приоритет2030^
лидерами становятся

УФИМСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО ДЛЯ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ТЕХНОГЕННЫМ УГРОЗАМ И РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ (ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ-2026)

SCIENCE, EDUCATION, PRODUCTION FOR COUNTERACTION TECNOGENIC THREATS AND SOLUTION ENVIRONMENTAL PROBLEMS (TECHNOSPHERE SAFETY-2026)

XXIII Международная научно-практическая конференция

XXIII International scientific-and-practical conference

The Ministry of Science and High Education of Russian Federation
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Ufa University of Science and Technology
Public Council under the National Committee for Emergencies of the Republic of Bashkortostan

SCIENCE, EDUCATION, PRODUCTION FOR COUNTERACTION TECNOGENIC THREATS AND SOLUTION ENVIRONMENTAL PROBLEMS (TECHNOSPHERE SAFETY-2026)

XXIII International scientific-and-practical conference

Ufa, May 15th, 2026

Scientific electronic publication of network access

Ufa
Ufa University
2026

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уфимский университет науки и технологий»
Общественный совет при Государственном комитете
Республики Башкортостан по чрезвычайным ситуациям

НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО ДЛЯ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ТЕХНОГЕННЫМ УГРОЗАМ И РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ (ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ-2026)

Материалы
XXIII Международной научно-практической конференции

(г. Уфа, 15 мая 2026 г.)

Научное электронное издание сетевого доступа

Уфа
Уфимский университет
2026

УДК 502/504+658.382.3
ББК 20.18+30н
Н34

Публикуется по решению кафедры безопасности производства и промышленной экологии УУНиТ. Протокол № 10 от 14.05.2026 г.

Редакционная коллегия:

д-р мед. наук, профессор ***А. В. Ахмадеев*** *(отв. редактор);*
канд. биол. наук, доцент ***Г. Ф. Габидуллина****;*
канд. геогр. наук, доцент ***А. Н. Елизарьев****;*
канд. хим. наук, доцент ***Н. В. Кострюкова****;*
канд. техн. наук, доцент ***Э. С. Насырова***

Н34 **Наука, образование, производство для противодействия техногенным угрозам и решения экологических проблем (Техносферная безопасность-2026):** материалы XXIII Международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию кафедры безопасности производства и промышленной экологии УАИ, УГАТУ, УУНиТ (г. Уфа, 15 мая 2026 г.) / отв. ред. А. В. Ахмадеев [Электронный ресурс] / Уфимск. ун-т науки и технологий. – Уфа: Уфимский университет, 2026. – 1101 с. – URL: https://uust.ru/media/documents/digital-publications/2026/216.pdf – Загл. с титула экрана.
ISBN 978-5-7477-6464-4

Сборник научных трудов продолжает традицию публикаций по проблемам обеспечения безопасности и решения экологических проблем. В статьях рассматриваются как техногенные угрозы, так и экологические опасности. В 2026 году конференция посвящена 40-летию кафедры безопасности производства и промышленной экологии Уфимского университета науки и технологий, которая является инициатором и организатором этой конференции. Традиционно конференция служит местом встречи ученых различных школ и направлений, способствуя обмену передовым опытом и установлению научных связей.

Предназначен для научных и практических работников в области безопасности, преподавателей, аспирантов и студентов.

УДК 502/504+658.382.3
ББК 20.18+30н

ISBN 978-5-7477-6464-4
© Уфимский университет, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. ТЕХНОГЕННЫЕ УГРОЗЫ
1.1. ТЕХНОГЕННЫЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

ШЕЛГАНОВА М.А., НИКОЛАЙКИН Н.И.
Киберболезнь как новая опасность в гражданской авиации 17
КОЧЕТОВА Ж.Ю., ШИШКИН А.В.
Ветровой перенос частиц с объектов техногенных катастроф: подходы к защите прилегающих территорий 24
СИБИРКО В.И., МАЛЁМИНА Е.Н., ФИРСОВ А.Г.
Статистический анализ чрезвычайных ситуаций и их последствий на водном транспорте, зафиксированных на территории России в 2022-2025 гг. 32
ШАЙХУЛЛИНА Р.Р., КОСТРЮКОВА Д.В., КОСТРЮКОВА Н.В.
Прогнозирование и ликвидация последствий взрыва сахарной пыли (на примере упаковочного цеха) 40
СТАРКОВ Е.Ю., РУДНЕВА А.Р., БОЛДИН А.С.
К вопросу об укачивании и его последствиях для гражданской авиации 45
ВИНОГРАДОВА О.Н., СМИРНОВ Д.А.
Экологическая катастрофа в Керченском проливе: последствия и долгий путь к восстановлению черноморского побережья 51
СОШИНА Н.Л., ЖМЫХОВ Э.А.
Обеспечение безопасности труда пожарных в условиях воздействия поражающих факторов техногенных чрезвычайных ситуаций 57
ВИНОГРАДОВА О.Н., ИВАНОВ К.А.
Нормативно-правовое регулирование защиты и предупреждения техногенных чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации 65
ВОРФОЛОМЕЕВ Н.В., ЛОГОШ К.М.
О некоторых аспектах человеческого фактора в гражданской авиации.. 70
НОВИЧИХИНА В.В., ЖУРАВЛЕВА О.О.
Техногенные чрезвычайные ситуации 76
КИРИЛЕНКО В.А.
Чернобыль 1986. Причины катастрофы, структура ущерба и ликвидация последствий 84

