развития. К таким территориям относится Гянджа-Газахская система расселения. Данный регион характеризуется разнообразием природно-географических условий и живописных ландшафтов, обладает значительным историко-культурным и природным наследием, расположен на важном западном транспортном направлении и имеет высокий потенциал для развития различных видов туризма.

При планировании любого инвестиционного проекта по развитию региона крайне важно оценивать вероятность возникновения рисков, которые могут негативно повлиять на эффективность реализации проекта [2-3]. Как правило, все риски, возникающие в процессе реализации инвестиционных и девелоперских проектов, взаимосвязаны: изменение одного риска может оказывать влияние на степень проявления других [4].

Категории экологического риска можно определить, как вероятность наступления неблагоприятных последствий для человека (включая условия его жизнедеятельности и воспроизводства) в результате тех или иных решений, связанных с использованием природных ресурсов и объектов, включая виды деятельности, которые превышают допустимые нормы потребления и эксплуатации природных объектов [5].

Благодаря саморегулирующимся и самовосстанавливающимся свойствам природных ресурсов и экосистем, а также особенно в условиях искусственно сформированной среды, уровень риска в природных системах снижается, поскольку они выполняют роль своеобразного «фоновго» базиса, уменьшающего негативные последствия [6].

Материалы и методы

Методологической основой исследования является комплексный эколого-географический анализ, направленный на выявление и оценку экологических рисков, влияющих на развитие туризма в Гянджа-Газахской системе расселения. В работе использованы аналитический, сравнительный и

статистический методы исследования.

На первом этапе был проведен анализ научной литературы, статистических данных и официальных экологических отчетов, посвященных состоянию природной среды региона. Далее применялась методика оценки экологических рисков на основе системы индикаторов, включающей климатические и антропогенные факторы, такие как неблагоприятные погодные явления, состояние почв, качество водных ресурсов, уровень загрязнения атмосферы и степень сохранности биоразнообразия.

Для выявления пространственных различий экологического состояния территории использовался метод эколого-географического районирования. На основе полученных данных проведена сравнительная оценка экологических показателей отдельных районов Гянджа-Газахской системы расселения, что позволило определить уровень экологических рисков и их влияние на развитие туризма в регионе.

Экологические риски в контексте развития туризма можно условно разделить на три основные группы:

Риски для жизни и здоровья населения, отражающие социальные последствия воздействия экологических опасностей;

Риски для природных ресурсов, связанные с возможными экономическими потерями;

Риски для структурно-функциональных характеристик ландшафтов, также имеющие экономические последствия.

Более детальная классификация и описание видов экологических рисков приведены в работе А. В. Ябкова (табл. 1).

Таблица 1

Формы проявления экологического риска

Формы проявления	В чем проявляется
Экологические	· Ослабление и потеря индивидуальных характеристик объектов природопользования; · Ухудшение условий использования природных ресурсов и природных объектов; · Деграция природных ресурсов и объектов; · Выход природных ресурсов и объектов из процесса использования; · Нарушение экологического равновесия и баланса в экосистеме, экологический ущерб;
Экономические	· Экономический ущерб и потери природопользователей в процессе использования природных ресурсов и природных объектов; · Выведение источников сырья из хозяйственного оборота, их утрата; · Потери в межрегиональном и международном обмене в системе разделения труда;
Социальные	· Неудовлетворенность условиями жизни, стресс, ностальгия и т.п.; · Миграция населения (а также трудовых ресурсов); Потеря здоровья; · Ослабление условий воспроизводства основных производительных сил, инвалидность, в том числе врожденная. Рост инвалидности; · Преждевременная смертность, детская смертность, массовая гибель людей, генетические нарушения.

Комплексная оценка экологического риска позволяет обосновать набор ключевых показателей и провести их приблизительную количественную оценку, что даёт возможность формировать обоснованное мнение о потенциальном ущербе от экологических воздействий. Для наглядного представления и практического применения разработан пример рекомендуемых индикаторов экологического риска (табл. 2).

Таблица 2

Перечень экологических рисков

Индекс типа	Показатели величины риска
Климатический (природный)	
Khat	Неблагоприятные погодные явления; Град Проливные дожди
Kat	Мороз (продолжительность сильных морозов); Засуха (длительные периоды высоких температур без осадков)
Ktf	Сильный штормовой ветер; Ураган
Антропогенный	

HSE	Состояние почв; Скорость эрозии почвы Уровень деградации почвенного покрова
HSes	Степень сокращения видового разнообразия экосистемы; Состояние сельскохозяйственных земель; Степень снижения видового богатства лесных и луговых экосистем.
HWR	Качество воды; превышение нормы загрязняющих веществ; Длина загрязненного русла реки.
HBes	Степень снижения видового богатства групп водных экосистем; Уменьшение численности (или плотности) отдельных популяций.
EUf	Площадь затопленных речных долин; Площадь пахотных земель, подверженных наводнениям
	Площадь лесов и лугов, подверженных наводнениям
EWe	Зона рекреации в зоне высокой деградации растений и почв; Количество человек, отдыхающих в базах отдыха на этих территориях (“человек-день”)
EPR	Площадь охраняемых территорий, которые будут подвержены последствиям риска; Статус поврежденных природоохранных объектов Количественная оценка видового богатства на охраняемых территориях снижается.
EFR	Количественная оценка снижения видового богатства чувствительных экосистем. Величина уменьшения численности (или плотности) отдельных популяций; Количественная оценка снижения продуктивности (биомассы) отдельных популяций
EBF	Количественная оценка снижения видового богатства орнитофауны; Величина уменьшения численности (или плотности) отдельных популяций; Количественная оценка снижения продуктивности (биомассы) отдельных популяций
EMF	То же и для группы млекопитающих биотопов.
Eaq	Количественная оценка сокращения видового разнообразия в сельскохозяйственных биотопах; Снижение продуктивности различных видов

Результаты

На основе данной методики была проведена оценка экологического риска в рамках региональной схемы планирования расселения, природопользования и территориальной организации производительных сил

Гянджа-Газахской системы расселения. Результаты анализа показали, что в рассматриваемой системе отсутствуют экологически напряженные регионы [7].

Перечень эколого-географических районов, входящих в состав системы расселения, представлен в Таблице 3.

Таблица 3

Эколого-географические районы Гянджа-Газахского региона [8]

Название эколого-географического района	Анализ района
Экологически напряженные регионы	
Гейгель	Лесные и горные ландшафты; сейсмичность до 7 баллов; в некоторых местах очень активны оползни; накопление отходов горнодобывающей промышленности в долинах рек и на склонах гор
Экологически относительно напряженные регионы	
Аджинохур	Полупустынные, пустынные ландшафты, интенсивная лесобалочная сеть; засоленные почвы в пониженных долинах понижениях; абсолютный максимум температуры воздуха - 430С, минимальный годовой расход - 0-0,5 л/сек/ km ² .
Кедабек	Горно-лесные, горно-луговые и скалистые ландшафты; сейсмичность 7 баллов; активные аридные гравитационно-денудационные процессы (оползни); умеренные наводнения; число дней с градом в высокогорье - 7, в низкогорье - 5 дней.
Гянджа-Агдам-Агсу	Сухопустынные и полупустынные ландшафты; сейсмичность 7 баллов; высокая степень заболачиваемости; годовая абсолютная температура воздуха - 430С; количество сильных ветреных дней в середине лета – 30, минимальный годовой расход 0-1,5 л/сек/км ² ; активная ирригационная эрозия.
Долина реки Кура	Загрязнение речных вод пестицидами, минеральными удобрениями и промышленными отходами, а также впадающих в них рек.

На экологическое состояние речных вод Гянджа-Газахской системы расселения оказывает существенное влияние антропогенная изменчивость водных ресурсов. Более двух третей рек Азербайджана являются транзитными, при этом их водные ресурсы формируются на территориях соседних стран, таких как Грузия, Турция и Иран. Бассейны рек Куры и Аракса

представляют собой незаменимые источники воды для промышленности, сельского хозяйства и бытового использования [9].

Одновременно эти бассейны подвержены различным видам и степеням загрязнения, что негативно сказывается на физико-химическом составе воды и её санитарном состоянии. Так, ежегодно в бассейн реки Кура сбрасывается около 468 млн м³ сточных вод, а в целом на территорию страны поступает примерно 5 млн тонн загрязняющих веществ из рек Куры, Аракса и их трансграничных притоков [10].

В последнее время проведение инженерно-технических работ и сброс в реки промышленных, сельскохозяйственных, бытовых и сточных вод без предварительной очистки привели к острой экологической ситуации в речных водах региона. Зафиксировано изменение химического состава рек: если ранее воды относились к углеводородному классу и кальциевой группе, то на текущий момент они приобрели сульфатно-натриевый состав. Наиболее критическая экологическая ситуация наблюдается в бассейне крупнейшей реки Куры в Азербайджане (см. Табл. 4).

В пределах Гянджа-Газахской системы расселения ежегодно сбрасывается около 35,9 млн м³ сточных вод, при этом наибольшие объёмы загрязнений приходятся на районы Гянджи и Гёйгёла. Воды, поступающие из соседних стран, также регистрируются как загрязнённые.

Таблица 4

Экологическая оценка рек Гянджа-Газахской системы расселения [8]

Реки	Хорошая (или чистая)	Средняя (средне загрязнённая)	Удовлетворительная (загрязнённая)	Неудовлетворительная (сильнозагрязнённая)
Количество	-	2960	1	5
Длина (км)	-	14447.47	475.19	804.44

Общие сведения об экологической оценке водоемов и озёр в Гянджа-Газахской системе расселения приведены в таблице 5.

Экологическая оценка водоемов и озер Гянджа-Газахской системы расселения [8]

Водоемы	Хорошая (или чистая)	Средняя, условно чистая	Удовлетворительная (загрязненная)	Неудовлетворительная (сильнозагрязненная)
Количество	5	650	5	-
Площадь (га)	174.81	21972.35	11395.49	-

Содержание гумуса в почвах является ключевым фактором, определяющим продуктивность экосистем и устойчивость почв к антропогенным воздействиям. На посевных землях Гянджа-Газахской системы расселения зафиксирована тяжёлая экологическая ситуация, при этом количество гумуса снизилось на 30–50%.

Крупные промышленные предприятия в системе расселения сосредоточены преимущественно в городе Гянджа, тогда как в других административных районах крупных производств нет. Для комплексной оценки состояния атмосферы применяется индекс загрязнения воздуха (А_{ЦИ}), который отражает степень опасности и концентрацию загрязняющих веществ. На основе проведённого анализа в Гяндже выявлены следующие основные загрязнители: сернистый газ, пыль, окись углерода, сульфаты, диоксид и оксид азота, сероводород, твердые фториды, фтороводород и серная кислота [11].

Обсуждение

Наибольшие среднегодовые концентрации загрязняющих веществ не наблюдаются на большинстве территории системы расселения. Исключение составляет город Гянджа, где фиксируется высокая среднегодовая концентрация загрязнителей. На остальных территориях среднегодовые показатели остаются низкими.

Развитие сельского хозяйства в равнинных и горных районах системы расселения оказало значительное влияние на природное биоразнообразие. Для его охраны созданы особо охраняемые природные территории, включая Национальный парк «Гей-Гель», три государственных заповедника

(Гараязский, Эльдарская сосна и Корчайский) и четыре государственных заказника (Шамкирский, Корчайский, Гараязский и Гызылчайский) [12-13]. На этих территориях сохраняются естественное биоразнообразие и характерные для региона природные ландшафты, состояние которых оценивается как хорошее. В остальных районах наблюдается ухудшение состояния природных ландшафтов, включая летние и зимние пастбища, а также альпийские луга.

Особую роль в загрязнении окружающей среды играет автотранспорт. Поскольку большинство населённых пунктов Гянджа-Газахской системы расселения расположены вдоль автомобильных и железных дорог государственного значения, влияние автотранспорта на экологическую ситуацию возрастает. Загрязнение происходит в результате дорожных заторов и интенсивного движения транспорта в жилых зонах и вдоль магистралей. На участках в пределах 50 м от железной дороги и автодороги Баку–Тбилиси уровень загрязнения высок на всем протяжении региона. В относительно крупных городах, таких как Гянджа, Газах и Товуз, а также вдоль межрегиональных дорог, фиксируется средне-низкий уровень загрязнения.

Заключение

В программе развития туризма в системе расселения одной из приоритетных задач должно стать повышение инвестиционной и миграционной привлекательности городов региона посредством создания экологически благоприятной окружающей среды. Достижение этой цели возможно через формирование доступной и экологически чистой среды для жизни, работы и отдыха населения.

По результатам проведенного исследования установлено, что в Гянджа-Газахской системе расселения отсутствуют районы с интенсивным экологическим загрязнением. Относительно напряженными с экологической точки зрения территориями являются город Гянджа и участки в пределах 50 метров от железной дороги и автодороги Баку–Тбилиси. В регионе созданы

особо охраняемые территории, направленные на сохранение природного биоразнообразия, включая Национальный парк «Гей-Гель», государственные заповедники Гараязский, Эльдарская сосна и Корчайский, а также государственные заказники Шамкирский, Корчайский, Гараязский и Гызылчайский.

Леса, реки, озера, живописные ландшафты, а также развитая транспортная инфраструктура создают значительный потенциал для развития туризма и формирования устойчивой экологической и экономической среды региона.

Список использованной литературы

1. Агакишиева Г. Р., Оруджова П. А., Хансейидова Л. С. Возможности развития туризма в Гедабекском и Товузском районах Газах-Товузского экономического района // Региональные геосистемы. – 2024. – Т. 48, № 2. – С. 149–161. DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-2-149-161.
2. Чернов В. А. Анализ коммерческого риска. – Москва: Финансы и статистика, 1998. – 128 с.
3. A Guidebook to Comparing Risks and Setting Environmental Priorities. – Washington: EPA, 1993. – 76 p.
4. Казанков И. С., Кольченко Ю. С. SWOT-анализ сектора туризма и рекреации Калининградской области с использованием экспертного метода ранжирования альтернатив // Молодой ученый. – 2014. – № 19 (78). – С. 79–82.
5. Бондарчук Е. А. Адаптация методологии оценки риска здоровью населения от загрязнения окружающей среды // Муниципалитет. Спецвыпуск. Экология городов. – 1998. – № 1. – С. 40–45.
6. Усманов Ю. И. Экологические аспекты устойчивого развития туризма в Республике Башкортостан: автореферат дис. ... канд. биол. наук. – Тольятти, 2009. – 22 с.
7. Региональная планировочная схема расселения, природопользования и территориальной организации производительных сил в Гянджа-Газахском экономическом районе. Том I. – Баку: Ана Кент Планирование, 2013. – 246 с.
8. Экологический атлас Азербайджанской Республики. – Баку: Бакинская картографическая фабрика, 2009. – 156 с.
9. Агакишиева Г. Р. Оценка факторов, влияющих на развитие туристско-рекреационного потенциала регионов Азербайджана // Сервис в России и за рубежом. – 2023. – Т. 17, № 1. – С. 79–91. – DOI: 10.5281/zenodo.7793313.
10. Джафарова М. А. Влияние урбанизированной среды обитания в крупных городах на жизнь и здоровье населения // Урбанизм. – 2011. – № 17.
11. Джафарова М. А. Современная экологическая ситуация Гянджи и возможности ее регулирования // Экология и водное хозяйство. – 2013. – № 3.
12. Джафарова М. А. Современное состояние туристической инфраструктуры в Гянджа-Газахской системе расселения Азербайджана // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2025. – № 3 (73). – С. 159–170. DOI: 10.48612/NewsKSUAE/73.13.
13. Схема регионального планирования Гянджа-Газахского экономического района (2010–2030 годы). – Баку: Ана Кент Планирование, 2013. – 432 с.

УДК 678.7:504.064:615.9:614.7

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРОВ И ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Гайдук Тимур Дмитриевич, студент

Строганов Виктор Федорович, профессор, д. хим. наук

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный
университет», г. Казань, e-mail: svf08@mail.ru*

Аннотация. *Выполнен анализ токсикологических свойства полимеров и полимерных композиционных материалов с позиции их химического состава, условий эксплуатации и жизненного цикла. Проанализированы основные источники токсичности, включая остаточные мономеры, добавки и продукты деконструкции, а также их воздействия на человека и окружающую среду. Рассмотрены современные методы оценки токсичности, основанные на физико-химических и биологических подходах. Основное внимание уделено проблеме выделения летучих органических соединений, образованию микропластика и экологическим рискам, связанных с использованием полимерных материалов.*

Ключевые слова: *полимеры, токсичность, ЛОС, микропластик, композиционные материалы, экологическая безопасность*

ANALYSIS AND ASSESSMENT OF TOXICOLOGICAL PROPERTIES OF POLYMERS AND POLYMER COMPOSITE MATERIALS

Gaiduk T.D., Stroganov V. F.

Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan

Annotation. *An analysis of the toxicological properties of polymers and polymer composite materials in terms of their chemical composition, operating*

conditions, and life cycle. The main sources of toxicity are analyzed, including residual monomers, additives, and degradation products, as well as their pathways of exposure to humans and the environment. Modern methods for toxicity assessment based on physicochemical and biological approaches are considered. Primary attention is paid to the emission of volatile organic compounds, microplastic formation, and environmental risks associated with polymer materials.

Keywords: *polymers, toxicity, VOCs, microplastics, composite materials, environmental safety*

Введение. Широкое применение полимерных материалов и композиционных систем на их основе в таких отраслях, как строительство, транспорт, промышленность и бытовая сфера, что обусловлено их выдающимися эксплуатационными характеристиками, включая высокую прочность, химическую стойкость и технологичность переработки. Однако, наряду с преимуществами, их использование сопряжено с формированием потенциальных токсикологических рисков [1; 4; 5]. Возможность воздействия этих рисков зависят от химического состава материалов, условий их эксплуатации и процессов старения.

Токсикологические свойства полимеров определяются не только природой макромолекулярной структуры, но и наличием низкомолекулярных компонентов, таких как остаточные мономеры, пластификаторы, стабилизаторы и другие добавки, способные к миграции в окружающую среду. Дополнительную опасность представляют продукты термоокислительной и фотохимической деструкции, образующиеся в процессе эксплуатации и утилизации материалов.

Актуальность данной проблемы возрастает в условиях интенсификации производства полимерных композиционных материалов, характеризующихся сложным составом и наличием межфазных взаимодействий, которые могут влиять на кинетику и объем выделения токсичных веществ. Существенным аспектом является образование микропластика, обладающего способностью к биоаккумуляции в экосистемах и биологических объектах [2; 4; 5; 9].

Образование токсикологических свойств полимеров и полимерных композитов происходит под влиянием их химической структуры, методов изготовления, условий применения и стадий жизненного цикла. Наибольшую опасность выявлении токсичности представляют низкомолекулярные составляющие, способные к миграции в окружающую среду.

1. Химические источники токсичности. Основными источниками токсичности в материалах являются не только остаточные мономеры, не участвовавшие в реакции полимеризации, но и различные функциональные добавки, призванные улучшать их свойства. Среди этих добавок выделяются пластификаторы (например, фталаты), антипирены, стабилизаторы, красители и наполнители. Непрореагировавшие мономеры, такие как стирол, винилхлорид и акрилонитрил, характеризуется своей высокой токсичностью и способностью вызывать онкологические и генетические изменения при продолжительном воздействии. Некоторые добавки, включая пластификаторы и стабилизаторы, способны нарушать работу эндокринной системы, вмешиваясь в гормональный баланс [10]. Дополнительную нагрузку по токсичности создают продукты деградации полимеров, образующиеся при воздействии высоких температур, ультрафиолета и окисления. Эти процессы обеспечивают возможность образования токсичных соединений, таких как альдегиды, кетоны и органические кислоты [6; 7]. Основные источники токсичности полимеров представлены в таблице 1 [3; 8].

Таблица 1

Основные источники токсичности полимеров и их характеристики

Источники токсичности	Примеры веществ	Механизм воздействия	Уровень опасности
Остаточные момеры	Стирол, винилхлорид	Канцерогенное, мутагенное действие	Высокий
Пластификаторы	Фталаты	Эндокринные нарушения	Средний-Высокий
Стабилизаторы	Свинцесодержащие соединения	Токсическое воздействие на нервную систему	Высокий
Продукты деструкции	Альдегиды, кетоны	Раздражающее, токсическое воздействие	Средний

2. Пути воздействия на человека и окружающую среду

Токсичные вещества, содержащиеся в полимерных материалах, могут проникать в человеческий организм и экосистемы посредством нескольких основных путей поступления. Приоритетным является ингаляционный путь, обусловленный эмиссией летучих органических соединений (ЛОС) в атмосферу, особенно в условиях ограниченной вентиляции помещений. Пероральный путь реализуется через миграцию поллютантов в водные ресурсы и пищевые продукты, что особенно характерно при взаимодействии полимеров с жидкими средами. Дермальный контакт играет второстепенную, но не исключаемую роль, особенно при пролонгированном воздействии. В экологическом контексте существенное значение имеет аккумуляция полимерных частиц в почвенном покрове и гидросфере. Микро- и нанопластики, обладая адсорбционными свойствами по отношению к токсикантам, способны к их трансферу по трофическим сетям, что потенцирует возможность комбинированного негативного воздействия на биоту [2; 4; 5; 9]. Пути миграции токсичных компонентов выполнены с помощью облачной среды коддинга Google Colaboratory и алгоритма искусственного интеллекта Qwen в виде рисунка №1.



Рис. 1. Схема путей миграций и воздействия токсических компонентов полимеров

3. Особенности полимерных композиционных материалов и их токсичность

Полимерные композиты – это сложные материалы, в которых полимерная матрица сочетается с армирующими или функциональными наполнителями. Из-за наличия границ между этими компонентами и их различных свойств, процессы миграции и выделения потенциально токсичных веществ становятся более сложными: накопление добавок в зонах контакта компонентов, изменение скорости перемещения веществ внутри материала, возможность образования новых, возможно, более токсичных соединений в результате химических реакций между компонентами и др.

Природа и размер наполнителей (стекловолокно, углерод, минералы) также оказывают влияние на уровень токсичности: они могут как снижать, так и усиливать токсичность. В большей степени это следует отнести наночастицы, которые способны проникать в биологические системы и вызывать воспалительные реакции. Следует отнести ряд **важных аспектов, определяющих безопасность полимеров и композиционных материалов, как при их изготовлении, так и при их эксплуатации:**

- **Технология изготовления:** Способ производства композита напрямую влияет на равномерность распределения наполнителя и прочность его связи с полимером. Это, в свою очередь, определяет, насколько хорошо материал будет удерживать низкомолекулярные соединения и как быстро они будут мигрировать.

- **Старение полимерной основы:** Под воздействием окружающей среды (УФ-излучение, температура, механические нагрузки) полимер может разрушаться, образуя микротрещины. Эти дефекты увеличивают площадь контакта с внешней средой, способствуя вымыванию или испарению компонентов.

- **Синергетические эффекты добавок:** Сочетание различных добавок (например, антипиренов и стабилизаторов) может привести к

непредсказуемым токсикологическим последствиям из-за их взаимного влияния, которое не проявляется при их изолированном применении.

– **Модификация поверхности наполнителей:** Хотя обработка наполнителей может улучшить их связь с полимером и снизить высвобождение частиц, продукты распада самих модификаторов также требуют тщательной токсикологической оценки.

– **Условия эксплуатации:** Реальная опасность композита определяется не только его составом, но и условиями его использования. Повышенная температура, влажность или контакт с агрессивными средами могут значительно ускорить выделение токсичных веществ по сравнению с результатами стандартных лабораторных тестов.

4. Методы оценки токсикологических свойствами

Оценка токсичности полимерных материалов осуществляется с применением комплекса физико-химических и биологических методов. К основным физико-химическим методам относятся газовая хроматография и хромато-масс-спектрометрия, позволяющие не только идентифицировать, но и количественно определять летучие органические соединения.

Методы миграционных испытаний применяются для оценки перехода веществ из полимеров в контактирующие среды. Эти испытания моделируют реальные условия эксплуатации материалов и позволяют определить уровень потенциальной опасности. Известные методы подразделяются на:

– Биологические методы, которые включают: тесты на цитотоксичность, оценку мутагенного и канцерогенного действия, биотестирование на водных организмах.

– Термоаналитические методы в сочетании с газоанализом позволяют регистрировать состав токсичных продуктов, выделяющихся при термическом разложении полимеров, что особенно актуально для оценки пожарной опасности материалов.

– Экспресс-методы биотестирования на основе люминесцентных бактерий или ферментативных систем, обеспечивающие быструю интегральную оценку токсичности водных вытяжек из полимерных образцов. Эти исследования показали, что на клеточных культурах возможно применять для скрининга цитотоксичности и определения концентрационных зависимостей «доза–эффект» без использования лабораторных животных.

– Оценка сенсibilизирующего действия проводится для выявления потенциала полимерных добавок вызывать аллергические реакции при кожном или ингаляционном контакте.

– Экотоксикологические тесты на дафниях, водорослях и рыбах используются для прогнозирования воздействия полимерных материалов на водные экосистемы при их попадании в окружающую среду.

Нормативно-методическое обеспечение:

Методологические подходы к оценке безопасности полимеров регламентированы международными стандартами (в частности, серии ISO для медицинских изделий и строительных материалов) и национальными методическими указаниями, что обеспечивает сопоставимость и воспроизводимость результатов испытаний в разных лабораториях. Рассматриваемые известные методы оценки токсичности систематизированы в таблице 2.

Таблица 2

Методы оценки токсичности полимерных материалов

Методы	Определяемые параметры	Область применения	Ограничения
Газовая хроматография	ЛОС, состав выбросов	Контроль эмиссии	Подготовка проб
Хромато-масс-спектрометрия	Идентификация веществ	Точный анализ состава	Высокая стоимость
Миграционные испытания	Переход веществ в среду	Оценка безопасности материала	Зависимость от условий модели
Биотестирование	Токсичность для организмов	Экологическая оценка	Вариативность результатов
Цитотоксические тесты	Влияние на клетки	Медико-биологическая оценка	Ограниченная воспроизводимость

5. Экологические риски, жизненный цикл и подходы к снижению токсичности

На протяжении всего жизненного цикла полимеров – от их создания до утилизации – возникают экологические риски. На начальном этапе производства основная экологическая опасность заключается в загрязнении атмосферы и водоемов химическими выбросами. В период эксплуатации полимеры постепенно высвобождают токсичные вещества, особенно под влиянием внешних воздействий. При утилизации, в частности при сжигании, существует вероятность образования высокотоксичных соединений, включая диоксины и фураны [3; 6; 7; 8]. Особую озабоченность вызывает проблема накопления пластиковых отходов и образования микропластика, который отличается высокой стойкостью и способен сохраняться в окружающей среде на протяжении длительного времени. Жизненный цикл полимерных материалов выполнен с помощью облачной среды коддинга Google Colaboratory и алгоритма искусственного интеллекта ChatGPT в форме схемы и представлен на рисунке №2.



Рис. 2. Жизненный цикл полимерных материалов и источники токсического воздействия

Выводы. Токсичность полимеров и полимерных композитов обусловлена совокупностью химических и физико-химических факторов, зависящих от их состава, структуры и условий применения. Значительный вклад в формировании негативного влияния токсичности превышают низкомолекулярные соединения – остаточные мономеры и функциональные добавки, способные к миграции и накоплению в окружающей среде.

Деструкция полимеров под воздействием температуры, УФ-излучения и окислительных процессов приводит к образованию вторичных токсичных продуктов, что значительно повышает экологические и санитарно-гигиенические риски при длительной эксплуатации. Наибольшую опасность представляют летучие органические соединения, создающие ингаляционную нагрузку, а также микропластик, способный к аккумуляции и переносу загрязняющих веществ в экосистемах.

Список использованной литературы

1. Chelomin V. P. New insights into the mechanisms of toxicity of aging plastic particles / V. P. Chelomin, et al. // International Journal of Molecular Sciences. – 2024. – Vol. 25. – Iss. 19. – Article 10645.
2. Количественная оценка содержания частиц микропластика и их токсического воздействия на гидробионтов // Современные проблемы науки и образования. – 2025. – № 5. – С. 1–10.
3. Малышева А. Г. Оценка химической безопасности природоохранных технологий очистки атмосферного воздуха / А. Г. Малышева // Экология и промышленность России. – 2021. – Т. 25. – № 3. – С. 34–42.
4. Salikh V. Yu. Microplastics toxicity: classification, sources, exposure pathways and health risks / V. Yu. Salikh // Journal of Hazardous Materials. – 2025. – Vol. 472. – Article 134295.
5. Tang K. H. D. A review of the toxic effects of microplastics based on studies of mammals and mammalian cell lines / K. H. D. Tang // Environmental Science: Advances. – 2024. – Vol. 3. – Iss. 11. – P. 2210–2231.
6. Väisänen A. Volatile organic compound and particulate emissions from biocomposite and plastic filament extrusion and 3D printing / A. Väisänen, et al. // Journal of Occupational and Environmental Hygiene. – 2022. – Vol. 19. – Iss. 7. – P. 476–489.

7. Потенциальная опасность летучих органических соединений, выделяемых полимерными строительными материалами, в помещениях // Безопасность в техносфере. – 2021. – Т. 10. – № 4. – С. 15–28.

8. Токсичные добавки в пластике и многооборотная тара: глобальные риски для здоровья и окружающей среды [Электронный ресурс]. – Отчёт IPEN. – 2021. – Режим доступа: https://ipen.org/sites/default/files/documents/plastics_and_additives_-_v1-o-ru.pdf (дата обращения: 21.03.2026).

9. Zheng X. Polymer-specific toxicity of microplastics to *Microcystis aeruginosa*: implications for harmful algal blooms / X. Zheng, et al. // Journal of Hazardous Materials. – 2025. – Vol. 472. – Article 134408.

10. Строганов В. Ф., Сагадеев Е. В. Экологические и биологические основы техносферной безопасности в строительстве. Ч. 2: Учебное пособие. – Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2018. – 265.

УДК 691.175-492:639.21

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОПЛАСТИКА В РЫБЕ В УСЛОВИЯХ РЕКИ НЕВЫ И ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

Салова Марина Сергеевна, к. вет. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», г. Санкт-Петербург, e-mail: marina_spb@bk.ru

Аннотация. *Научное сообщество активно изучает проблему загрязнения морей пластиком. Множество работ подтверждают пагубное воздействие пластиковых отходов на морских обитателей и экосистемы. Пластик обнаружен повсеместно в Мировом океане. Его повсеместность объясняется как многочисленными источниками, так и способностью легких частиц быстро распространяться по всему миру благодаря океаническим течениям. Ключевую роль в масштабном загрязнении микропластиком играет его устойчивость к естественному разложению. Пластик не разлагается полностью ни биологически, ни химически, а лишь распадается на мельчайшие частицы под воздействием окружающей среды.*

Ключевые слова: *микропластик, Нева, загрязнение, рыба.*

RESEARCH OF MICROPLASTIC CONTENT IN FISH IN THE CONDITIONS OF THE NEVY RIVER AND LAKE LADOGA

Salova M.S.

Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, Saint Petersburg,
Russian Federation

Annotation. *The scientific community is actively studying the problem of marine plastic pollution. Many studies have confirmed the harmful effects of plastic waste on marine life and ecosystems. Plastic has been found throughout the world's oceans. This ubiquity is due to both the numerous sources of plastic and the ability of lightweight particles to spread rapidly across the globe through ocean currents. The key factor in the widespread microplastic pollution is its resistance to natural degradation. Plastic does not fully decompose either biologically or chemically, but rather breaks down into smaller particles under environmental conditions.*

Keywords: *microplastics, Neva, pollution, fish.*

Введение. XXI век ознаменовался беспрецедентным ростом производства пластика, объемы которого достигают примерно 350 миллионов тонн в год по всему миру. Печальная реальность заключается в том, что лишь 10% этого материала перерабатывается, а около 85% пластиковой упаковки оказывается на полигонах [3].

Серьезную угрозу для морских экосистем представляет микропластик. По данным ЮНЕСКО, ежегодно в моря попадает от 8 до 10 миллионов тонн этих мельчайших частиц. Оценки общего количества микропластика в Мировом океане варьируются от 50-75 триллионов до 82-358 триллионов частиц, что свидетельствует о колоссальных масштабах проблемы [1, 2].

В России несмотря на то, что вклад страны в загрязнение Мирового океана оценивается всего в 0,05%, проблема пластикового загрязнения территорий остается острой.

Целью данного исследования стало изучение содержания микропластика в тканях различных систем органов рыб и установление связи этого показателя с географическим местом вылова.

Научное сообщество активно изучает проблему загрязнения морей пластиком. Множество работ подтверждают пагубное воздействие пластиковых отходов на морских обитателей и экосистемы.

1. Подготовка образцов рыбы для анализа

Для проведения исследования тушки рыбы аккуратно вскрывались. Из них извлекались внутренние органы. Одновременно с этим, с участка спины рыбы, расположенного на уровне брюшных плавников, отбирался небольшой фрагмент мышечной ткани размером примерно 1x1 см.

Затем отобранные образцы предварительно взвешивались. После этого их помещали в отдельные стеклянные колбы и заливали 30% раствором перекиси водорода. Этот раствор предназначался для полного разложения органических тканей

2. Процесс фильтрации образцов

По завершении недельного периода разложения, перекись водорода вместе с растворенным содержимым подвергалась фильтрации. Для этого использовались бумажные фильтры двух типов: "белая лента" с размером пор 8-12 мкм и "красная лента" с размером пор 5-8 мкм. Фильтры помещались в стеклянные воронки. Использование стеклянных воронок было обусловлено необходимостью предотвратить возможное загрязнение образцов микропластиком, которое могло произойти при использовании пластиковых воронок. Далее проводилась дополнительная фильтрация через фильтр типа "синяя лента", имеющий размер пор 2-3 мкм.

3. Микроскопическое исследование фильтров

Для дальнейшего анализа использовались высушенные и расправленные фильтры "синяя лента". На их поверхности с помощью гелевой ручки оранжевого или желтого цвета, либо простого карандаша, наносилась сетка.

Это делалось для облегчения последующего детального изучения содержимого фильтра под микроскопом. Яркие цвета чернил были выбраны намеренно, чтобы обеспечить четкое различие между частицами микропластика и линиями нанесенной сетки.

Выводы. Данная работа была посвящена исследованию содержания микропластика в различных тканях и органах рыб, Материал для исследования был собран в реке Нева, Ладожском озере, реке Славянка и Финском заливе. Период отбора проб охватывал май-август 2024 года и май 2025 года, с соблюдением трехкратной повторности для каждой точки вылова. Общее количество проведенных исследований составило 105.

Список использованной литературы

1. Администрация Санкт-Петербурга: официальный сайт. Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности [Электронный ресурс] URL: <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/ecology/news/163777/>
2. Федеральное агентство по туризму: Санкт-Петербург [Электронный источник] // URL: <https://tourism.gov.ru/tourists/regiony/severo-zapadnyy-fo/sankt-peterburg/>
3. Ragusa A., Svelato A., Santacroce C., Catalano P., Notarstefano V., Carnevali O., Papa F., Rongioletti M.C.A., Baiocco F., Draghi S., et al. Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. Environ. Int. 2021;146:106274. doi: 10.1016/j.envint.2020.106274.

УДК 631.4:502.175

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПОЧВ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Каурова Вера Сергеевна, аспирант

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России г.

Санкт-Петербург, e-mail: vera5cara@mail.ru

Каурова Злата Геннадьевна, к.б.н, доцент

Чижов Александр Павлович, студент

Санкт-Петербургский государственный университета

Аннотация. В статье представлен комплексный обзор современных физико-химических методов, применяемых для экологического мониторинга и оценки состояния почвенного покрова. Проанализированы проблемы унификации методик и гармонизации российских стандартов с международными требованиями.

Ключевые слова: мониторинг почв, физико-химический анализ, экологическая безопасность, загрязнение почв, Российская Федерация.

MODERN METHODS OF PHYSICOCHEMICAL SOIL MONITORING AND THEIR APPLICATION IN THE RUSSIAN FEDERATION

Kaurova V.S.¹, Kaurova Z.G.², Chizhov A.P.²

¹St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, St. Petersburg, e-mail: vera5capa@mail.ru

²Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, Saint Petersburg, Russian Federation, e-mail: spbgavmeco@mail.ru

Abstract. This article presents a comprehensive review of modern physicochemical methods used for environmental monitoring and soil condition assessment. The challenges of unifying methods and harmonizing Russian standards with international requirements are analyzed.

Keywords: soil monitoring, physicochemical analysis, environmental safety, soil pollution, Russian Federation.

Почва является основной депонирующей средой для большинства антропогенных загрязнителей. В настоящий момент в Российской Федерации необходимой для обеспечения продовольственной безопасности и экологического благополучия населения [1]. Цель настоящей работы — систематизация данных о современных физико-химических методах анализа

почв и выявление специфических особенностей их практического применения на территории РФ.

Методологическая база физико-химического мониторинга почв

Современная аналитическая химия почв опирается на комплекс инструментальных методов, позволяющих с высокой точностью определять валовое содержание элементов, их подвижные формы, а также молекулярный состав органического вещества.

Наиболее широко распространены методы спектрального анализа, к которым относятся, атомно-абсорбционная спектрометрия (ААС), масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС), атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС), рентгенофлуоресцентный анализ (РФА). Атомно-абсорбционная спектрометрия (ААС) остается приоритетным методом в российских агрохимических и экологических исследованиях в области определения тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu, Zn, Ni) в соответствии с ГОСТ Р 51309-99 и ПНД Ф 16.1:2.2:2.3.36-02. Метод характеризуется высокой селективностью, относительной простотой обслуживания приборов, наличием отечественных приборов высокого качества и соответствия большинству аттестованных методик РФ. Однако, метод обладает невысокой производительностью. Отечественные приборы, стоящие на вооружении в значительном количестве лабораторий, производящих мониторинговые исследования, в частности, позволяют определять только один элемент за цикл измерения, что не позволяет в установленные сроки обработать большое количество проб. ААС практически не применима для прямого анализа серы, фосфора или галогенов, необходимых для оценки промышленных выбросов. Кроме того, осложнения при поведении мониторинговых исследований вызывают узкий динамический диапазон и высокие затраты на дорогостоящие расходные материалы. [2]. Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) и атомно-эмиссионная спектрометрия с ИСП (ИСП-АЭС) являются наиболее

информативными методами многоэлементного количественного химического анализа, они дают возможность одновременно определять более 60 элементов в широком диапазоне концентраций, вплоть до следовых количеств вещества.

В России данные методы активно используются во многих центрах лабораторного анализа Минприроды и Россельхознадзора, особенно для определения редкоземельных элементов (РЗЭ), платиноидов, урана и тория, а также высокотоксичных таллия, бериллия, и мышьяка, содержание которых в почве находится в микроскопических количествах на уровне долей миллиграммов на килограмм почвы [1, 3]. Более 90% масс-спектрометров в РФ представлено импортным оборудованием. Поставка запчастей, расходных материалов к ним в текущих условиях крайне затруднена, что приводит к простоям дорогостоящего оборудования [2]. Таким образом, препятствием к применению этих методов является, прежде всего, высокая стоимость оборудования и расходных материалов, а также высокие требования к квалификации оператора и организации лабораторных помещений.

Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА). становится незаменимым для полевых наблюдений. В РФ его использование при осуществлении программ рекультивации загрязненных земель в районах нефтедобывающей и горнорудной. Данные анализа удобно применять при картировании ареалов техногенного загрязнения тяжелыми металлами. Метод обеспечивает эффективное определение валового содержания Fe, Mn, Cr, Ni, Cu, Zn, Pb непосредственно на месте отбора пробы в соответствии с МИ 3300–2010. Прямое определение содержания Cl, S, Ca без растворения пробы, исключает ошибки, связанные с переводом малорастворимых солей в раствор. Исследования могут осуществляться в коротком временном интервале (30–60 секунд на пробу), не требовательны к лабораторному оборудованию и реактивам и нуждаются в минимальной пробоподготовке. Проблемы использования метода лежат прежде всего в правовом поле, в России

предельно допустимые концентрации для тяжелых металлов в почве установлены для подвижных форм, в то время как РФА определяет валовое содержание вещества. Таким образом, данные РФА часто не могут быть напрямую использованы для юридической оценки превышения экологических нормативов без соответствующей математической обработки. Широко применяемые в мониторинговых исследованиях, РФА-анализаторы имеют недостаточную чувствительность для определения кадмия (Cd) и ртути (Hg) на уровне ПДК в незагрязненных почвах и необходимость строгой и частой калибровки по стандартным образцам почв (ГСО).

Другой широко распространенной группой методов являются хроматографические. К ним относятся высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) и газовая хромато-масс-спектрометрия (ГХ-МС). Методы традиционно применяются для определения органических поллютантов: полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), нефтепродуктов, пестицидов и полихлорированных бифенилов (ПХБ). Ключевым документом, регламентирующим применение ГХ-МС в РФ, является ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.62-09.

ГХ-МС используется для идентификации и количественного определения нефтяных углеводородов и полициклических ароматических углеводородов, включая супертоксикант 1-го класса опасности бенз(а)пирен (ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.62-09).

При помощи метода ВЭЖХ определяют такие пестициды, как метаболиты ДДТ, глифосат, неоникотиноиды, а также термолабильные фенолы, которые не могут быть проанализированы методом газовой хроматографии. Эта группа методов единственная, позволяющая идентифицировать сложные органические смеси на молекулярном уровне.

Традиционными и легко доступными при анализе почв являются электрохимические методы и термический анализ. *Ионная хроматография* и *потенциометрия* незаменимы при анализе водных вытяжек для оценки

засоления почв (определение хлоридов, сульфатов, нитратов) и показателя рН. Оценка устойчивости органического вещества (гумуса) черноземов к термоокислительной деградации. Соотношение экзотермических пиков в области 300-350°C (лабильное вещество) и 450-550°C (стабильный гумин) служит маркером плодородия и устойчивости почвы к эрозии [4]. Термогравиметрический анализ (ТГА) и дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК) используются в научных исследованиях для оценки содержания гумуса и термодинамической устойчивости почвенных агрегатов, что особенно актуально для прогнозирования деградации черноземов [4]. К сожалению, не все методы этой группы не стандартизированы ГОСТами для массового экологического контроля и используется преимущественно в научных институтах и лабораториях.

Применение всех вышеуказанных методов на территории России имеет ряд специфических черт, отличающих отечественную практику от международной. Прежде всего, в РФ действует жесткая система государственных стандартов и природоохранных нормативных документов. Любое измерение, результаты которого используются для государственного экологического надзора или судебных разбирательств, должно выполняться строго по аттестованным методикам, в РФ до сих пор сохраняется параллельное действие межгосударственных стандартов (ГОСТ) и стандартов ИСО, что иногда приводит к коллизиям в оценке подвижности элементов [5]. Значительная часть высокоточного аналитического оборудования, как говорилось выше, в РФ до недавнего времени была представлена иностранными моделями. В условиях санкционных ограничений появилась необходимость перехода на отечественные аналоги и оборудование из дружественных стран. Это требует переаттестации методик измерений под новый тип прибора и внесения существенных изменений в область аккредитации лабораторий, что является длительным и трудоемким процессом. Российская Федерация занимает огромную территорию с

контрастными почвенно-климатическими условиями. Для корректной интерпретации данных физико-химического мониторинга необходимо учитывать региональные фоновые концентрации [6].

Анализ современного состояния мониторинга почв в РФ позволяет выделить ряд ключевых направлений для совершенствования. Прежде всего это дальнейший переход на принципы оценки риска для здоровья человека, принятые в международной практике, и корректировка ПДК с учетом фоновое содержания элементов. Немаловажной представляется интеграция данных ведомственных сетей наблюдения Росгидромета, Россельхознадзора и Роспотребнадзора в единую государственную базу данных состояния почв.

Список использованной литературы

1. Мотузова Г.В., Карпова Е.А. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия. — М.: Изд-во МГУ, 2019. — 304 с.
2. ГОСТ Р 51309-99. Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектроскопии. — М.: Стандартинформ, 2006.
3. Карандашев В.К., Туранов А.Н., Орлова Т.А. Использование метода масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой в элементном анализе объектов окружающей среды // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. — 2017. — Т. 83, № 1. — С. 5-15.
4. Шеин Е.В., Милановский Е.Ю. Органическое вещество и структура почвы: термодинамический подход // Почвоведение. — 2021. — № 4. — С. 412-425.
5. Водяницкий Ю.Н. Нормативы оценки загрязнения почв тяжелыми металлами в России и за рубежом // Агрохимия. — 2018. — № 6. — С. 83-93.
6. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. — М.: Астрель-2000, 1999. — 768с.

УДК 504.054:595.7:631.46 (98)

ВОЗДЕЙСТВИЕ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И РАЗЛИЧНЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ПОЧВЕННУЮ МЕЗОФАУНУ РАЗНОТИПНЫХ АРКТИЧЕСКИХ ПОЧВ

Каурова Злата Геннадьевна, к.б.н, доцент

Санкт-Петербургский государственный университета

Аннотация. В статье представлены результаты полевых исследований по оценке воздействия аварийных разливов углеводородного на сообщества почвенных беспозвоночных (мезофауну) в основных типах арктических почв Российской Федерации. Объектами исследования являлись тундровые глеевые почвы и торфяно-глеевые почвы. Выявлены региональные особенности восстановления сообществ.

Ключевые слова: Арктика, почвенная мезофауна, нефтяное загрязнение, биодиагностика, экологический мониторинг.

IMPACT OF OIL SPILLS AND VARIOUS OIL PRODUCT SPILLS ON SOIL MESOFAUNA IN DIFFERENT ARCTIC SOILS

Kaurova Z.G.

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, St. Petersburg, Russian Federation, e-mail: 6zlata@mail.ru

Abstract. This article presents the results of field studies assessing the impact of accidental hydrocarbon spills on soil invertebrate communities (mesofauna) in the main Arctic soil types of the Russian Federation. The study subjects were tundra gley soils and peat-gley soils. Regional patterns of community recovery are identified.

Keywords: Arctic, soil mesofauna, oil pollution, biodiagnostics, environmental monitoring.

Арктическая зона Российской Федерации является стратегически важным регионом, с которым связаны перспективы добычи и транспортировки нефти и нефтепродуктов. Высоко чувствительные экосистемы этого региона характеризуются низкой устойчивостью к антропогенным воздействиям и крайне медленными темпами

самовосстановления [1]. Почвенный покров Арктики выполняет депонирует загрязняющие вещества, и в то же время является средой обитания для почвенной биоты, адаптированной к экстремальным условиям существования.

Почвенная мезофауна (беспозвоночные с размерами тела от 0,2 до 10 мм) играет основную роль в функционировании тундровых экосистем. Именно представители микроартропод и микроолигохет осуществляют первичную деструкцию органического вещества и обеспечивают круговорот биогенных элементов в условиях, где активность макрофауна строго ограничена мерзлотой [2]. Несмотря на очевидную значимость этой группы, как чувствительных биоиндикаторов, в отечественной нормативной базе методы оценки состояния мезофауны при нефтяных разливах практически не разработаны, а исследования носят эпизодический характер. Особую актуальность проблема приобретает в свете крупных аварий последних лет, указавших на пробелы существующей системы экологического мониторинга к оценке реального ущерба биотическим компонентам наземных экосистем Арктики.

Целью данной работы является сравнительный анализ реакции сообществ почвенной мезофауны на загрязнение различными типами углеводородов (сырая нефть, дизельное топливо) в разнотипных арктических почвах для выявления наиболее уязвимых компонентов экосистемы и обоснования критериев их восстановления.

Объекты и методы исследования

Исследования проводились в период с 2020 по 2025 гг. на ключевых участках, расположенных на территории СЗФО в границах Российской Арктики: Кольский полуостров, Республика Карелия. Объектами исследования послужили два типа арктических почв, различающихся по генезису и водному режиму - тундровая глеевая и торфяно-глеевая.

Для моделирования аварийных разливов были использованы два наиболее распространенных в Арктике типа загрязнителей - сырая нефть и

дизельное топливо. Отбор почвенных образцов для учета мезофауны производился стандартным методом почвенных проб объемом 100 см³ в пятикратной повторности на фоновых (ненарушенных) участках и на площадках с разным сроком давности разлива (1 год, 2 года, 3 года). Выделение беспозвоночных осуществлялась модифицированным методом Тулгрена. Идентификация коллембол и клещей проводилась до уровня семейства и рода. Статистическая обработка данных включала расчет индексов видового разнообразия Шеннона (H') и выравненности Пиелу. Химический анализ проб на содержание нефтепродуктов (НП) выполнялся флуориметрическим методом на анализаторе «Флюорат-02».

Результаты и их обсуждение

Анализ фоновых участков показал, что таксономическая структура и плотность мезофауны в арктических почвах определяется главным образом гидротермическим режимом и кислотностью среды. В тундровых глеевых почвах фоновое обилие мезофауны варьировало от 10 до 20 тыс. экз./м². Доминировали панцирные клещи — до 63% численности, коллемболы составляли около 22%. Энхитреиды встречались единично. В торфяно-глеевых почвах отмечена большая численность мезофауны — до 57 тыс. экз./м². Здесь резко возрастала доля энхитреид (до 35%) и гидрофильных представителей коллембол. Высокая доля органических соединений в составе почв в сочетании стабильно высокой влажности создавала благоприятные условия для развития почвенных беспозвоночных. Загрязнение сырой нефтью в дозе 25 г/кг и выше вызывало значительное снижение численности всех представителей мезофауны почв. Основным фактором, приводящим к такому эффекту, является физическая блокировка порового пространства гидрофобной пленкой, образующейся на поверхности почвенных частиц [4]. Большее падение численности отмечено в тундровых глеевых почвах (в 4-7 раз от фона). Здесь нефть, пропитывает весь деятельный слой, перекрывая беспозвоночным доступ к воздуху. В течении первых двух лет в пробах

полностью исчезли крупные формы коллембол, и личинки насекомых. Обнаруживались лишь немногочисленные особи мелких панцирных клещей, способные освоить микротрещины нефтяной корки. В торфяно-глеевых почвах за счет высокой сорбционной емкости торфа нефть быстро связывается органическим веществом. На фоне снижения в первые 2 года, на 3-й год после загрязнения численность энхитреид и некоторых видов коллембол стала приближаться к фоновым значениям. Это объясняется массовым развитием организмов кормовой базы, прежде всего углеводородокисляющих бактерий и грибов [5]. Следует отметить, что на фоне увеличения биомасс, таксономическое разнообразие снижается: индекс Шеннона падает с 2 до 1 за счет выпадения редких и стенобионтных видов.

Дизельное топливо (ДТ) обладает гораздо более высокой токсичностью для биоты по сравнению с сырой нефтью из-за высокого содержания легких ароматических фракций (бензол, толуол, ксилолы) и нафтенных кислот [6]. В отличие от сырой нефти, ДТ проникает вглубь по трещинам усыхания, достигая уровня многолетней мерзлоты, где аккумулируется и депонируется на длительный срок. Это создает эффект «хронической токсичности» для почвенной фауны, переживающей зиму в подстилке на границе с мерзлотой [7]. В полевых условиях на экспериментальных площадках с разливом ДТ в течение первых 3-х лет наблюдался эффект «фаунистической пустыни». Во образцах тундровой почвы, отобранных через год и два после разлива, живые беспозвоночные полностью отсутствовали. На 3 год на поверхности были отмечены единичные особи беспозвоночных. Анализ полученных материалов показал, что скорость восстановления сообществ мезофауны в Арктике значительно ниже, чем в экосистемах лесов более южных регионов. В то время, как в центральных регионах России признаки полного восстановления численности коллембол после нефтеразлива наблюдаются уже на 3-5 год [8], в тундровой зоне этот процесс затягивается на более длительный срок (до 10 лет и более). Низкие температуры замедляют и биodeградацию нефти, и

репродуктивный цикл беспозвоночных, снижая темпы заселения нарушенных территорий беспозвоночными.

Обобщая полученные данные, можно отметить, что дизельное топливо более токсично для почвенной мезофауны, чем сырая нефть. Наиболее информативными индикаторами острого загрязнения являются коллемболы. Их полное исчезновение свидетельствует о высокой токсичности среды и непригодности участка к биологическому этапу рекультивации. Для оценки хронического загрязнения и мониторинга восстановления наиболее показательны панцирные клещи.

Включение показателей обилия и структуры мезофауны в программу экологического мониторинга почв и производственного экологического контроля на предприятиях нефтедобывающей промышленности в Арктике позволит оперативно выявлять скрытые очаги хронического загрязнения и объективно оценивать эффективность рекультивационных мероприятий, дополняя данные физико-химического анализа.

Список использованной литературы

1. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экология почв. Учение об экологических функциях почв. — М.: Изд-во МГУ; Наука, 2012. — 412 с.
2. Чернов Ю.И. Экология и биогеография. Избранные работы. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. — 580 с.
3. Бабенко А.Б. Коллемболы Арктики: структура фауны и особенности хорологии // Зоологический журнал. — 2017. — Т. 96, № 6. — С. 627-644.
4. Киреева Н.А., Водопьянов В.В., Мифтахова А.М. Биологическая активность нефтезагрязненных почв. — Уфа: Гилем, 2001. — 376 с.
5. Евдокимова Г.А., Мозгова Н.П. Влияние нефтяного загрязнения на микрофлору и фауну почв Кольского Севера // Почвоведение. — 2020. — № 3. — С. 345-354.
6. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. — М.: Изд-во МГУ, 1998. — 376 с.
7. Арчегова И.Б., Кузнецова Е.Г. Влияние нефтяного загрязнения на биоту и процессы биологического очищения почв в условиях Крайнего Севера // Экология и промышленность России. — 2015. — Т. 19, № 9. — С. 28-33.

8. Гонгальский К.Б., Зайцев А.С., Савин Ф.А. Пространственное распределение почвенных животных в условиях нефтяного загрязнения: от биоиндикации к восстановлению // Экология. — 2019. — № 4. — С. 301-310.
9. Fjellberg A. The Collembola of Fennoscandia and Denmark. Part I: Poduromorpha. — Leiden: Brill, 1998. — 184 p.
10. Королев В.А. Очистка и восстановление грунтов и почв при нефтяных загрязнениях. — М.: МАКС Пресс, 2021. — 352 с.
11. Тиунов А.В. Метаанализ влияния нефтяного загрязнения на почвенную фауну // Успехи современной биологии. — 2022. — Т. 142, № 5. — С. 478-492.
12. ISO 11267:2014. Soil quality — Inhibition of reproduction of Collembola (*Folsomia candida*) by soil contaminants. — Geneva: ISO, 2014. — 25 p.

УДК 741.4:614.7:502/504

АГЛОМЕРАЦИЯ ЖИЛЫХ КОМПЛЕКСОВ В ГОРОДЕ КАЗАНЬ: ПРОСТРАНСТВО, ТРАНСПОРТ, ЗДОРОВЬЕ

Гайдук Тимур Дмитриевич, студент,

Антонова Ильвира Илгизовна, старший преподаватель

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

Аннотация. В статье рассмотрены особенности агломерации жилых комплексов города Казань с учётом пространственного развития, транспортной связанности и социальной структуры, а также влияние этих факторов на здоровье населения в весенний период. Проведён анализ территориальной застройки, транспортной инфраструктуры и экологических рисков, характерных для современных городских районов.

Ключевые слова: Казань, агломерация, жилые комплексы, транспорт, здоровье, экология.

RECLAMATION OF LANDFILLS OF SOLID HOUSEHOLD WASTE

Gaiduk T.D., Antonova I. I.

Annotation. *The article examines the features of residential complex agglomeration in Kazan, taking into account spatial development, transport connectivity, and social structure, as well as the impact of these factors on population health during the spring period. An analysis of territorial development, transport infrastructure, and ecological risks typical of modern urban areas is presented.*

Keywords: *Kazan, agglomeration, residential complexes, transport, health, ecology.*

Введение. Агломерация жилых комплексов в крупных городах является одной из ключевых форм пространственного развития современной урбанизации. Казань – динамично развивающийся центр, в котором новые жилые массивы формируют периферийные пояса и изменяют социально-транспортную структуру города [1]. Весенний период характеризуется усилением экологических рисков, связанных с качеством воздуха, пылевыми выбросами и повышенной аллергенной нагрузкой.

Пространственное развитие жилых комплексов

Рост жилищного строительства в Казани происходит преимущественно в периферийных районах – Азино, Салават Купере, Дербышки, Советский район. Такая застройка образует новые урбанизированные зоны, характеризующиеся высокой плотностью населения и недостаточной обеспеченностью инфраструктурой. Преобладают многоэтажные дома комфорт- и эконом-класса, что создаёт нагрузку на инженерные сети и социальные объекты (рис. 1).



Рис. 1. ЖК «Сказачный лес», расположенный в Приволжском районе на жилом массиве Ферма-2, улица Рауиса Гареева

Транспортная связанность

Основные жилые районы связаны с центром города радиальными дорогами и линиями общественного транспорта. Развитие кольцевых маршрутов, проектируемых веток метро и железнодорожной линии МЦК формирует основу межрайонной мобильности. Однако высокая зависимость от личного транспорта приводит к загруженности дорог и росту уровня загрязнения воздуха [4].



Рис. 2. ЖК «Заря», расположенный в центре Вахитовском районе на Щербаковском переулке, 5

Социальная структура, сезонные факторы, здоровье населения и экология.

Новые микрорайоны заселяются преимущественно молодыми семьями со средним уровнем дохода. Дефицит мест в детских садах и медицинских учреждениях снижает качество жизни. Длительные ежедневные поездки на работу и недостаток зеленых зон увеличивают уровень стресса и негативно влияют на здоровье. Весной в Казани усиливаются проблемы качества воздуха, обусловленные пылевыми частицами и аллергенами [2]. Показатели мельчайших, тонкодисперсных (PM2.5) и крупных частиц (PM10) в этот период часто превышают норму, повышая риск заболеваний органов дыхания.

Также отмечается рост уровня шума и загрязнение прилегающих территорий строительной пылью. Ниже представлена таблица, в которой систематизированы ключевые факторы и их воздействие на здоровье населения в жилых комплексах Казани.

Таблица 1

Основные факторы, влияющие на здоровье населения в жилых комплексах Казани

Фактор	Воздействие
Плотность населения	Повышенный стресс, снижение качества воздуха
Транспортная загруженность	Загазованность, шум
Недостаток озеленения	Тепловой дискомфорт, ухудшение микроклимата
Пыль и аллергены	Сезонные заболевания дыхательных путей

Весенний период также выявляет различия в качестве среды между центральными и периферийными районами. В новых жилых массивах плотная застройка и недостаток зелёных насаждений усиливают эффект «городского теплового острова», из-за чего воздух прогревается быстрее и удерживает пыль дольше. Это приводит к повышенному уровню загрязнения даже при умеренной транспортной активности. Особое значение имеют факторы внутренней среды жилых помещений. В новых зданиях, где преобладает плотная герметичная застройка, отмечается низкий уровень воздухообмена и накопление бытовых загрязнителей, что в сочетании с внешними пылевыми нагрузками повышает риск хронических заболеваний органов дыхания.

Социальный аспект выражается в том, что новые районы часто развиваются быстрее, чем инфраструктура здравоохранения. Ограниченная доступность медицинских учреждений и экологически чистых зон отдыха снижает возможности населения для профилактики заболеваний. Таким образом, качество среды обитания в жилых агломерациях напрямую связано с урбанистическими решениями, определяющими как физическое, так и психоэмоциональное состояние жителей [3].

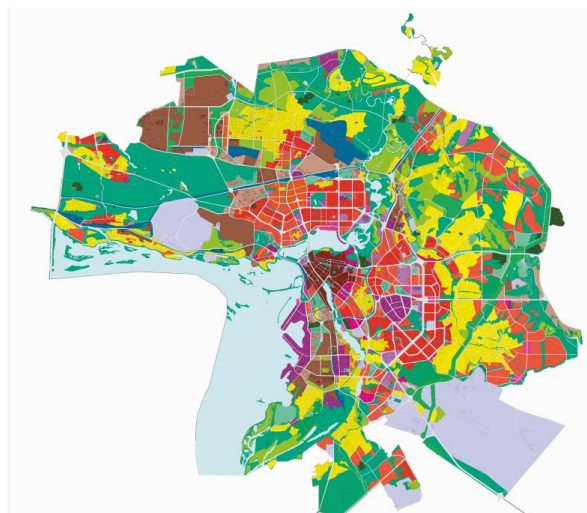


Рис. 3. Генплан г. Казани до 2040 года: Основная карта с зонами застройки (красным — многоэтажки, желтым — ИЖС), точками роста и полицентричной структурой, отражающий рост жилфонда на 44% и транспортной сети до 2203 км.

Заключение

Агломерация жилых комплексов в Казани является отражением глобальных урбанизационных процессов, в которых взаимодействуют пространственное развитие, транспортная система и социальная структура. Проведённый анализ показал, что современные тенденции жилищного строительства, сосредоточенные преимущественно в периферийных районах, способствуют росту плотности населения и усиливают нагрузку на инженерную и социальную инфраструктуру.

Неразвитость транспортных связей между жилыми массивами и центром города создаёт пространственную изоляцию, что приводит к росту маятниковой миграции, повышению транспортных выбросов и снижению качества воздуха. В долгосрочной перспективе это формирует устойчивый

негативный фон для здоровья населения, проявляющийся в росте сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний, а также в повышении уровня стресса. Весенний сезон вносит дополнительные экологические вызовы: концентрация пыли, выхлопных газов и аллергенов приводит к временным, но значительным ухудшениям состояния городской среды. В совокупности с шумом и низким уровнем озеленения это формирует хронический экологический стресс, влияющий на здоровье и работоспособность населения.

Для снижения негативных последствий необходимо внедрение комплексного подхода к планированию агломерации жилых комплексов, включающего:

- приоритет общественного транспорта и развитие межрайонных транспортных связей;
- внедрение «зелёных коридоров» и поясов рекреаций между жилыми массивами;
- повышение энергоэффективности и экологичности жилых зданий;
- интеграцию санитарно-гигиенических критериев в процессы градостроительного проектирования [5].

Отдельное внимание следует уделить методологии оценки рисков, так как именно химическое загрязнение атмосферного воздуха является ключевым фактором, требующим нормирования и контроля в условиях плотной городской застройки [6].

Список использованной литературы

1. Генеральный план развития города Казань на период до 2040 года. – Казань: Исполнительный комитет муниципального образования г. Казани, 2024. – <https://genplanmos.ru/project/genplan-kazani-do-2040-goda/> (дата обращения: 16.03.2026)
2. Министерство экологии и природных ресурсов Республики Татарстан. – Отчёт о состоянии атмосферного воздуха в Республике Татарстан за 2024 год. – Казань: Минэкологии РТ, 2024. – <https://eco.tatarstan.ru/gosdoklad-2024.htm> (дата обращения: 16.03.2026)
3. Татар-информ. – Аналитика по урбанизации Казани [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tatar-inform.ru> (дата обращения: 16.03.2026) – Загл. с экрана.

4. Реальное время. – Транспортная нагрузка в Казани: вызовы и решения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://realnoevremya.ru> (дата обращения: 16.03.2026) – Загл. с экрана.

5. Урбанизация и экология городской среды: риски и пути их минимизации // Сборник «Урбанизация и экология городской среды». – М., 2020. – Режим доступа: официальный репозиторий (PDF «urbanizatsiya i ekologiya gorodskoy sredy»). (дата обращения: 16.03.2026)

6. Зайцева Н.В. Оценка риска для здоровья населения от химического загрязнения атмосферного воздуха // Анализ риска здоровью. 2013. №3. - <https://journal.fcisk.ru/eng/sites/journal.fcisk.ru.eng/files/upload/article/36/health-risk-analysis-2013-3-5.pdf> с. 82–89.

УДК 504.06

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

Абдрашитова Ляйсан Рамилевна, студент

*Мухаметшина Румия Мугаллимовна, канд. хим. наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный
университет», г. Казань, e-mail: rumya211@yandex.ru*

Аннотация: В статье рассматриваются основные проблемы, возникающие при попытке интеграции климатических факторов в системы управления рисками организаций. Анализируются причины неэффективности традиционных подходов, выявляются ключевые барьеры. Предлагаются направления совершенствования систем управления климатическими рисками.

Ключевые слова: климатические риски, управление рисками, адаптация, природные опасности.

RISK MANAGEMENT CHALLENGES IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

Abdrashitova L. R., Mukhametshina R.M.

Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Annotation. *This article examines the key challenges encountered when attempting to integrate climate factors into organizational risk management systems. It analyzes the reasons for the ineffectiveness of traditional approaches and identifies key barriers. It also suggests areas for improving climate risk management systems.*

Keywords: *climate risks, risk management, adaptation, natural hazards.*

Введение

Изменение климата представляет собой одну из наиболее серьезных угроз для экономической и социальной стабильности. На территории России климат меняется быстрее, чем в среднем на планете. Учащение опасных явлений - наводнений, засух, лесных пожаров - наносит значительный ущерб промышленности, сельскому хозяйству и транспорту.

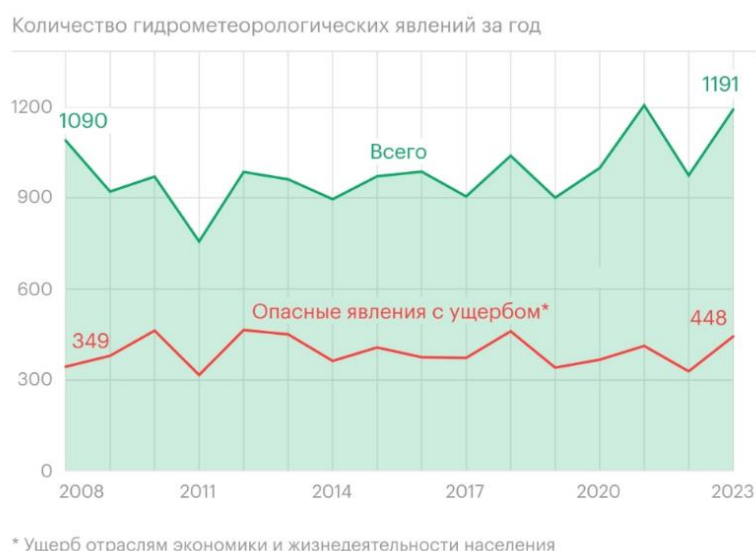


Рис. 1. Рост числа опасных гидрометеорологических явлений в России

По данным Росгидромета, количество опасных гидрометеорологических явлений в России за последние 20 лет выросло более чем в два раза [1].

Однако, несмотря на очевидность растущих угроз, системы управления рисками в большинстве компаний и государственных органов демонстрируют недостаточную эффективность при работе с климатическими вызовами. Главное противоречие заключается в том, что природа климатических

изменений (нелинейность, долгосрочный характер, кумулятивный эффект) не соответствует принципам, на которых построены традиционные подходы к управлению рисками (вероятностный подход, опора на исторические данные, краткосрочное планирование) [2].

Таблица 1

**Доля опасных природных явлений, приводящих к убыткам в России
2025год**

Ранг	Тип явления	Доля от числа случаев, %
1	Ветер (в т.ч. падение деревьев)	22
2	Град	18
3	Наводнение	15
4	Лесной пожар	12
5	Заморозки	10
6	Землетрясение	3
7	Селевой поток	2
8	Прочие	18
	Итого	100

Согласно данным государственной гидрометеорологической службы, среднегодовая температура на территории России растет быстрее, чем в среднем на планете, а за последние десятилетия количество опасных гидрометеорологических явлений, наносящих значительный ущерб, заметно увеличилось. Наиболее значимой климатической угрозой для России является деградация многолетней мерзлоты. В районах распространения вечной мерзлоты расположены основные месторождения нефти и газа Западной Сибири, здесь построены тысячи километров трубопроводов, автомобильных и железных дорог, линии электропередачи, города и поселки. При оттаивании мерзлоты грунт теряет несущую способность, что приводит к деформации фундаментов зданий и сооружений, разрывам трубопроводов, разрушению дорожного покрытия, а последствия могут быть катастрофическими как для экономики, так и для окружающей среды.

Другой важной угрозой является учащение экстремальных погодных явлений. В последние годы в различных регионах России наблюдается рост

числа очень сильных осадков, периодов аномальной жары, опасных явлений гололеда, и каждое из этих явлений способно нанести серьезный ущерб — от повреждения посевов до разрушения линий электропередачи и нарушения транспортного сообщения. Третьей значимой угрозой выступает рост засушливых явлений в сельскохозяйственных регионах. Южные регионы России, являющиеся основными производителями зерна, в последние годы все чаще страдают от дефицита осадков в летний период, что создает прямые угрозы продовольственной безопасности и может приводить к значительным колебаниям цен на продовольствие. По оценкам научных институтов, правильно организованная адаптация к климатическим изменениям может приносить прямую экономическую выгоду, однако, как отмечают эксперты, налаженной системы финансирования адаптационных мероприятий в России к настоящему времени не создано, и существует разрыв между признанием важности проблемы и реальными действиями.

Некоторые российские компании уже начали внедрять элементы систем управления климатическими рисками, хотя этот процесс находится на начальной стадии.

В научно-образовательной сфере также есть положительные примеры: в одном из ведущих университетов страны разработаны практическое руководство по адаптации к изменениям климата и база данных адаптационных технологий, включающая около полутора сотен технических и организационных решений, которые могут быть использованы как государственными органами, так и коммерческими организациями для выбора наиболее эффективных мер защиты. Однако, по мнению специалистов, этих мер недостаточно, поскольку существующие практики носят фрагментарный характер, отсутствует единая методологическая база, не определены источники финансирования адаптационных мероприятий и не установлена персональная ответственность руководителей за климатическую безопасность вверенных им объектов [3].

Примеры адаптационных решений для управления климатическими рисками

Сфера деятельности	Климатический риск	Адаптационное решение	Ожидаемая эффективность
Нефтегазовая отрасль	Деградация вечной мерзлоты	Термостабилизация грунта	Снижение ущерба на 70-80%
Сельское хозяйство	Засуха	Капельное орошение, засухоустойчивые сорта	Сохранение урожая 60-70%
Энергетика	Аномальная жара	Модернизация систем охлаждения	Предотвращение аварийных отключений
Транспорт	Оттаивание мерзлоты под дорогами	Термостабилизация земляного полотна	Продление срока службы дорог на 15-20 лет

На основе проведенного анализа можно предложить несколько направлений, реализация которых позволит существенно повысить эффективность управления климатическими рисками, и каждое из этих направлений заслуживает отдельного рассмотрения.

Первым направлением является переход от вероятностных моделей к сценарному анализу. В условиях нестационарного климата традиционный подход, основанный на расчете вероятностей по историческим данным, теряет смысл, поэтому вместо него следует использовать множественный сценарный анализ. Суть этого метода заключается в том, что организация рассматривает несколько возможных вариантов развития климатической ситуации (например, оптимистический, умеренный и пессимистический сценарии) и для каждого из них разрабатывает план действий, что позволяет быть готовым к широкому спектру возможных исходов, а не только к тому, который кажется наиболее вероятным [4].

Вторым направлением является корректировка систем мотивации руководителей. Для преодоления «конфликта горизонтов» необходимо включение климатических показателей в системы долгосрочного вознаграждения руководителей высшего и среднего звена. Передовой опыт показывает, что от десяти до тридцати процентов годовой премии

руководителей может быть привязано к показателям, отражающим прогресс в области климатической безопасности и адаптации, что создает личную заинтересованность руководителей в долгосрочных инвестициях в защиту от климатических угроз.

Третьим направлением является создание специализированных управленческих структур. В крупных организациях целесообразно создание должности директора по климатическим рискам, который должен находиться на уровне финансового директора или главного инженера и обладать правом вето при принятии решений, игнорирующих климатические угрозы. На государственном уровне предлагается создание специализированного фонда климатической адаптации – организации, которая будет проводить конкурсный отбор наиболее важных адаптационных проектов и обеспечивать их финансирование.

Четвертым направлением является разработка и внедрение понятных показателей. Необходима разработка системы количественных показателей, позволяющих объективно оценивать уровень климатической защищенности объектов. К таким показателям могут относиться оценка потенциальных потерь при различных климатических сценариях, расчет срока, в течение которого объект остается безопасным без дополнительных инвестиций в его защиту, а также интегральный индекс климатической устойчивости предприятия или региона. Такие показатели позволят сравнивать различные объекты между собой и принимать обоснованные решения о приоритетности инвестиций.

Пятым направлением является гармонизация нормативно-правовой базы. На государственном уровне требуется принятие единых обязательных стандартов раскрытия информации о климатических рисках, чтобы все организации отчитывались по единой методике, что исключит возможность выборочного представления данных. Также необходима разработка методических рекомендаций по учету климатических рисков при оценке

инвестиционных проектов, финансируемых за счет государственных средств, с применением пониженных ставок дисконтирования для долгосрочных природоохранных проектов [5].

Выводы. Климатические риски представляют собой новый класс угроз, для управления которыми традиционные подходы, основанные на анализе стационарных временных рядов, неприменимы, поскольку опора на прошлые данные в условиях меняющегося климата не только бесполезна, но и опасна, так как создает ложное чувство защищенности. Главным барьером на пути эффективного управления климатическими рисками является несоответствие между долгосрочным характером климатических угроз и краткосрочными горизонтами планирования и мотивации в современных организациях, поэтому без изменения системы стимулов руководителей прогресс в этой области невозможен. Российская Федерация в силу своих географических и экономических особенностей относится к числу стран, наиболее уязвимых перед климатическими изменениями, и особую опасность представляет деградация вечной мерзлоты, которая создает риски для ключевых отраслей экономики, при этом система адаптации находится в нашей стране на начальной стадии формирования. Существуют реальные и апробированные на практике способы улучшения ситуации, включая переход к сценарному планированию, корректировку систем мотивации, создание специализированных управленческих структур, разработку понятных показателей и совершенствование нормативно-правовой базы. Способность быстро и эффективно адаптироваться к новым климатическим условиям станет одним из ключевых факторов конкурентоспособности как отдельных предприятий, так и национальных экономик в целом, а промедление с созданием полноценной системы управления климатическими рисками ведет к накоплению невидимых сегодня, но неизбежных в будущем потерь.

Список использованной литературы

1. Шаркова Е.А. Экологическая журналистика в регионе риска // Вестник ВГУ. Серия: Филология. Журналистика. – 2012. - № 1. – С. 264-269.

2. Кобышева Н.В., Акентьева Е.М., Галюк Л.П. Климатические риски и адаптация к изменениям климата в технической сфере. – Санкт-Петербург: Кириллица, 2015.

3. Росгидромет. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2024 год. – Москва, 2025.

4. Степанова Ю.Н., Щербин А.О. Климатические риски: возможности и угрозы // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Экологическая безопасность регионов России». - Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет, 2025. – С. 87-92.

5. Яковлева Е.Н., Яшалова Н.Н., Рубан Д.А., Васильцов В.С. Методические подходы к оценке природно-климатических рисков в целях устойчивого развития // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. - 2018. - Номер 52. - С. 120-137.

УДК 66.087.4

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОФЛОТАЦИОННЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Копысова Юлия Викторовна, студент

*Строганов Виктор Фёдорович, профессор, доктор хим. наук,
ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный
университет», г. Казань, e-mail: Svf08@mail.ru*

Аннотация. В статье рассматриваются виды и типы электрофлотаторов. Проводится анализ стоков различных производств и подбор, соответствующих электрофлотаторов.

Ключевые слова: электрофлотатор, сточные воды, электрохимическая очистка.

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF ELECTROFLOTATION UNITS FOR INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT

Kopysova Yu. V., Stroganov V. F.

Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan

Annotation. *The article discusses the types and types of electroflotation. The analysis of the effluents of various industries and the selection of appropriate electroflotation.*

Key words: *electroflotation, wastewater, electrochemical treatment.*

Введение. Сточные воды промышленных предприятий содержат трудноизвлекаемые вещества, которые необходимо удалять для обеспечения минимизации антропогенного воздействия на окружающую среду. В связи с этим актуальными становятся электрохимические методы, которые позволяют эффективно извлекать различные загрязняющие вещества, а также корректировать физико – химические свойства воды.

Электрохимические методы позволяют извлекать из воды ценные продукты при относительно простой автоматизированной технологической схеме очистки, без использования химических реагентов. Устройства, в которых проводят процессы электрохимического воздействия на водные растворы, имеют общее название – электролизеры (рис.1). Основой электрохимических методов очистки сточных вод является электролиз веществ, который представляет собой химические реакции с использованием электрической энергии. Эти превращения протекают в растворах электролитов, электропроводность которых связана с наличием ионов, которые передвигаются под воздействием электрического поля [1].

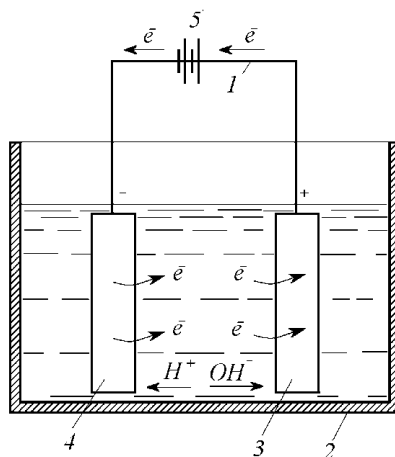


Рис. 1. Общая принципиальная схема электролизера:
1 – внешняя цепь; 2 – емкость; 3 – анод; 4 – катод; 5 – источник питания.

Основными методами электрохимической очистки являются: электрокоагуляция, основанная на электрохимическом растворении металлических электродов под действием постоянного электрического тока; электрофлотация – метод, заключающийся на электролизе и флотационном эффекте; электроокисление – деструкция органических загрязнений; электродиализ – селективное удаление ионов через ионообменные мембраны под действием электрического поля [2]. Из перечисленных способов очистки электрофлотация является более универсальной так как дает возможность удалять большее количество загрязняющих веществ.

Электрофлотация – это способ очистки воды, заключающийся в образовании при пропускании постоянного электрического тока через водный раствор мелкодисперсных пузырьков электролитических газов (водорода и кислорода), газовых флокул, агрегатов, состоящих из пузырьков газа и грубодисперсных примесей в виде взвешенных веществ (суспензии, эмульсии, смолистые вещества, нефтепродукты, масла, жиры, поверхностно-активные вещества). Газовые флокулы обладают значительно большим гидравлическим сопротивлением, чем входящие в их состав примеси, и, всплывая на поверхность, захватывают эти примеси в пену, образуя устойчивый пенный слой – флотошлам [3].

Метод электрофлотации основан на образовании пузырьков воздуха в процессе электролиза. При реализации этого метода используются электрофлотационные установки. Типовой электрофлотатор оборудован электролизером и отстойником (флотационной камерой). Сточная вода поступает в корпус, который отделен от электролизного отделения решеткой. Проходя через межэлектродное пространство, вода насыщается пузырьками газа. Всплывание газовых пузырьков с взвешенными частицами и примесями происходит непосредственно в отстойнике. Всплывший флотошлам затем перемещается скребком в шлакоприемник, откуда его удаляют механическим способом [4].

По количеству отсеков флотационные установки подразделяются на: однокамерные, двухкамерные, многокамерные.

В установках с одной камерой (рис.2) процесс сатурации воздухом сточных вод, формирование и подъем флотокомплексов на поверхность осуществляется в одной и той же ёмкости. Их используют при производительности – до 10-15 м³/ч.

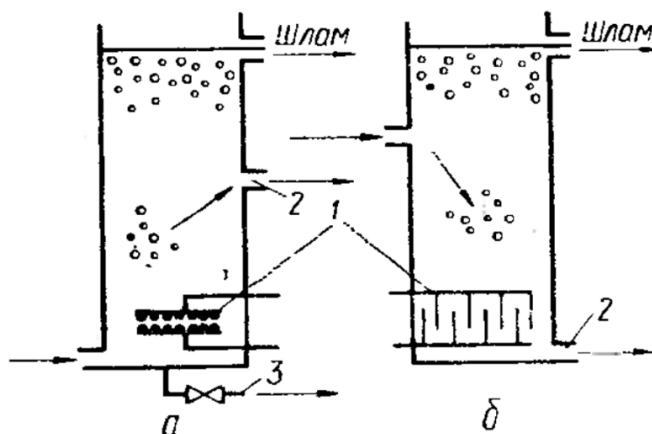


Рис. 2. Принципиальные схемы однокамерных электрофлотационных установок:
а – прямого потока; б – противоточная; 1 – электродные системы; 2 – выпуск очищенной воды; 3 – выпуск осадка

Двухкамерные установки включают в себя приемный и отстойный резервуары. В приемной части формируются воздушные микропузырьки, к которым прикрепляются флотируемые частицы. В отстойном резервуаре образовавшиеся флотокомплексы всплывают и образуют пену, очищаемая жидкость при этом осветляется.

Многокамерные флотационные установки (рис.3) используют в случае очистки сильнозагрязненных стоков или сточных вод, содержащих нефтепродукты. При такой конструкции сточные воды проходят несколько стадий обработки –рецикл [5].

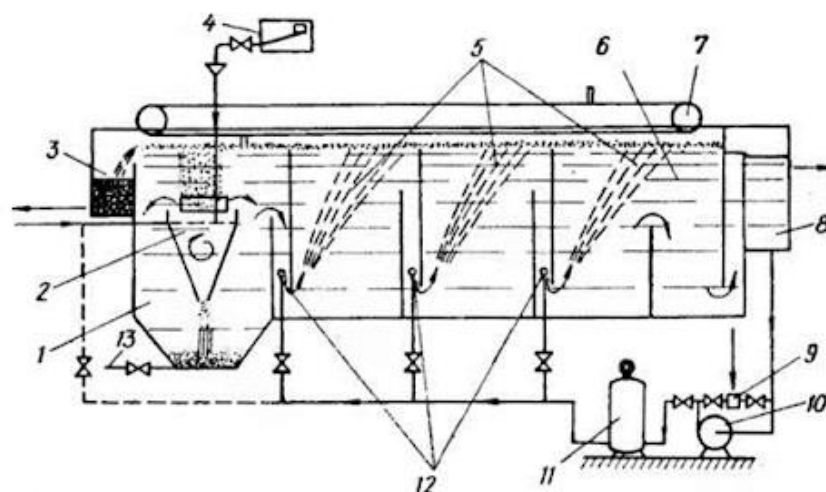


Рис. 3. Принципиальная схема многокамерной флотационной установки:
 1 - отсек предварительной очистки; 2 - безнапорный центробежный сепаратор; 3 - шламоприемник; 4 - плунжер для реагента; 5 - флотационные камеры; 6 - отстойный отсек; 7 - шламоудалитель; 8 - карман очищенной воды; 9 - эжектор; 10 - насос; 11 - сатуратор; 12 - трубы для подачи оборотной воды; 13 - отвод осадка.

По расположению в пространстве установки классифицируют на вертикальный и горизонтальный электрофлотаторы.

Вертикальный электрофлотатор – это установка, в которой электроды расположены вертикально. Такие электрофлотаторы рекомендованы для производительности менее 20–30 м³/ч, а горизонтальные – при большей производительности.

Процесс работы горизонтального флотатора заключается в поступлении очищаемой воды в приемный отсек, в котором происходит первичная флотация и осаждение крупнодисперсных частиц. Далее стоки поступают в камеру флотации, где смешиваются с водовоздушной смесью из сепаратора. Очищенная вода удаляется с помощью насоса, а образующаяся пена собирается шламоуловителем и направляется в шламоборник [6].

Разработан ряд типов электрофлотаторов, отличающихся как по конструкционным, так и по технологическим параметрам (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительные данные по электрофлотаторам.

Характеристика	Однокамерный	Двухкамерный	Многокамерный	Вертикальный	Горизонтальный
Компактность	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя
Эффективность очистки	Средняя (80-90%)	Высокая (95-98%)	Высокая (99%)	Высокая	Средняя (возможны застойные зоны)
Сложность конструкции	Простая	Средняя	Сложная	Средняя	Простая
Обслуживание	Удобное (1 отсек для чистки)	Среднее (несколько точек обслуживания)	Сложное (много камер и перегородок)	Удобное (легкий доступ к электродам)	Среднее (усложненный доступ к донной части)
Гидравлический режим	Риск коротких потоков	Регулируемый поток	Полный поршневой режим	Вертикальное смешение	Горизонтальное вытеснение
Риск заиливания	Средний (на дне камеры)	Низкий	Очень низкий	Минимальный	Высокий (в углах камеры)
Энергоэффективность	Средняя	Средняя	Низкая (потери давления на перегородках)	Высокая	Средняя
Применение	Небольшие локальные сооружения	Нефтехимическая промышленность	Оборотное водоснабжение	Высококонцентрированные компактные стоки	Большие объемы воды с невысокой концентрацией

Выводы

Следовательно, для производств с объёмом стоков до 10-15 м³/ч, содержащих малоопасные загрязняющие вещества (биотехнологическая, пищевая, лёгкая, лесная промышленность) наиболее приемлемым будет однокамерный вертикальный электрофлотатор. Промышленным предприятиям, объём стоков которых варьируется от 15 до 30 м³/ч, а сточные воды содержат тяжёлые металлы, токсичные или легкорастворяющиеся вещества (горнодобывающая, топливная, металлургическая, химическая промышленность), рекомендуется применять двухкамерные горизонтальные электрофлотаторы. Для предприятий с большими объёмами стоков – более 30

м³/ч, но содержащими нетоксичные труднорастворяющиеся вещества (строительная, машиностроительная, сельскохозяйственная промышленность) предлагается использовать многокамерный горизонтальный электрофлотатор.

Таким образом, электрофлотационная технология очистки обеспечивает более эффективную, экономически и экологически целесообразную водоподготовку для реализации рециклинга воды предприятий, состав стоков которых содержит ионы тяжелых металлов, мелкодисперсные осадки гидроксидов никеля, хрома, железа, нерастворимые фосфаты, эмульгированные жиры и маслопродукты, ПАВ, нефтепродукты, смолистые и взвешенные вещества. Рассмотренный метод позволит не только сократить время очистки в 3 раза, но и обеспечить обеззараживание воды, устранение загрязнений размером от 10 до 100 мкм и увеличение эффективности очистки до 99%.

Список используемой литературы:

1. Жилинский В.В., Слесаренко О.А. Электрохимическая очистка сточных вод и водоподготовка. – Минск: БГТУ, 2014. – с. 80 – 85
2. Каратаев О.Р., Шамсутдинова З.Р., Хафизов И.И. Очистка сточных вод электрохимическими методами. – Казань: Вестник Казанского технологического университета, 2015. – с. 1 – 3
3. Колесников В.А., Ильин В.И., Колесников А.В. Электрофлотация в очистке сточных вод от нефтепродуктов, красителей, ПАВ, лигандов и биологических загрязнений. – Москва: Теоретические основы химической технологии, 2019. – с. 205 – 228
4. Гайнуллина Г.Р., Федоров Г.Ю. Очистка сточных вод от тяжелых металлов методом электрофлотации. М: Вестник магистратуры, 2014. – с. 1 – 3
5. Мосин О.В. Технологический расчет установок электрофлотации воды. – М: Сантехника, отопление, кондиционирование (СОК) №1, 2014. – с. 3 – 5
6. Андреев С.Ю., Сафронов М.А., Титов Е.А. Флотационная очистка нефтесодержащих производственных сточных вод с использованием роторно-диспергирующего устройства. Пенза: ПГУАС, 2017. – с. 128 – 132

ВЛИЯНИЕ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА, НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

Салихова Гузалия Досмухамедовна, магистрант,

Салихов Наиль Зинурович, магистрант

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г.Казань: e-mail: bekmamedof90@mail.ru

Гумеров Тимофей Юрьевич, д-р техн. наук, профессор

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

Аннотация. *В статье анализируется проблема учащения стихийных бедствий, спровоцированных глобальными климатическими изменениями. Рассматриваются такие явления, как засухи, лесные пожары, ураганы, наводнения и землетрясения, частота и интенсивность которых возрастают в результате антропогенного воздействия на климатическую систему. Особое внимание уделено последствиям данных событий для психоэмоционального здоровья пострадавших: депрессивные состояния, тревожные и панические расстройства, посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР), синдром дефицита внимания. Выделены уязвимые группы населения (дети, пожилые люди, малообеспеченные слои, коренные народы), для которых риски негативных последствий наиболее высоки. Обосновывается необходимость комплексного подхода к смягчению последствий стихийных бедствий, включающего медицинскую, психологическую и социальную поддержку.*

Ключевые слова: *стихийные бедствия, изменение климата, здоровье населения, посттравматическое стрессовое расстройство, уязвимые группы населения, техносферная безопасность.*

THE IMPACT OF NATURAL DISASTERS CAUSED BY CLIMATE CHANGE ON POPULATION HEALTH

Salikhova G.D.¹, Salikhov N.Z.¹, Gumerov T. Yu.²

¹Kazan National Research Technological University, Kazan

²Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Abstract. *The article analyzes the problem of increasing frequency of natural disasters triggered by global climate change. Phenomena such as droughts, wildfires, hurricanes, floods, and earthquakes, whose frequency and intensity are growing as a result of anthropogenic impact on the climate system, are examined. Special attention is paid to the consequences of these events for the mental health of affected populations: depressive states, anxiety and panic disorders, post-traumatic stress disorder (PTSD), attention deficit syndrome. Vulnerable population groups (children, elderly, low-income populations, indigenous peoples) with the highest risks of negative consequences are identified. The necessity of an integrated approach to mitigating the consequences of natural disasters, including medical, psychological and social support, is substantiated.*

Keywords: *natural disasters, climate change, population health, post-traumatic stress disorder, vulnerable populations, technospheric safety.*

Введение. В последние десятилетия проблема глобального изменения климата приобрела статус одной из наиболее острых угроз для человеческой цивилизации. Учащение экстремальных погодных явлений – землетрясений, ураганов, наводнений, засух и лесных пожаров наносит не только экономический ущерб, но и оказывает разрушительное воздействие на физическое и психоэмоциональное здоровье населения. Пострадавшие сталкиваются с травматическими событиями, последствия которых могут сохраняться годами.

Изменение климата, обусловленное антропогенными факторами (накопление парниковых газов, изменение характера землепользования),

прямо и косвенно влияет на частоту и интенсивность стихийных бедствий. В свою очередь, каждое такое событие генерирует широкий спектр нарушений здоровья – от острых физических травм до хронических психопатологических состояний.

Цель настоящей работы – выявление и систематизация взаимосвязей между климатическими изменениями, стихийными бедствиями и нарушениями здоровья населения с акцентом на психологические последствия. На основе проведённого обзора можно выделить направления для более детального изучения того, как именно возникают и закрепляются длительные посттравматические состояния, а также поиск действенных способов их предупреждения.

1. Как изменение климата влияет на частоту стихийных бедствий

Данные климатических наблюдений свидетельствуют о постепенном росте температуры, что ведёт к таянию ледников, подъёму уровня океана и сдвигам в режиме выпадения осадков. Перечисленные изменения напрямую связаны с рядом опасных природных явлений [1].

Засуха. Аномально низкое количество осадков приводит к нарушению баланса экосистемы, сельского хозяйства и водоснабжения. Помимо угрозы голода, засухи ухудшается состав воздуха (пылевые бури, рост концентрации аллергенов) что является причиной возникновения проблем с дыхательной системой, распространением кишечных, водных и трансмиссивных инфекций.

Лесные пожары. Длительная засушливая погода способствует возникновению крупных пожаров, которые ежегодно уничтожают миллионы гектаров леса. Пожары приводят к прямым человеческим жертвам, колоссальному ущербу биоразнообразию и долговременному загрязнению атмосферы продуктами горения.

Экстремальные осадки и штормы. Повышение температуры океанических вод усиливает интенсивность циклонов, ураганов, тайфунов.

Сопутствующие проливные дожди вызывают катастрофические наводнения и оползни, разрушающие инфраструктуру.

Наводнения. Возникают вследствие обильных осадков, быстрого таяния снегов и ледников, а также штормовых нагонов. Наводнения приводят к масштабным разрушениям и санитарно-эпидемиологическим проблемам.

Землетрясения. Хотя тектонические процессы имеют преимущественно эндогенную природу, их частота и сила могут коррелировать с экстремальными климатическими явлениями (засухи, таяние ледников, изменение нагрузки на земную кору), а также с техногенной деятельностью человека (гидроразрыв пласта, закачка жидкостей в недра).

Таким образом, изменение климата выступает системным фактором, многократно усиливающим риски практически всех видов стихийных бедствий.

2. *Психологические последствия стихийных бедствий.* Наиболее изученным последствием воздействия стихийных бедствий является комплекс психотравмирующих реакций, диапазон которых варьирует от транзиторного стресса до тяжёлых клинических форм.

Засуха и аномальная жара. Длительное воздействие высоких температур и дефицита влаги провоцирует у 30–35 % мужчин и 40–45 % женщин психологический дистресс, депрессивные эпизоды, генерализованное тревожное расстройство и посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР). Адаптация к засухе, наблюдаемая у части населения в течение нескольких лет, не эквивалентна полноценному восстановлению. Жители социально-экономически неблагополучных районов демонстрируют наиболее высокие показатели нарушений настроения.

Лесные пожары. Прямое или опосредованное воздействие пожаров вызывает тревожность, бессонницу, избегающее поведение. До 40 % пострадавших достигают клинического порога психологической декомпенсации. Характерны затяжные (до двух лет и более) симптомы

гипербдительности, депрессии, нарушений сна. При этом косвенно пострадавшие демонстрируют более высокие показатели дезадаптивных копинг-стратегий и более низкие темпы посттравматического роста.

Ураганы и штормы. После ураганов выявляется значимая корреляция между степенью озеленения жилой территории и уровнем посттравматического стресса. Воспринимаемый контроль над окружающей средой выступает важным протективным фактором.

Наводнения. Переживание наводнения усиливает депрессивную симптоматику, опосредованную перитравматическим дистрессом. Ключевыми стрессорами выступают угроза безопасности семьи, степень материального ущерба и нарушение привычного уклада жизни. Защитными факторами служат сильная семейная и общинная поддержка.

Землетрясения. У выживших при землетрясениях регистрируются тяжёлые формы ПТСР, сочетающиеся со снижением осмысленности жизни и социальной поддержки. Наиболее сильным предиктором ПТСР и депрессии выступает диссоциация в остром периоде. Переезд во временное жильё может оказывать неоднозначное влияние: снижать риск депрессии, но не влиять на уровень ПТСР.

3. Уязвимые группы населения. Климатические изменения и сопряжённые с ними бедствия непропорционально сильно затрагивают определённые категории населения [2].

Дети. Вследствие физиологических особенностей (большой объём дыхания и потребления воды на единицу массы тела, больше времени на открытом воздухе) дети более восприимчивы к респираторным заболеваниям, тепловому стрессу и инфекциям, а также к психотравмирующему воздействию катастроф.

Пожилые люди. С возрастом физиологические резервы организма сокращаются, обмен веществ замедляется, иммунитет ослабевает, при этом

возрастают хронические заболевания. Всё это делает пожилых людей особенно чувствительными к аномальной жаре, загрязнённому воздуху и психологическим нагрузкам.

Малообеспеченные слои населения. Чем ниже социально-экономический статус, тем выше вероятность проживания в зонах с повышенным климатическим риском –рядом с промышленными объектами, в районах с плохим качеством воздуха и в поймах рек. У таких людей часто наблюдается дефицит ресурсов для адаптации и способности сопротивляться к ударам стихии.

Коренные народы. Потеря традиционных земель и природных экосистем из-за климатических сдвигов оборачивается не только материальным ущербом, но и утратой культурной, духовной связи с территорией, что провоцирует тяжёлый психологический стресс. В то же время многие коренные общины сохраняют высокую устойчивость благодаря традиционному опыту и крепким социальным связям, что неизбежно может стать опорой при создании адаптированных программ помощи.

Особенно сложно оценивать последствия, когда несколько бедствий случаются одновременно или друг за другом (аномальная жара на фоне пандемии). Пандемия COVID-19 показала: наложение двух кризисов резко усиливает психопатологические риски, а не просто суммирует их [3, 4].

Прогнозы указывают, что к 2050 году глобальное потепление на 1,5 °C практически неизбежно приведёт к более частым и интенсивным волнам жары, штормам и наводнениям. Следовательно, нужно отходить от реактивной модели (ликвидировать последствия уже после удара) и переходить к проактивной: заранее выявлять группы риска, психологически готовить население, создавать системы долгосрочного сопровождения пострадавших [5].

Выводы:

Изменение климата – системный фактор, который заметно повышает частоту и разрушительную силу стихийных бедствий (засух, пожаров, наводнений, ураганов, землетрясений).

Каждое бедствие провоцирует целый ряд психоэмоциональных нарушений. Самые тяжёлые среди них ПТСР, депрессия, генерализованное тревожное расстройство, панические атаки и стойкие расстройства сна.

Дети, пожилые, люди с низким доходом и представители коренных народов – наиболее уязвимые группы, нуждающиеся в адресных мерах профилактики и поддержки.

Менее всего изучены комбинированные эффекты от нескольких бедствий подряд, а также долгосрочная динамика посттравматических состояний. В качестве перспективных направлений можно выделить длительные наблюдения и разработку вмешательств, учитывающих культурные и социально-экономические особенности пострадавших.

Полученные данные могут пригодиться при планировании мероприятий по техносферной безопасности, при совершенствовании систем реагирования на ЧС и при создании программ психоэмоциональной помощи населению.

Список использованной литературы

1. Губеладзе, Д. В. Климатическая миграция как одна из главных проблем современности / Д. В. Губеладзе, М. В. Макарова // Экология урбанизированных территорий. – 2024. – № 1. – С. 31-36. – DOI 10.24412/1816-1863-2024-1-31-36.
2. Кузьмин, С. Б. Глобальные социально-психологические аспекты стихийных бедствий / С. Б. Кузьмин // Век глобализации. – 2022. – № 4(44). – С. 49-62. – DOI 10.30884/vglob/2022.04.03.
3. Молочаева, Л. Г. Изменение климата в контексте устойчивого развития / Л. Г. Молочаева // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. – 2023. – № 3. – С. 33-37. – DOI 10.47576/2411-9520_2023_3_33.
4. Некрасова, Е. А. Влияние глобальных климатических изменений на социально-экономическое развитие территории России и зарубежных стран / Е. А. Некрасова, Т. Д. Стрельникова // ЭФО: Экономика. Финансы. Общество. – 2023. – № 1(5). – С. 25-38. – DOI 10.24412/2782-4845-2023-5-25-38.

5. Вышкваркова, Е. В. Изменения климатических показателей как индикаторов деградации объектов культурного наследия ЮНЕСКО на европейской части России / Е. В. Вышкваркова, О. Ю. Сухонос // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. – 2024. – Т. 69, № 3. – С. 492-508. – DOI 10.21638/spbu07.2024.306.

6. Изменение климата и его влияние на репродуктивное здоровье женщин / К. Т. Вадирадз, Н. К. Раджашекара, Б. Джаяшамкарасвами [и др.] // Здоровье населения и среда обитания - ЗНиСО. – 2024. – Т. 32, № 11. – С. 7-15. – DOI 10.35627/2219-5238/2024-32-11-7-15

УДК 621.928.9

ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА ОЧИСТКИ ГАЗОВ ОТ ПЫЛИ

*Мингазетдинов Идгай Хасанович, д-р техн. наук, профессор
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань, e-mail:left088@gmail.com*

Султанов Булат Фаритович, студент

*ГАПОУ «Казанский колледж технологии и дизайна», г. Казань, e-mail:
bullbro32@yandex.ru*

***Аннотация.** В работе рассматривается конструкция и принцип действия инновационного устройства для очистки промышленных выбросов от мелкодисперсной пыли и аэрозолей. Обосновано применение акустической коагуляции в сочетании с тангенциальным подводом газа и лабиринтным каплеуловителем для повышения эффективности очистки в условиях переменных расходов газа.*

***Ключевые слова:** техносферная безопасность, акустический излучатель, очистка газов, коагуляция.*

IMPLEMENTATION OF AN INNOVATIVE DEVICE FOR GAS PURIFICATION FROM DUST

Sultanov B.F., Mingazetdinov I.Kh.

Annotation. *This paper discusses the design and operating principle of an innovative device for cleaning industrial emissions from fine dust and aerosols. The use of acoustic coagulation in combination with tangential gas supply and a labyrinth eliminator is justified to increase the cleaning efficiency under variable gas flow conditions.*

Keywords: *industrial ecology, technospheric safety, scrubber, acoustic emitter, gas purification, coagulation, dust collection.*

Введение и актуальность

Проблема очистки промышленных газовых выбросов от мелкодисперсных фракций (менее 5 мкм) остается одной из самых сложных в промышленной экологии. Стандартные механические пылеуловители (циклоны) эффективны лишь для крупных частиц, а рукавные фильтры и электрофильтры дороги в эксплуатации и чувствительны к агрессивным средам.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью создания компактного и экономичного устройства, способного эффективно работать в условиях переменного технологического цикла, когда расходы газа и концентрация пыли нестабильны.

Актуальность проблемы грязного воздуха в Казани

Казань — один из крупнейших промышленных и транспортных узлов России. Несмотря на то что к 2026 году количество жалоб жителей на качество воздуха в северных районах города (Авиастроительный, Московский) снизилось благодаря системному мониторингу МГУ и Минэкологии РТ, проблема мелкодисперсного загрязнения остается острой.

Согласно актуальным данным, основными источниками загрязнения в городе являются:

1. **Автотранспорт (более 40% всех выбросов):** Пробки на ключевых артериях (Горьковское шоссе, проспект Победы) создают локальные зоны экстремальной концентрации оксидов азота и углерода.
2. **Промышленные узлы:** Предприятия авиастроения, нефтехимии и энергетики (ТЭЦ), расположенные в черте города, ежегодно выбрасывают десятки тысяч тонн специфических загрязнителей.
3. **Мелкодисперсная пыль (PM2.5 и PM10):** Именно эти невидимые частицы наиболее опасны для здоровья жителей, так как они проникают глубоко в легкие и кровеносную систему, вызывая рост респираторных и сердечно-сосудистых заболеваний.

Почему это «полезно» исправлять именно сейчас?

Инвестиции в чистое небо — это не только забота о здоровье бабушек и детей, но и прямой экономический расчет:

- **Снижение нагрузки на здравоохранение:** Чистый воздух сокращает количество госпитализаций.
- **Привлекательность города:** Экологическое благополучие — ключевой фактор для удержания молодежи и специалистов в столице Татарстана.
- **Соответствие нацпроекту «Экологическое благополучие»:** К 2026 году предприятия обязаны переходить на наилучшие доступные технологии (НДТ).

Ограничения существующих моделей (Прототипы)

Традиционные скрубберы Вентури и циклоны базируются на инерционном осаждении. Однако при уменьшении размера частиц их масса становится недостаточной для преодоления сил вязкого трения газа, и они выносятся из аппарата. Использование существующих патентов на

электростатические осадители ограничено взрывопожароопасностью многих видов промышленной пыли.

В качестве прототипа нашего исследования взята модель комбинированного инерционно-вакуумного пылеуловителя, которая, однако, обладает высоким гидравлическим сопротивлением, что ведет к избыточным затратам электроэнергии на привод дымососов и вентиляторов.

Техническое описание предлагаемой инновации

Предлагаемое устройство реализует трехступенчатый принцип очистки:

1. **Зона акустической подготовки (Пре-коагуляция):** На входе в аппарат установлен блок высокочастотных акустических излучателей. Под действием звукового давления (уровнем 140–160 дБ) частицы пыли совершают колебательные движения. За счет эффектов гидродинамического взаимодействия и броуновского движения происходит столкновение мелких частиц и их «сварка» в крупные агломераты.

2. **Зона вихревой сепарации (Тангенциальный ввод):** Подготовленный поток с уже укрупненными частицами подается в цилиндрический корпус тангенциально. Создается устойчивый вихрь. Благодаря тому, что на этапе акустики масса частиц увеличилась в 5–10 раз, центробежная сила эффективно прижимает их к стенкам, где они теряют скорость и стекают в бункер.

3. **Зона тонкой очистки (Лабиринтный сепаратор):** В верхней части устройства установлен лабиринтный капле-пылеуловитель оригинальной конструкции. Он отсекает остаточные микрочастицы, которые не успели осесть в вихре. Лабиринтная структура спроектирована таким образом, чтобы минимизировать падение давления (турбулизацию) потока.

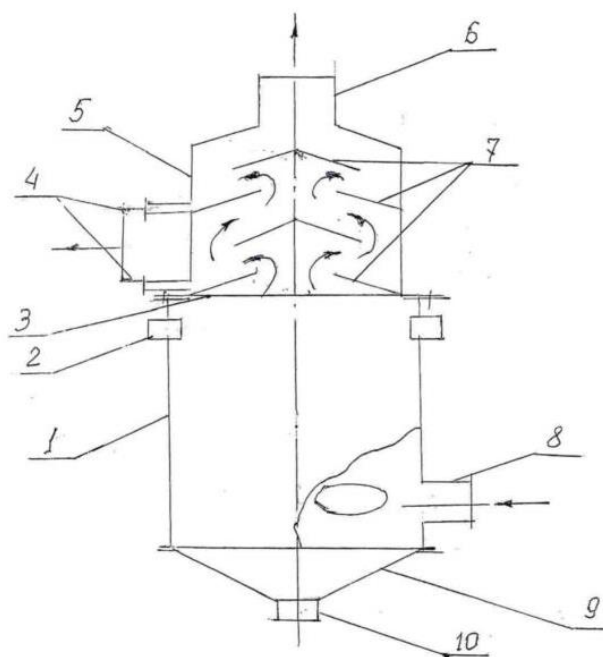


Рис. 1 – УСТРОЙСТВА ОЧИСТКИ ГАЗОВ ОТ ПЫЛИ:

1 — Корпус (вертикальный цилиндрический скруббер). 8 — Патрубок подвода воздуха (выполнен тангенциально для создания вихревого потока). 6 — Патрубок отвода очищенного воздуха (расположен в самой верхней части). 3 — Верхняя крышка (днище) корпуса. 9 — Нижнее днище (конической формы для сбора шлама). 10 — Промывной патрубок (расположен внизу для удаления осадка и крупных частиц).

Система орошения и акустической коагуляции: 2 — Сопло (форсунка орошения, работающая как акустический излучатель). 13 — Резонансная пластина (ключевой элемент, вибрирующий при попадании на него струи воды). 12 — Держатель для резонансной пластины. 11 — Регулировочная гайка (служит для настройки зазора Δ между соплом и пластиной для достижения резонанса). Узлы крепления и позиционирования: 14 — Фиксирующий паз на корпусе (задает правильный угол наклона форсунки). 15 — Посадочный выступ на сопле (входит в паз 14). 16 — Крепежная планка. 17 — Винт крепежный. Система каплеуловителя: 5 — Лабиринтный каплеуловитель (цилиндрическая насадка над скруббером). 7 — Лопasti лабиринта (конические перегородки, часть которых выполнена по спирали). 4 — Патрубки отвода жидкости (через них удаляется собранная влага с уловленной пылью).

Принцип работы:

Загрязненный воздух закручивается через патрубок 8. Форсунки 2 создают плоскую струю воды, которая ударяет о пластину 13. Это создает акустические волны, которые заставляют мелкие частицы пыли слипаться (коагулировать). Укрупненные частицы под действием центробежной силы прилипают к стенкам и смываются вниз, а оставшиеся капли отделяются в лабиринте 7 и выводятся через трубки 4.

Результаты и обсуждение энергоэффективности

Проведенные расчеты и моделирование показали, что интеграция акустического блока позволяет снизить требуемую скорость газа на входе с 20–25 м/с (как в обычных циклонах) до 12–15 м/с без потери качества очистки.

Это дает прямой экономический эффект:

- **Снижение аэродинамического сопротивления** на 20–25%.
- **Экономия электроэнергии** на работу тягодутьевых машин составляет до 15% в годовом исчислении.
- **Увеличение ресурса** оборудования за счет снижения абразивного износа стенок аппарата (так как скорости потока ниже).

Заключение

В данной работе предложена и обоснована модель инновационного газоочистного аппарата, объединяющая акустическое воздействие и оптимизированную геометрию потока. **Главным выводом исследования** является доказательство того, что предварительная акустическая коагуляция делает процесс очистки более **энергоэффективным**. Мы предлагаем модель, которая при меньших затратах энергии обеспечивает степень очистки, сопоставимую с дорогостоящими электрофильтрами, оставаясь при этом надежной и простой в обслуживании. Данное устройство рекомендуется к внедрению на предприятиях химической и машиностроительной отраслей.

Список использованной литературы

1. Патент РФ № 2025134668. Устройство для очистки воздуха от выбросов пыли / И.Х. Мингазетдинов, Б.Ф. Султанов. — 2026.
2. Справочник по пыле- и золоулавливанию / Под ред. А.А. Русанова. — М.: Энергоатомиздат, 1983.

Раздел 5. УТИЛИЗАЦИЯ И ПЕРЕРАБОТКА БЫТОВЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

УДК 691.32:666.972.16

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БЕТОНА, МОДИФИЦИРОВАННОГО КОМПЛЕКСНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ДОБАВКОЙ НА ОСНОВЕ СОЛЕВОГО ОТХОДА

Хотянович Оксана Евгеньевна, канд. техн. наук, доцент

Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, e-mail: okhotyanovich@belstu.by

Аннотация. В статье представлены результаты по разработке комплексной химической добавки на основе солевого отхода для бетона. Выполненные исследования позволили установить оптимальный состав комплексной химической добавки, механизм ее действия и изучить основные физико-механические свойства цементных композитов.

Ключевые слова: химическая добавка, суперпластификатор, ускоритель твердения, прочность, морозостойкость, бетон.

**STUDY OF THE PROPERTIES OF CONCRETE
MODIFIED WITH A COMPLEX CHEMICAL ADDITIVE
BASED ON SALT WASTE**

Khotyanovich O.E.

Belarusian State Technological University, Minsk, e-mail:

okhotyanovich@belstu.by

Annotation. The article presents the results of the development of a complex chemical additive based on salt waste for concrete. The performed studies made it possible to establish the optimal composition of a complex chemical additive, the mechanism of its action and to study the basic properties of cement composites.

Keywords: chemical additive, supersoftener, hardening accelerator, strength, frost resistance, concrete

Введение. В технологии бетона химические добавки являются таким же обязательным компонентом бетонной смеси, как вяжущее вещество, заполнители и вода. Использование добавок позволяет получить ощутимый технико-экономический эффект и повысить долговечность бетонных

конструкций как из сборного, так и монолитного бетона. Вводимые в небольших количествах – десятых и сотых долях процента от массы цемента – они существенно влияют на химические процессы гидратации и твердения цемента и бетона, обеспечивая повышение его технологических и улучшение комплекса физико-механических свойств.

Опыт применения модификаторов бетона свидетельствует о том, что наиболее перспективным является использование комплексных добавок, поскольку монодобавки могут оказывать не только положительное влияние на свойства цементных композитов, но и отрицательное, что снижает их эффективность. В связи с этим, для повышения эффективности применения монодобавок требуется введение компонентов, которые могли бы локализовать отрицательное действие однокомпонентных модификаторов или усилить желаемый эффект.

В связи с вышесказанным, целью настоящих исследований является разработка комплексной химической добавки, обеспечивающей пластифицирующий эффект без замедления сроков схватывания бетонных и растворных смесей и изучение физико-механических свойств модифицированных цементных композитов.

В составе комплексной добавки полифункционального действия использован сульфированный нафталинформальдегидный поликонденсат, являющийся эффективным суперпластификатором бетонных смесей и получивший широкое распространение в строительной практике. Однако, как показывает опыт, пластифицирующие добавки существенно замедляют сроки схватывания цементных композитов, в связи с чем большинство импортных полифункциональных модификаторов содержат ускоритель твердения либо специально подобранную смесь ускорителей. В работе для ускорения темпов набора прочности цементного камня использовали отход, образующийся в результате очистки технологического оборудования при производстве органического волокна на одном из предприятий Беларуси, который

представляет собой обезвоженную смесь карбоната и нитрита натрия (табл. 1) [1, 2]. Нитрит-карбонатный отход в настоящее время практического применения не имеет.

Таблица 1

Химический состав нитрит-карбонатного отхода

Наименование компонента	Содержание, мас. %
Карбонат натрия ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)	68–71
Нитрит натрия (NaNO_2)	28–31
Водонерастворимые соединения	менее 1

Для проведения испытаний были изготовлены образцы-кубы с размером ребра 70 мм из бетонной смеси следующего состава, кг/м³: цемент – 350, щебень – 1220, песок – 750 при водоцементном отношении 0,43. В качестве контрольного использовали образцы бетона без химических добавок. Химические добавки вводились в воду затворения бетонной смеси. При выполнении экспериментальных исследований использовали стандартные методы испытаний.

Задача получения высокоэффективных комплексных модификаторов заключается в рациональном использовании особенностей влияния отдельных компонентов добавки на гидратацию цементной системы с целью достижения многофункциональных эффектов. В связи с этим на первом этапе исследования изучали влияние монодобавок на предел прочности при сжатии цементно-песчаных образцов в разные сроки твердения.

Установлено, что с увеличением содержания сульфированного нафталинформальдегидного поликонденсата (без корректировки воды затворения) предел прочности при сжатии бетонных образцов в раннем возрасте уменьшается по отношению к контрольному образцу. Очевидно, это связано с тем, что молекулы поверхностно-активных веществ, содержащихся в суперпластификаторе, адсорбируясь на поверхности цементных частиц и

гидратных новообразований, «блокируют» их активные участки, замедляя начальные процессы гидратации и, как следствие, твердения цемента. Особенно это выражено у бетонных образцов суточного возраста твердения. Однако уже в более поздние сроки твердения наблюдается существенный рост прочности по сравнению с контрольным образцом, что согласуется с литературными источниками [2, 3]. Наибольший прирост механической прочности в возрасте 28 сут (15-20%) достигается при содержании сульфированного нафталинформальдегидного поликонденсата в количестве 0,5-1,0% по сравнению с контрольным образцом.

Результаты исследования, представленные в табл. 2, показали, что оптимальным количеством является содержание отхода производства органического волокна 0,1–0,5% от массы цемента, которое приводит к существенному росту прочности в начальные сроки твердения (1 сут) [1].

Таблица 2

**Зависимость предела прочности при сжатии бетонных образцов
от содержания ускорителя твердения**

Содержание нитрит- карбонатного отхода, % от массы цемента	Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте, сут		
	1	3	7
0 (контрольный)	13,5	16,9	22,3
0,1	20,1	23,1	33,7
0,5	16,2	21,3	31,1
1,0	15,6	17,3	20,7
1,5	14,9	15,6	14,8
2,0	14,9	15,1	15,0

Цемент является чрезвычайно сложной системой, на процессы гидратации и твердения в которой оказывают влияние химические добавки, вводимые даже в незначительных количествах. Известно, что добавки органического происхождения в большинстве своем не изменяют состава продуктов гидратации цементных минералов и влияют в основном на скорость кристаллизационных и конденсационных процессов и структуру гидратов, в то время как неорганические модификаторы влияют на изменение фазового состава продуктов гидратации цементного камня. Так, исследуя гидратацию

клинкерных минералов в присутствии солей, авторы [3, 4] отмечают, что при гидратации $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ и $\beta\text{-}2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ в водных растворах карбоната и нитрита натрия образуется гидросиликат кальция CSH (II), переходящий со временем в CSH (I). Причем, карбонат натрия в данном случае существенно ускоряет гидратацию белитовой фазы. Кроме того, в результате взаимодействия Na_2CO_3 с выделяющимся в результате гидратации алита $\text{Ca}(\text{OH})_2$, образуется карбонат кальция, который коагулирует поры цементного камня, что положительно сказывается на его физико-механических свойствах.

$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ и $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ в присутствии карбонатов и нитритов щелочных металлов гидратируются с образованием гидрокарбоалюмината кальция $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ и гидронитриалюмината кальция $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Ca}(\text{NO}_2)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Соли натрия и калия, при условии поступления в жидкую фазу гидроксида кальция, в результате реакции присоединения образуют наряду с основным продуктом и побочный – щелочь [3]. В результате указанных процессов происходит быстрое формирование первичного структурного каркаса, который заполняется образующимися гидросиликатами кальция, что приводит к его уплотнению и способствует повышению прочности бетона.

В более поздние сроки твердения (7 сут) разница между пределом прочности при сжатии бетонных образцов в присутствии нитрит-карбонатного отхода и контрольным (без добавки) значительно меньше, а в отдельных случаях прочность последнего выше. Очевидно, выделяющийся гидроксид натрия снижает скорость гидратации алита, что приводит замедленному темпу набора прочности в поздние сроки твердения [3].

На основании полученных результатов выбраны составы комплексной добавки, которые использовались для определения предела прочности при сжатии цементно-песчаных образцов. Результаты исследования представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Влияние комплексной химической добавки
на предел прочности при сжатии бетонных образцов**

№ п/п	Вид и содержание компонента добавки, % от массы цемента		Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте, сут			
	сульфированный нафталинформальдегидный поликонденсат	нитрит- карбонатный отход	1	3	7	28
1	Контрольный образец (без добавки)		13,5	16,9	22,3	28,5
2	0,5	0,1	25,8	31,6	34,3	30,6
3	0,5	0,3	28,1	36,5	43,3	36,3
4	0,5	0,5	30,5	38,2	51,9	42,1
5	1,0	0,1	22,0	28,5	42,0	30,1
6	1,0	0,3	23,7	29,8	43,6	37,1
7	1,0	0,5	25,0	30,3	44,6	39,8
8	1,5	0,1	20,9	33,6	39,6	39,4
9	1,5	0,3	25,3	34,5	40,3	42,5
10	1,5	0,5	28,8	40,4	50,8	50,2

Из приведенных результатов видно, что оптимальными составами являются № 4, 8–10, поскольку они обеспечивают значительный прирост прочности и в ранние сроки твердения, и в марочном возрасте по сравнению с контрольным образцом.

Оптимальные составы комплексных химических добавок использовались для изучения свойств цементного теста и камня: начала схватывания, морозостойкости и водопоглощения. Результаты исследования представлены в табл. 4.

Таблица 4

**Свойства цементного теста и камня,
содержащих комплексную химическую добавку**

Номер состава	Начало схватывания, мин	Водопоглощение, %	Морозостойкость, циклы
1	180	7,3	76
3	110	5,7	140
8	140	6,0	139
9	140	6,1	137
10	150	5,8	143

В результате выполненных исследований установлено, что начало схватывания цементного теста, содержащего пластификатор С-3, наступает

через 240 мин, что объясняется замедлением процессов гидратации и твердения цемента прежде всего вследствие экранирования его зерен адсорбционными слоями [3]. Разработанные комплексные добавки не только компенсируют нежелательный эффект – увеличение времени схватывания, но и значительно сокращают его (табл. 4). Так наименьшее значение начала схватывания цементного теста составляет 110 мин для состава № 3, однако оно в полной мере соответствует требованиям ГОСТ 31108 и СТБ EN 197.

Исследования показали, что структура цементно-песчаных образцов с комплексными добавками, формирующими первичный структурный каркас, характеризуется более высокими физико-механическими свойствами (предел прочности при сжатии в ранние сроки и марочном возрасте на 35–70% выше, чем у контрольного) и пониженной пористостью за счет образования труднорастворимых соединений, уплотняющих цементный камень. Так, водопоглощение, косвенно характеризующее пористость цементного камня, на 15–20% ниже контрольных образцов, что приводит к увеличению морозостойкости.

Выводы. На основании полученных экспериментальных данных установили, что оптимальный состав комплексной химической добавки включает 1,5% С-3 и 0,5% нитрит-карбонатного отхода производства органического волокна. Введение указанной добавки в состав смеси способствует увеличению предела прочности при сжатии в марочном возрасте на 35–70%, снижению водопоглощения на 15–20%, повышению морозостойкости на 60–70 циклов по сравнению с контрольным образцом. Кроме того, использование в составе комплексной добавки нитрит-карбонатного отхода позволит не только снизить стоимость продукта, но и решить важную экологическую проблему.

Список использованной литературы

1. Хотянович О.Е. Комплексная химическая добавка для бетона / О.Е. Хотянович // Труды БГТУ. Серия 2. – 2018. – №. 1. – С. 81-85.

2. Зоткин А.Г. Суперпластификаторы в бетоне / А.Г. Зоткин // Популярное бетоноведение. – 2009. – № 3. – С. 65-68.
3. Рамачандран В.С. Добавки в бетон / В.С. Рамачандран и др. – М.: Стройиздат, 1988. – 575 с.
4. Тараканов О.В. Комплексные добавки в производстве цементных растворов и бетонов / О.В. Тараканов, Т.В. Пронина, Е.О. Тараканова // Технологии бетонов. – 2008. – № 11. – С. 8–12.

УДК 628.477.6

УТИЛИЗАЦИЯ ШЛАМА ВОДОПОДГОТОВКИ

Суворов Илья Витальевич, аспирант, e-mail: suvorov_ilyav@mail.ru

*Ульрих Дмитрий Владимирович, доктор технических наук, доцент,
профессор*

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

dulrikh@lan.spbgasu.ru

Аннотация. *В статье рассмотрена возможность утилизации шлама водоподготовки, образующегося при эксплуатации станций обезжелезивания, путём его использования в составе многокомпонентной загрузки для очистки промывных вод от железа и марганца. Актуальность работы обусловлена с необходимостью сокращения объёмов промышленных отходов и вовлечения техногенных материалов во вторичное использование.*

Ключевые слова: *шлам водоподготовки, многокомпонентная загрузка, промывные воды, железо, марганец.*

UTILIZATION OF WATER TREATMENT SLUDGE

Suvorov I. V., Ulrikh D. V.

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

Annotation. *The article considers the possibility of utilizing water treatment sludge generated during the operation of iron removal plants by using it as a component of a multicomponent filter media for the treatment of backwash water from iron and manganese. The relevance of the study is associated with the need to reduce the volume of industrial waste and involve technogenic materials in secondary use.*

Keywords: *water treatment sludge, multicomponent filter media, backwash water, iron, manganese.*

Введение

Вопросы рационального обращения с промышленными отходами в настоящее время приобретают всё большее значение. Одним из таких отходов является шлам водоподготовки, образующийся на станциях обезжелезивания воды [2]. Традиционно подобные материалы рассматриваются как побочный продукт, требующий накопления, обезвоживания и утилизации. Однако такой подход не всегда является наиболее эффективным, поскольку часть подобных отходов по своему составу может представлять интерес как вторичное сырьё [4].

Шлам водоподготовки относится именно к таким материалам. Его состав и структура позволяют рассматривать его как компонент, пригодный для повторного использования в технологических целях [4]. Особенно перспективным является применение шлама в составе фильтрующих материалов для очистки промывных вод, которые также образуются в процессе эксплуатации станций водоподготовки [2]. В этом случае появляется возможность объединить решение двух задач: сократить объём отходов и одновременно повысить эффективность локальной очистки воды [4].

Одним из путей такого использования является создание многокомпонентной загрузки, в состав которой наряду со шламом входят природные и химически активные материалы. В рассматриваемом случае для этой цели выбраны торф и известь. Выбор данных компонентов обусловлен их

различной функциональной ролью: торф повышает сорбционную способность материала, шлам формирует минеральную основу и активную поверхность, а известь создаёт условия, благоприятные для извлечения соединений железа и марганца [3, 4].

Шлам водоподготовки как объект утилизации

Шлам водоподготовки (рис. 1) представляет собой техногенный материал минеральной природы, содержащий железосодержащие соединения и другие компоненты, характерные для продуктов очистки подземных вод [2, 4]. Благодаря этому он может рассматриваться не только как отход, но и как потенциально полезный материал для создания фильтрующих композиций [4]. В составе многокомпонентной загрузки шлам выполняет функцию минеральной основы, обеспечивает формирование активной поверхности и способствует более стабильным гидравлическим характеристикам слоя [4].



Рис. 1. Шлам водоподготовки

Такой подход важен именно с позиции утилизации отходов. В данном случае шлам не просто выводится из потока отходов, а получает новое прикладное назначение. Это позволяет рассматривать его как вторичное техногенное сырьё [4].

Обоснование выбора компонентов загрузки

Для создания многокомпонентной загрузки выбраны три материала: торф верховой фрезерный полевой, шлам водоподготовки из зоны приёма мокрого шлама и известь. Их выбор основан на предварительной оценке химических и эксплуатационных свойств [3, 4]. Критериями служили низкая

миграция нежелательных компонентов в водную среду, способность влиять на кислотно-щелочные условия и сочетание органической, минеральной и щёлочной составляющих в одной системе [4].

Торф в данной системе выполняет роль органического сорбционного компонента [3]. Шлам водоподготовки служит минеральной основой с развитой железоксидной поверхностью [4]. Известь используется как щёлочной модификатор, способствующий созданию условий для более эффективного удаления железа и марганца [1]. Таким образом, каждый компонент выполняет собственную функцию, а их совместное применение обеспечивает получение композиционного материала с необходимыми свойствами [3, 4].

Значение гранулирования многокомпонентной смеси

Одной из важных особенностей предложенного подхода является использование гранулированной формы загрузки. На лабораторном этапе установлено, что негранулированная смесь склонна к уплотнению и увеличению гидравлического сопротивления. По этой причине была применена грануляция. Гранулированная форма обеспечивает более устойчивую структуру слоя, снижает склонность к уплотнению и позволяет сохранить стабильный режим фильтрации [4].

Практическое значение использования многокомпонентной загрузки

Проведённые исследования и опытно-промышленные испытания подтвердили практическую применимость многокомпонентной загрузки для очистки промывных вод от железа и марганца [4]. Показано, что использование многокомпонентной гранулированной загрузки позволяет обеспечить высокую эффективность очистки и приемлемую гидравлическую устойчивость фильтра по сравнению со стандартными загрузками, применяемыми на станциях водоподготовки [2].

С точки зрения обращения с отходами наибольшую ценность представляет сам принцип решения: шлам водоподготовки используется не как отход, а как компонент фильтрующей загрузки [4]. Это соответствует современным подходам к ресурсосбережению и переработке промышленных отходов [1].

Выводы

Шлам водоподготовки может рассматриваться как перспективный объект утилизации за счёт его использования в составе многокомпонентной гранулированной загрузки для очистки промывных вод [4]. Совместное применение шлама, торфа и извести позволяет получить композиционный материал, в котором шлам выполняет функцию минеральной основы, торф усиливает сорбционные свойства, а известь регулирует химические условия процесса [1, 3, 4]. Гранулирование повышает устойчивость слоя и делает материал более пригодным для практического применения [4]. Таким образом, предложенный подход позволяет одновременно решать экологическую задачу сокращения объёмов отходов водоподготовки и технологическую задачу очистки промывных вод [2, 4].

Список использованной литературы

1. Суворов, И. В. Современные безреагентные и реагентные методы удаления железа из воды / И. В. Суворов, Д. В. Ульрих // Современные технологии в инженерных системах и городском хозяйстве: Сборник материалов Национальной (всероссийской) научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 18–22 марта 2024 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2024. – С. 251–262. – EDN GIUGUE.

2. Суворов, И. В. Особенности устройства и эксплуатации станций обезжелезивания воды / И. В. Суворов, Д. В. Ульрих // Современные технологии в инженерных системах и городском хозяйстве: Сборник материалов LXXVII Национальной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Актуальные проблемы современного строительства», Санкт-Петербург, 15–18 октября 2024 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2025. – С. 17–25.

3. Суворов И.В., Ульрих Д.В., Лонзингер Т.М., Шабалин В.В. Торф в очистке природных вод. Сравнительный анализ фильтрационных свойств различных типов торфа // Инновации и инвестиции. – 2025. – № 7. – С. 507–511.

4. Суворов И.В., Ульрих Д.В., Лонзингер Т.М., Шабалин В.В. Комплексная характеристика шлама водоподготовки: химический состав, морфология и фильтрационные свойства // Инновации и инвестиции. – 2025. – № 8. – С. 694–698.

УДК 666.942.2

ФОСФОГИПС КАК АЛЬТЕРНАТИВА ГИПСОВОМУ СЫРЬЮ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА

Колядко Олеся Леонидовна, соискатель

Мечай Александр Анатольевич канд. тех. наук

*УО «Белорусский государственный технологический университет», г.
Минск, e-mail: zuh_81@mail.ru.*

Аннотация. *Приведены результаты исследований портландцемента с использованием нейтрализованного фосфогипса. Определены физико-механические свойства (сроки схватывания, прочность в возрасте 2-х и 28- ми суток) которые не уступают портландцементу с природным гипсовым камнем.*

Ключевые слова: *фосфогипс, нейтрализация, портландцемент, прочность, сроки схватывания.*

PHOSPHOGYPSUM AS AN ALTERNATIVE TO GYPSUM RAW MATERIAL IN THE PRODUCTION OF PORTLAND CEMENT

Kolyadko O. L., Mechay A.A.

Belarusian State Technological University, Minsk

Abstract. *This article presents the results of studies of Portland cement using neutralized phosphogypsum. The physical and mechanical properties (setting time, strength at 2 and 28 days) are determined to be comparable to those of Portland cement with natural gypsum.*

Keywords: *phosphogypsum, neutralization, Portland cement, strength, setting time.*

Введение. Наиболее перспективной альтернативой гипсовому сырью является фосфогипс – побочный продукт производства фосфорной кислоты и минеральных удобрений, состоящий в основном из гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) с примесями кислых соединений. Это многотоннажный и весьма обременительный отход производства, хранящийся в отвалах и оказывающий негативное влияние на окружающую среду, которое проявляется в загрязнении атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, поэтому вопрос утилизации фосфогипса является весьма актуальным.

Перспективным направлением утилизации фосфогипса является возможность его применения в производстве портландцемента в качестве регулятора сроков схватывания. Многолетние исследования в этой области показывают необходимость предварительной подготовки фосфогипса ввиду присутствия в его составе примесей (HF , H_3PO_4), которые оказывают отрицательное влияние на свойства портландцемента, а именно необходимость нейтрализации кислых примесей отходами производства, окисковывания фосфогипса.

В работе приведены результаты исследований физико-механических свойств цемента с использованием в качестве регулятора сроков схватывания, нейтрализованного фосфогипса.

Основная часть. Для исследований изготовили три образца портландцемента с содержанием сульфатсодержащего компонента в пересчете на SO_3 : образец № 1 ($\text{SO}_3=2,6\%$) – контрольный, с добавкой природного гипса; образец № 2, №3 ($\text{SO}_3=2,6\%$, $1,8\%$) – с использованием нейтрализованного фосфогипса.

С целью приближения условий к заводским клинкер предварительно нагревался до 70°C . Изготовление образцов портландцемента проводилось в

лабораторной шаровой мельнице. Время помола цементов составило 1 час 25 мин. Тонкость помола определялась на приборе ПСХ-10 (SP). Составы образцов портландцемента, а также значения их удельной поверхности и остатка на сите № 008 приведены в таблице 1.

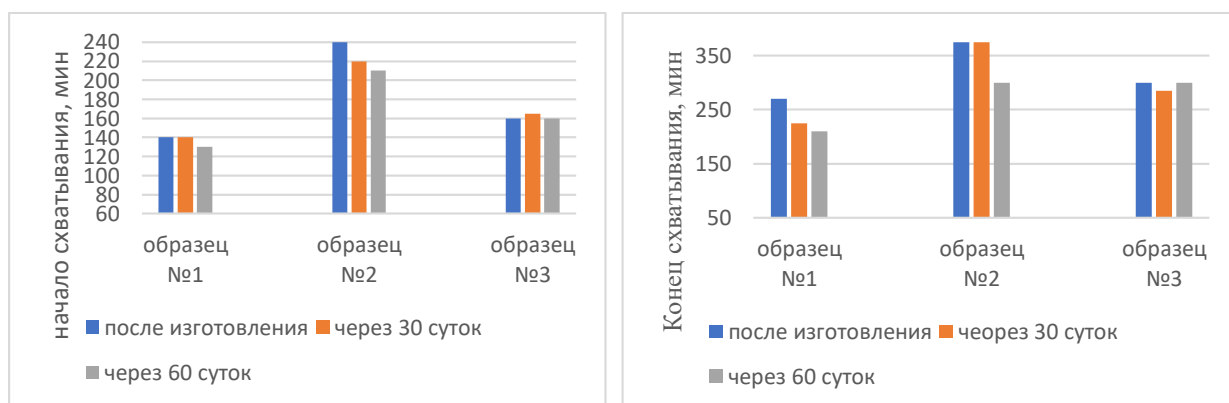
Таблица 1

Составы образцов портландцемента

	образец №1	образец №2	образец №3
Клинкер, %	94,24	89,41	92,67
Сульфатсодержащий компонент, %	5,76	10,59	7,33
Содержание SO ₃ , %	2,73	3,13	2,90
Удельная поверхность, см ² /г	3109	3323	3185
Остаток на сите №008, %	5,3	3,1	5,3

Исследования физико-механических свойств образцов цемента проводились три раза с интервалом в 1 месяц. Первое определение провели сразу после изготовления цементов, второе – через месяц после изготовления, третье – через два месяца после изготовления портландцементов.

Результаты исследований (Рис.1, 2)



а)

б)

Рис. 1. Сроки схватывания образцов цемента

а) начало схватывания, б) конец схватывания

Из полученных результатов видно, что в образцах цемента с нейтрализованным фосфогипсом замедляются сроки схватывания и также

незначительно снижаются прочностные показатели в возрасте 2-х и 28-ми суток.

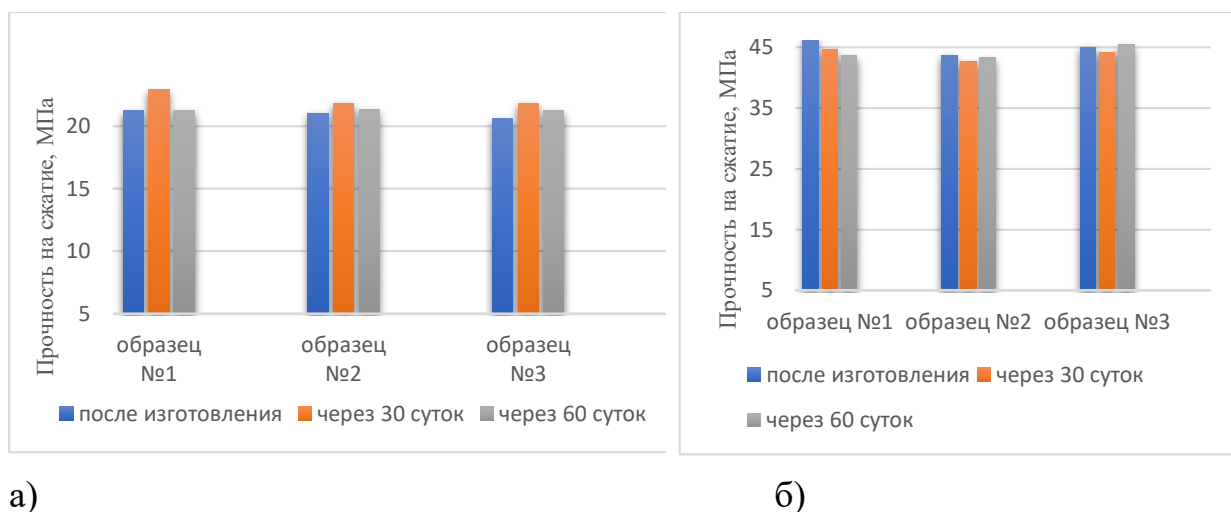


Рис. 2. Прочность на сжатие образцов цемента
а) в возрасте 2-х суток, б) в возрасте 28-ми суток

При первом исследовании прочность на сжатие контрольного образца в возрасте 28 суток выше, чем экспериментальных на 6,0 % и 3,2 % соответственно.

Дальнейший анализ показал, что прочность на сжатие контрольного образца №1 в 28-суточном возрасте снизилась на 3,9 % в течение первого месяца хранения и на 2,4 % во второй месяц. В то же время, прочность на сжатие экспериментальных образцов №2 и №3 портландцемента (также в 28-суточном возрасте) снизилась на 2,3 % и 1,8 % за первый месяц хранения, после чего наблюдалось ее повышение на 1,4% и 6,7% соответственно.

Время схватывания портландцемента, как контрольного образца №1, так и экспериментального образца №2, незначительно сокращается при длительном хранении. В то же время, сроки схватывания образца №3 остались неизменными.

Выводы.

Установлено, что портландцемент с использованием нейтрализованного фосфогипса по физико-механическим показателям (прочность на сжатие в 2-х

и 28-ми суточном возрасте, сроки схватывания) не уступает портландцементу, произведенному с использованием природного гипсового камня.

Список использованной литературы

1. Дворкин Л.И., Шестаков В.Л., Ищук А.А. Комплексное использование фосфогипса в производстве цемента//Экология и промышленность. – 2009. – № 2. – С. 35–40.
2. Иваницкий, В.В. Фосфогипс и его использование/ Иваницкий В.В. Классен П.В., Новиков А.А., Стонис С.Н., Эвенчик С.Д., Яковлева М.Е. – М.: Химия, 1990. -222 с.
3. Ильин, А.П. Проблемы и перспективы использования вторичных продуктов переработки природных фосфатов для получения строительных материалов/ А.П. Ильин [и др.] // Экология и строительство – 2016. – №4. – С. 21–29.
4. Недбаев, И. С. Обзор российского и мирового опыта решения экологических проблем производства, хранения, переработки и использования фосфогипса / И. С. Недбаев, Н. В. Цывкунова, Е. Ю. Елсукова // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14. — № 4.
5. Пулатов З.П., Искандарова М.И., Атабаев Ф.Б., Исаев Р.Д. Модифицированный фосфогипс – эффективный заменитель природного гипсового камня при производстве цемента//Состояние и перспективы инновационных разработок в области технологии неорганических веществ и химизации сельскохозяйственного производства: Материалы республиканской научно-технической конференции/г. Ташкент, (май 2013 г.). – Ташкент: Издательский центр ТХТИ, 2013. – С. 63–65.

УДК 628.477

ПЛАСТИКОВЫЙ ПАРАДОКС: ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Абдрашитов Талгат Рамилевич, студент

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

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

Аннотация: В статье рассматриваются основные причины кризиса переработки пластиковых отходов в мире, включая экономические, технологические и инфраструктурные барьеры. Анализируются типы

пластика с точки зрения возможности вторичной переработки. Рассмотрены современные технологии - механическая, химическая переработка, пиролиз и деполимеризация. Предлагается комплекс мер по переходу от линейной к циклической экономике в сфере обращения с пластиковыми отходами.

Ключевые слова: пластиковые отходы, вторичная переработка, химическая переработка, пиролиз, циклическая экономика, расширенная ответственность производителя.

THE PLASTIC PARADOX: CHALLENGES OF PLASTIC WASTE RECYCLING AND WAYS TO SOLVE THEM

Abdrashitov T. R., Osipova V. Yu.

Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Annotation. This article examines the main causes of the global plastic waste recycling crisis. The types of plastics are analyzed from the perspective of recyclability. Modern technologies - mechanical and chemical recycling, pyrolysis, and depolymerization - are considered. A set of measures is proposed to transition from a linear to a circular economy in the field of plastic waste management.

Keywords: plastic waste, recycling, chemical recycling, pyrolysis, circular economy, extended producer responsibility.

Введение. Каждую минуту в мир выбрасывается 1 миллион пластиковых бутылок. За год образуется более 400 миллионов тонн пластиковых отходов. По данным ООН, лишь 9% из них когда-либо подвергались вторичной переработке. Остальное отправляется на свалки, сжигается или попадает в океан [1].

Проблема не в отсутствии технологий, а в их экономической невыгодности и структурных сбоях системы. Производство первичного пластика зачастую оказывается выгоднее сбора и переработки вторсырья. Термопласты, такие как полиэтилентерефталат (PET) и полиэтилен высокой

плотности (HDPE), перерабатываются сравнительно легко, тогда как реактопласты и многослойные материалы практически не поддаются механической переработке - а именно они составляют значительную долю современной упаковки. Пробелы в законодательстве, а также отсутствие раздельного сбора и слабая инфраструктура замыкают этот порочный круг.

Таблица 1

Основные барьеры переработки пластиковых отходов

Барьер	Описание	Последствия
Экономический	Цена на нефть и газ низкая → первичный пластик дешевле вторичного гранулята	Переработка нерентабельна без субсидий
Технологический	Термопласты (PET, HDPE) перерабатываются легко, реактопласты и многослойные материалы - практически нет	60% упаковки не подлежит механической переработке
Загрязнение отходов	Остатки еды, этикетки, клей, смешанные фракции	Снижение качества конечного сырья
Отсутствие инфраструктуры	Нет раздельного сбора, сортировочных мощностей, рынков сбыта	Дешевле закопать, чем переработать
Химическая деградация	Полимер деградирует при каждом цикле переработки (усадка, потеря прочности)	Требуется добавление первичного сырья (downcycling)

Согласно данным Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП), при сохранении нынешних тенденций к 2050 году в мировом океане окажется больше пластика, чем рыбы по массе [2]. Наиболее опасной формой загрязнения является микропластик - частицы размером менее 5 мм, которые проникают в пищевые цепи и обнаруживаются в организмах человека, животных и даже в питьевой воде. Деградация пластика в природной среде длится от 20 до 500 лет в зависимости от типа полимера, тогда как жизненный цикл одноразового изделия нередко составляет несколько минут [3].

Перечисленные обстоятельства определяют проблему управления пластиковыми отходами как одну из приоритетных задач экологической и промышленной политики XXI века. Поиск эффективных решений требует анализа как технологических возможностей, так и экономических механизмов, и законодательных инструментов.

Классификация пластиков по возможности переработки

Маркировка на упаковке в виде треугольника из стрелок с числом внутри указывает не на возможность переработки, а исключительно на тип полимера. Реальная перерабатываемость определяется наличием соответствующей инфраструктуры и экономической целесообразностью. В таблице 2 приведена сводная характеристика основных типов пластика.

Таблица 2

Типы пластика и их перерабатываемость

№ п/п	Код	Тип пластика	Примеры	Перерабатываемость
1.	PET	Полиэтилентерефталат	Бутылки для воды, упаковка для салатов	Высокая (фиброволокно, новые бутылки)
2.	HDPE	Полиэтилен высокой плотности	Канистры, флаконы для шампуня	Высокая (трубы, ящики)
3.	PVC	Поливинилхлорид	Окна, игрушки, пленка для мяса	Низкая (выделяет токсины)
4.	LDPE	Полиэтилен низкой плотности	Пакеты, термоусадочная пленка	Средняя (после очистки)
5.	PP	Полипропилен	Контейнеры для еды, стаканчики	Средняя (автомобили, кашпо)
6.	PS	Полистирол	Лотки для мяса, одноразовая посуда	Низкая (хрупкий, мало рынка)
7.	Other	Смеси, биопластик, многослойная упаковка	Тетрапак, нейлон, компакт-диски	Крайне низкая (свалка/сжигание)

Наиболее востребованным в системе раздельного сбора остается полиэтилентерефталат: он составляет основу индустрии переработки напитков и упаковки. Полиэтилен высокой плотности широко применяется для производства труб и промышленной тары из вторичного сырья. Поливинилхлорид представляет наибольшую опасность при переработке: при нагреве он выделяет хлористый водород и диоксины, способные вывести из строя целую партию и оборудование.

Технологии вторичной переработки: от механической к химической

Традиционная механическая переработка - дробление, мойка и грануляция - экономически оправдана лишь для чистых однородных фракций. Каждый цикл термической переработки необратимо снижает молекулярную массу полимера, ухудшая его механические характеристики. Для повторного использования, загрязнённого или смешанного сырья нельзя применить механический рециклинг. Ведущие химические компании подчеркивают, что наиболее перспективны химические методы, деполимеризация, изомеризация и гидролиз, которые позволяют восстанавливать исходные мономеры и получать пластик, не уступающий первичному (таблица 3) [4].

Таблица 3

Сравнение методов переработки пластиковых отходов

Метод	Что делает	Достоинства	Недостатки
Механический	Плавка и переформовка	Дешево, низкий углеродный след	Дегградация полимера, требования к чистоте
Химический (сольволиз)	Растворение в селективных растворителях	Очистка от красителей, примесей	Дорого, малые масштабы
Пиролиз	Нагрев без кислорода до 400–500°C → пиролизное масло	Перерабатывает пленки, много слойные упаковки	Высокое энергопотребление, выбросы
Деполимеризация (PET)	Разложение до мономеров (ТФК + ЭГ)	Бесконечный цикл (как новый пластик)	Требует чистого сырья

Особого внимания заслуживает ферментативный гидролиз - технология компании Carbios (Франция), в которой инженерные ферменты расщепляют PET до мономеров за 16 часов. Полученные терефталевая кислота и этиленгликоль по чистоте не уступают нефтехимическим аналогам и могут быть повторно полимеризованы в пластик пищевого качества. В 2023–2024 годах компания запустила первый промышленный завод, подтвердив жизнеспособность технологии в масштабе [5].

Комплекс мер по повышению уровня переработки пластика

Переход от 9% к целевому показателю 70% переработки требует применения системного подхода для достижения поставленных целей.

- Экономические и законодательные решения. Механизм расширенной ответственности производителя (РОП) обязывает изготовителей упаковки финансировать её сбор и переработку. Депозитно-залоговая система, действующая в Германии и Норвегии, обеспечивает возврат более 94% PET-тары. Запреты на наиболее проблемные одноразовые изделия, введенные Европейским союзом с 2021 года, существенно сократили объём не поддающегося переработке мусора.

- Технологические инновации. Применение технологий промышленного пиролиза и сольволиза позволяют перерабатывать загрязнённые многослойные материалы, недоступные для механических линий [6]. Развитие ферментативного гидролиза PET открывает перспективу бесконечного цикла для самого распространённого вида пластиковой упаковки.

- Дизайн для переработки (Design for Recycling). Упаковка, изначально непригодная для вторичной переработки, никогда не попадёт в цикл вне зависимости от усилий потребителей. Ключевые принципы: переход на мономатериалы, отказ от тёмных красителей, применение съёмных клеев для этикеток, исключение многослойных комбинаций пластик - алюминий - бумага.

Выводы. Кризис переработки пластика является не технологическим, а системным: несовершенство экономических стимулов и инфраструктурные пробелы, которые блокируют применение уже существующих решений. Проблема не имеет единственного решения - необходима комбинация законодательных запретов, экономических механизмов (РОП), депозитные системы, налоговые льготы для вторсырья), технологических инвестиций (химическая переработка, ферментативный гидролиз) и требований к дизайну упаковки.

Пластик как материал незаменим в медицине, транспорте и строительстве - полный отказ от него невозможен. Цель состоит не в ликвидации пластика, а в переходе от линейной модели «произвели -

использовали - выбросили» к циклической, при которой каждое изделие после окончания службы возвращается в производственный цикл. Именно этот переход является ключевым условием устойчивого управления ресурсами и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Список используемой литературы

1. United Nations Environment Programme. Turning off the Tap: How the World Can End Plastic Pollution and Create a Circular Economy. – Nairobi: UNEP, 2023. – 192 p.
2. Geyer R., Jambeck J.R., Law K.L. Production, use, and fate of all plastics ever made // Science Advances. – 2017. – Vol. 3, № 7. – e1700782.
3. Ellen MacArthur Foundation. The New Plastics Economy: Rethinking the Future of Plastics. – Cowes: EMF, 2016. – 120 p.
4. Vollmer I. et al. Beyond Mechanical Recycling: Giving New Life to Plastic Waste // Angewandte Chemie International Edition. – 2020. – Vol. 59, № 36. – P. 15402–15423.
5. Tournier V. et al. An engineered PET depolymerase to break down and recycle plastic bottles // Nature. – 2020. – Vol. 580. – P. 216–219.
6. Барышева О. Б., Садыков Р. А., Хабибуллин Ю. Х., Таймаров М. А., Высокоотем пературная переработка твердых бытовых отходов / Барышева О. Б., Садыков Р. А., Хабибуллин Ю. Х., Таймаров М. А. // Известия КГАСУ. – 2019. – № 2 (48). – С. 307–313.

Раздел 6. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ЗАДАЧИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ, ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ И ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

УДК 378.147:504.06

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ 3D-ТРЕНАЖЁРА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Родионова Арина Владимировна, магистрант,

Бекмамедов Санджар Марсович, магистрант

*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический
университет», г. Казань: e-mail: bekmamedof90@mail.ru*

Гумеров Тимофей Юрьевич, д-р техн. наук, профессор

Аннотация. В статье рассматриваются возможности междисциплинарного применения программно-аппаратного комплекса 3D-тренажёра «Стол Пирогова» в подготовке специалистов экологической безопасности в строительстве. Показано, что при изучении дисциплин «Токсикология» и «Медико-биологические основы безопасности» тренажёр позволяет визуализировать последствия воздействия вредных веществ на организм, моделировать динамику отравлений в аварийных ситуациях и обосновывать выбор средств индивидуальной защиты. На примере четырёх типовых строительных сценариев продемонстрирован потенциал тренажёра как инструмента формирования профессиональных компетенций в области экологической безопасности.

Ключевые слова: междисциплинарное обучение, 3D-тренажёр, экологическая безопасность, токсикология, медико-биологические основы, строительство.

POSSIBILITIES OF USING A 3D SIMULATOR FOR ASSESSING ENVIRONMENTAL SAFETY IN CONSTRUCTION

Rodionova A.V.¹, Bekmamedov S. M.¹, Gumerov T. Yu.²

¹Kazan National Research Technological University, Kazan

²Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Abstract. This article examines the possibilities of interdisciplinary application of the Pirogov Table 3D simulator in training environmental safety specialists in construction. It is shown that when studying the disciplines of Toxicology and Medico-biological Bases of Safety, the simulator allows visualizing the effects of harmful substances on the body, modeling the dynamics of poisoning

in emergency situations, and justifying the choice of personal protective equipment. Using four typical construction scenarios, the simulator's potential as a tool for developing professional competencies in the field of environmental safety is demonstrated.

Keywords: interdisciplinary learning, 3D simulator, environmental safety, toxicology, medico-biological bases, construction.

Введение. Одной из ключевых задач современного экологического образования является преодоление дисциплинарных барьеров. Инженер-эколог должен понимать не только физико-химические процессы загрязнения окружающей среды, но и медико-биологические последствия этого загрязнения для человека, особенно в строительной отрасли. В учебном плане направления 20.03.01 «Техносферная безопасность» (профиль «Инженерная защита окружающей среды») присутствуют дисциплины «Токсикология» и «Медико-биологические основы безопасности». Однако их преподавание часто носит преимущественно теоретический характер: студенты изучают предельно допустимые концентрации (ПДК), пороговые дозы, симптомы отравлений, но не видят динамики поражения организма во времени и не могут связать конкретные инженерные решения с их последствиями и методами защиты.

В медицинском образовании уже несколько лет успешно применяется программно-аппаратный комплекс «Стол Пирогова» – интерактивный 3D-тренажёр, позволяющий визуализировать анатомию человека и моделировать физиологические процессы [1]. Представляет интерес использование технических возможностей тренажёра для задач экологической безопасности в строительстве.

Цель работы – обосновать педагогическую целесообразность применения 3D-тренажёра «Стол Пирогова» при изучении дисциплин «Токсикология» и «Медико-биологические основы безопасности» для

студентов-экологов строительного ВУЗа. Для достижения цели сформулированы следующие задачи: Выявить токсиканты, характерные для строительной отрасли, и определить возможности их визуализации на тренажёре; разработать сценарий использования тренажёра для обоснованного выбора средств индивидуальной защиты; показать возможность моделирования отсроченных последствий хронических отравлений.

Гипотеза исследования: применение 3D-тренажёра в образовательном процессе позволит сформировать у студентов более устойчивые и осознанные компетенции в области оценки токсикологических рисков по сравнению с традиционным обучением, основанным на статичных таблицах и текстовых описаниях.

1. Исходное предназначение тренажёра и потенциал его адаптации

«Стол Пирогова» представляет собой сенсорный стол с 3D-визуализацией, позволяющий изучать анатомию человека на любом уровне сечения. В медицинском образовании тренажёр решает задачу, аналогичную той, что стоит перед экологическим образованием: превращение невидимого (внутреннее строение) в видимое и осязаемое [1]. Для экологической безопасности в строительстве интерес представляет токсикологическая составляющая на уровне моделирования:

- проникновение токсиканта в организм (ингаляционно, перорально, кожно-резорбтивно);
- распределение по органам и системам с учётом тропности (избирательного накопления в печени, почках, лёгких);
- динамику симптомов во времени (от лёгкого недомогания до комы и летального исхода);
- отдалённые последствия (хронический гепатит, нефропатия, онкологические риски).

Тренажёр может быть трансформирован из средства изучения нормальной анатомии в средство изучения патологической физиологии при токсическом воздействии, а это прямая задача дисциплин «Токсикология» и «Медико-биологические основы безопасности».

2. Возможности тренажёра при изучении токсикологии строительных материалов

Строительные технологии характеризуются воздействием специфических токсикантов: формальдегид (термоизоляция, клеи), стирол (композитные материалы), оксиды азота (работа ДВС), цементная пыль (фиброгенное действие), тяжёлые металлы (сварка, пайка) [2]. Традиционное обучение ограничивается таблицами ПДК и перечнями симптомов.

Тренажёр позволяет перейти от статичных таблиц к динамическому моделированию. Например, при изучении темы «Формальдегид» студенты могут наблюдать на экране:

- поступление молекул формальдегида через дыхательные пути;
- связывание с белками слизистой оболочки носа и трахеи (что объясняет першение и кашель);
- абсорбцию части дозы в кровь и метаболизм в печени с образованием муравьиной кислоты (системное токсическое действие);
- формирование токсического гепатита при хроническом воздействии (визуализация изменения цвета и структуры печени).

Аналогичным образом может быть смоделировано воздействие цементной пыли (фиброз лёгких), стирола (нейротоксический эффект) и свинца (ингибирование синтеза гема). Ключевое педагогическое преимущество: студенты не просто запоминают факты, а видят причинно-следственные связи между уровнем воздействия, временем экспозиции и поражением конкретных органов. Визуализация токсикологических эффектов – лишь первый шаг. Для формирования полноценной компетенции необходимо соединить эти знания с инженерными решениями.

3. Интеграция тренажёра с инженерными решениями

Наиболее ценной представляется возможность интеграции токсикологического модуля с инженерными решениями, изучаемыми в рамках дисциплин «Экологическая безопасность в строительстве» и «Промышленная экология» [3]. Сценарий использования тренажёра:

Студент получает задачу: на строительной площадке происходит напыление пенополиуретановой теплоизоляции при температуре $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (вместо нормативных $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$). Из-за нарушения температурного режима реакция полимеризации не завершается, и в воздух выделяется свободный формальдегид. Студент должен выбрать средства индивидуальной защиты для рабочих и определить допустимое время работы.

Традиционное решение: студент находит в справочнике ПДК формальдегида ($0,5\text{ мг/м}^3$ для воздуха рабочей зоны), определяет класс опасности (второй) и выбирает респиратор с фильтром класса А (коричневая маркировка). Это формально правильно, но абстрактно.

Решение с использованием тренажёра: студент загружает сценарий, задаёт параметры (температура, скорость ветра, тип грунта, расстояние до жилой застройки). Тренажёр рассчитывает концентрацию формальдегида во времени и пространстве. Затем студент «надевает» на виртуального рабочего разные типы респираторов и наблюдает разницу:

1. Респиратор «лепесток» (защита только от пыли) – виртуальный рабочий через 45 минут жалуется на жжение в глазах, через 2 часа – на тошноту и слабость;

2. Респиратор с фильтром класса А – виртуальный рабочий остаётся здоровым.

Разница между абстрактным знанием («надо использовать фильтр А») и сформированным убеждением («я видел, что происходит при использовании неправильного фильтра») принципиальна для профессиональной подготовки. Тренажёр обеспечивает эмоциональное подкрепление правильного решения,

что повышает вероятность его применения в реальной стрессовой ситуации [4].

Помимо детально описанного сценария с выбросом формальдегида, тренажёр позволяет моделировать следующие типовые ситуации, характерные для строительной отрасли:

1. Разлив дизельного топлива (объём 150 л, песчаный грунт). Студент наблюдает миграцию нефтепродуктов в грунте, достижение грунтовых вод через 14 суток и рассчитывает экологический ущерб (1,2 млн руб.). На экране тренажёра визуализируется пятно загрязнения, его глубина и концентрация в разных слоях почвы.

2. Пожар на складе лакокрасочных материалов (200 кг материалов, помещение без вентиляции). Студент видит зону задымления, токсичные продукты горения (формальдегид, фенол, стирол) и зоны поражения людей. На основе моделирования выбирает правильный тип огнетушителя (порошковый, а не водяной).

3. Слив бетонного остатка в водоохранной зоне (150 л бетонного молока, рН 12,5, расстояние до реки 50 м). Тренажёр показывает миграцию щелочного загрязнения к водному объекту, повышение рН воды с 7,2 до 9,5 через 7 суток и гибель гидробионтов. Студент учится обосновывать необходимость нейтрализации и рекультивации.

Каждый из этих сценариев сопровождается визуализацией последствий для виртуальных рабочих (симптомы отравления, степень поражения органов) и расчётом экологического ущерба. Это позволяет студенту не только освоить алгоритм действий, но и понять цену ошибки в конкретных цифрах и наблюдаемых состояниях.

Все описанные сценарии касаются острых отравлений. Однако не менее важна для будущего инженера-эколога способность прогнозировать хронические эффекты.

5. Моделирование отсроченных последствий как педагогическая задача

Особая ценность тренажёра для экологического образования заключается в способности моделировать отсроченные последствия, а именно то, что невозможно показать в реальном учебном процессе из-за длительности протекания процессов.

В дисциплине «Токсикология» изучаются хронические эффекты: кумуляция (накопление токсиканта), сенсibilизация (повышенная чувствительность при повторных воздействиях), канцерогенез (отсрочка в 10–20 лет) [2]. Студенты часто с трудом воспринимают эти понятия, поскольку они не имеют наглядного воплощения.

Тренажёр позволяет «сжать» время. При моделировании хронического воздействия формальдегида (8 часов в день, 5 дней в неделю, 2 года) студенты видят последовательную смену состояний:

- 1 месяц – сухость в носу, периодический кашель;
- 6 месяцев – стойкое раздражение слизистой, частые респираторные инфекции;
- 1 год – нарушение обоняния, лабораторные признаки токсического гепатита;
- 2 года – фиброзные изменения в лёгких, снижение функции печени на 30 %.

Абстрактное понятие «хроническое отравление» превращается в последовательность наблюдаемых состояний. Это особенно важно для студентов строительных специальностей, которым предстоит принимать решения о допустимости технологий с учётом долгосрочных рисков для здоровья персонала и населения [5].

Выводы. Проведённый анализ подтверждает выдвинутую гипотезу и позволяет сформулировать следующие выводы о возможностях применения 3D-тренажёра «Стол Пирогова» для оценки экологической безопасности в строительстве.

1. Педагогическая целесообразность. Применение тренажёра в дисциплинах «Токсикология» и «Медико-биологические основы безопасности» позволяет преодолеть ключевое противоречие экологического образования: необходимость изучения динамических процессов (отравление, кумуляция, канцерогенез) с использованием статических средств (таблицы ПДК, текстовые описания).

2. Визуализация как фактор усвоения. Тренажёр обеспечивает наглядность причинно-следственных связей между уровнем воздействия токсиканта, временем экспозиции и поражением конкретных органов, что соответствует принципам проблемно-ориентированного и контекстного обучения.

3. Формирование профессиональных компетенций. Сценарий выбора средств индивидуальной защиты на тренажёре формирует у студента не абстрактное знание, а убеждение, подкреплённое визуальным опытом. Это повышает вероятность правильных действий в реальной стрессовой ситуации.

4. Уникальное педагогическое преимущество. Способность тренажёра «сжимать» время (моделирование двухлетнего хронического воздействия за несколько минут) не имеет аналогов среди традиционных средств обучения и позволяет сформировать у студентов адекватное представление о долгосрочных профессиональных рисках.

5. Многообразие сценариев. Четыре типовых сценария (разлив топлива, пожар на складе ЛКМ, выброс формальдегида, слив бетонного молока) охватывают основные виды аварийных ситуаций в строительстве и позволяют формировать комплексные компетенции в области экологической безопасности.

6. Перспективы дальнейших исследований. Дальнейшие работы должны быть направлены на эмпирическую оценку педагогической эффективности и разработку методических рекомендаций для преподавателей по интеграции тренажёра в учебный процесс.

Список использованной литературы

1. Абдулина, Е. Р. Иммерсивные технологии как компонент формирования профессиональных компетенций, обучающихся по программе «Промышленная и пожарная безопасность» / Е. Р. Абдулина // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2024. – № 4(103). – С. 187-195. – DOI 10.37493/2307-907X.2024.4.20.
2. Израэль, Ю. А. Антропогенная экология океана / Ю. А. Израэль, А. В. Цыбань; Ю. А. Израэль, А. В. Цыбань. – Москва: Флинта, 2009. – 529 с. – ISBN 978-5-9765-0879-8.
3. Аверьянов, С. Ф. Управление водным режимом мелиорируемых сельскохозяйственных земель: Монография / С. Ф. Аверьянов; Ответственный редактор: Никольский Ю.Н. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2015. – 542 с. – ISBN 978-5-9675-1097-7.
4. Кузнецова, И. Н. Методы прогнозирования метеорологических условий, влияющих на загрязнение приземного воздуха / И. Н. Кузнецова, Ю. В. Ткачева, Д. В. Борисов // Метеорология и гидрология. – 2024. – № 8. – С. 87-103. – DOI 10.52002/0130-2906-2024-8-87-103.
5. Ильина, В. Н. Использование объектов экологического каркаса Самарской области в биоэкологическом образовании учащихся / В. Н. Ильина // Поволжский педагогический вестник. – 2020. – Т. 8, № 3(28). – С. 96-100.

Раздел 7. ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ: ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

УДК 621.865.8:620.9

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ: МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ

Абдуллаева Айнура Аскарровна, магистр фил. наук, сеньор лектор

Бастарбек Айнура студент,

Давлетжан Диас студент,

Алматинский технологический университет, г. Алматы, Республика

Казахстан, e-mail: ainurbastarbek@icloud.com

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные методы повышения энергоэффективности промышленных роботизированных систем. Проведён анализ основных источников энергопотерь в робототехнических комплексах. Рассмотрены программные и аппаратные подходы к снижению энергопотребления. Показана перспективность применения интеллектуальных систем управления для оптимизации энергобаланса производства.

Ключевые слова: промышленный робот, энергоэффективность, ресурсосбережение, энергопотребление, оптимизация траектории, управление приводами.

ENERGY EFFICIENCY OF INDUSTRIAL ROBOTS: METHODS FOR REDUCING ENERGY CONSUMPTION IN MANUFACTURING SYSTEMS

Abdullaeva A.A., Bastarbek A., Davletzhan D.,

Almaty Technological University, Almaty, Republic of Kazakhstan,

e-mail: ainurbastarbek@icloud.com

Annotation. This article examines current methods for improving the energy efficiency of industrial robotic systems. The main sources of energy losses in robotic complexes are analysed. Software and hardware approaches to reducing energy consumption are reviewed. The potential of intelligent control systems for optimising the energy balance of manufacturing is demonstrated.

Keywords: industrial robot, energy efficiency, resource conservation, energy consumption, trajectory optimisation, drive control.

Введение

Промышленная робототехника является одним из ключевых инструментов современного производства. По данным Международной

федерации робототехники, к 2025 году в мире эксплуатировалось более 3,5 миллиона промышленных роботов [1]. Однако расширение парка робототехнического оборудования сопровождается значительным ростом потребления электрической энергии. Согласно оценкам специалистов, энергозатраты на эксплуатацию промышленных роботов составляют от 8 до 15% от общего энергобаланса производственных предприятий [2].

Проблема энергоэффективности приобретает особую актуальность в контексте глобального курса на устойчивое развитие и снижение углеродного следа промышленности. Республика Казахстан, активно развивающая обрабатывающую промышленность и внедряющая автоматизированные производственные системы, также заинтересована в поиске и применении энергосберегающих технологий в робототехнике.

Целью статьи является анализ основных методов снижения энергопотребления промышленных роботов и оценка перспектив их применения в современном производстве.

1. Источники энергопотерь в промышленных роботизированных системах.

Энергопотребление промышленного робота складывается из нескольких составляющих: энергия, затрачиваемая непосредственно на выполнение рабочих операций (полезная работа), потери в электроприводах и механических передачах, а также потребление вспомогательных систем — охлаждения, управления, датчиков и освещения рабочей зоны.

Исследования показывают, что на долю полезной механической работы приходится не более 20–30% от суммарно потреблённой энергии [3]. Значительная часть потерь связана с работой приводных систем в режимах холостого хода и ожидания, что особенно характерно для производств с неравномерной загрузкой оборудования.

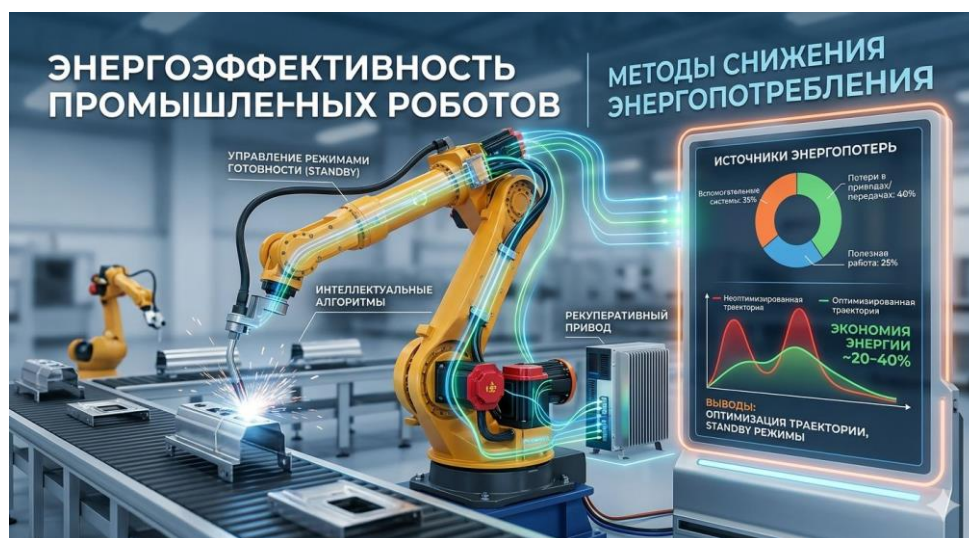


Рис.1. Энергоэффективность промышленных роботов

2. Программные методы повышения энергоэффективности.

Одним из наиболее доступных подходов к снижению энергопотребления является оптимизация траектории движения рабочих органов робота. Выбор траектории, обеспечивающей минимальные ускорения и плавное изменение скорости, позволяет существенно уменьшить пиковые нагрузки на приводы и, следовательно, сократить потребление энергии [4].

Другим эффективным программным методом является управление режимами готовности (standby). Внедрение алгоритмов автоматического перевода робота в режим пониженного потребления при отсутствии рабочего задания позволяет сократить энергозатраты в периоды простоя на 30–50% [2].

Выводы. Анализ современных методов повышения энергоэффективности промышленных роботов показывает наличие значительного потенциала для снижения энергопотребления в производственных системах. Программные методы — оптимизация траектории, управление режимами готовности и интеллектуальные алгоритмы управления — в совокупности с аппаратными решениями (рекуперативные приводы, высокоэффективные двигатели) обеспечивают снижение потребления электроэнергии на 20-40%.

Для предприятий Казахстана, реализующих программы индустриальной модернизации, внедрение энергоэффективных робототехнических систем представляет не только экономический, но и экологический интерес, способствуя снижению углеродного следа производства и выполнению национальных обязательств в области устойчивого развития.

Дальнейшие исследования планируется посвятить разработке алгоритма адаптивного управления энергопотреблением для роботизированного комплекса учебной лаборатории Алматинского технологического университета.

Список использованной литературы

1. International Federation of Robotics. World Robotics Report 2024. – Frankfurt: IFR, 2024. – 104 p.
2. Carabin G., Wehrle E., Vidoni R. A Review on Energy-Saving Optimization Methods for Robotic and Automatic Systems / G. Carabin, E. Wehrle, R. Vidoni // Robotics. – 2017. – Vol. 6, No. 4. – P. 39.
3. Pellicciari M., Berselli G., Leali F., Vergnano A. A method for reducing the energy consumption of pick-and-place industrial robots / M. Pellicciari [et al.] // Mechatronics. – 2013. – Vol. 23, No. 3. – PP. 326–334.
4. Vergnano A., Thorstensson C., Lennartson B. et al. Modeling and optimization of energy consumption in cooperative multi-robot systems / A. Vergnano [et al.] // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. – 2012. – Vol. 9, No. 2. – PP. 423–428.
5. Лукьяненко М.В., Сорокин Д.И. Энергосберегающие технологии в промышленной робототехнике / М.В. Лукьяненко, Д.И. Сорокин // Вестник машиностроения. – 2022. – №5. – С. 44–50.

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

Международной научно-практической конференции

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

г. Казань, 17 апреля 2026 г.

Тексты материалов конференции печатаются в авторской редакции

Электронное издание

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

420043, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1.