1.2 ТЕХНОГЕННЫЕ УГРОЗЫ ПРИРОДНЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

ФИРСОВ А.Г., ЗАГУМЕННОВА М.В., НАДТОЧИЙ О.В.
Актуальные вопросы предупреждения и ликвидации последствий опасных геофизических природных явлений 92

ЕЛИЗАРЬЕВ А.Н., ФЕДОСОВ В.А., НИГАМАЕВ Э.Д.
Исследование факторов уязвимости минерально-сырьевого комплекса Республики Башкортостан 99
САВИЧ Д.В., СЕРГЕЕВА В.В.
Природно-техногенные катастрофы в Амурской области: причины, последствия и меры их предотвращения..... 104
ПОЛЬШИКОВ А.А.
Факторы, определяющие эффективность управления силами и средствами при тушении ландшафтных пожаров на региональном уровне..... 111

1.3 ПРОМЫШЛЕННАЯ И ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

БЕЛЬКОВА Т.А., ПЕРМИНОВ В.А.
Математическое моделирование распространения лесного пожара через разрыв для различных расстояний от очага возгорания 119
СОКОЛИК Г.А., СВИРЩЕВСКИЙ С.Ф., ЛЕЙНОВА С.Л.
Оценка изменения токсической опасности листов из гипсокартона при нанесении на их поверхность финишных покрытий..... 125
СИПИЛИНА А.А., ШАТАЛОВ К.И., ШУШПАНОВ А.Н.
Термическое разложение азокрасителя «Алый» 134
НАЗАРГУЛОВ Р.Р., ТЕРПИГОРЕВА И.В.
Анализ и оценка условий труда на рабочем месте электрогазосварщика 140
ПРЕОБРАЖЕНСКАЯ Е.С., МАТЮШИН Ю.А., ФИРСОВ А.Г.
Мониторинг пожарной опасности объектов защиты, граничащих с лесными массивами и подверженных угрозе лесных пожаров в летний пожароопасный период 2022-2025 гг. 145
МЗОКОВА Е.А., ЛУГОВСКОЙ Р.Д.
Промышленная и пожарная безопасность при строительстве ГЭС и АЭС 152
КАЮМОВА К.И., БОНДАРЬ К.Е.
Обеспечение безопасных условий труда при проведении сварочных ремонтных работ на технологических установках нефтеперерабатывающего завода 159
АРСЕНЕВ Н.А., ПОПОВ К.Ф., ХАЙРУЛЛИНА Л.Б.
Анализ обеспечения безопасности работников нефтеперерабатывающего предприятия..... 166
ИСРАФИЛОВ Н.В., АБДУЛЛИН Н.А.
Промышленная и экологическая безопасность нефтегазового строительства: системные противоречия и необходимые сдвиги..... 170
ВАШУТИНА К.В., ШАПОВАЛОВА Е.А.
Анализ риска аварийных ситуаций при утилизации ртути..... 177

МАКАРОВА А.Д., КУСОВА И.В.
Оценка профессиональных рисков оператора АЗС 181
БОЧКАРЕВ А.П., БОВИНА Ю.А., ЗАВЬЯЛОВ Г.В.
Биологические опасности на производстве и методы их оценки 187
ВИНОГРАДОВА О.Н., ЛАПШИНА А.М.
Анализ оперативной обстановки по пожарам в Ленинградской области 195
ХАСАНОВА К.Р., ТЕРПИГОРЕВА И.В.
Обеспечение безопасных условий труда на рабочем месте фризерщика в пищевой промышленности 201
РЕЙМЕР В.В., ИБРАГИМОВА Н.И.
Анализ методов мониторинга состояния опор линий электропередачи в криолитозоне 207
АХМЕРОВ В.В.
Экономический ущерб в методиках оценки пожарного риска 214
УТАРБАЕВА Д.С., ПОПОВА Е.В.
Проблемы аварийности, коррозия и повышение безопасности магистральных газопроводов 220
ГАЛЛЯМОВА Э.Л., ЗАМАНОВА Н.А.
Обеспечение безопасных условий труда на рабочем месте литейщика пластмасс нефтехимической промышленности 227
БАЙГУТЛИНА Д.Х., БАГАУТДИНОВА Г.Г.
Производственный травматизм в металлургии: риски для слесаря по сборке металлоконструкций и способы их снижения 233
МАНАБАЕВ К.К., ПАВЛОВ М.С., ХОЛОДНАЯ Г.Е.
Экспертиза аварий промышленных объектов: лазерное сканирование и инженерный анализ 239
ЛЕВЧЕНКО Ю.М., НУРУТДИНОВ А.А.
Обеспечение безопасных условий труда на рабочем месте машиниста компрессорных установок нефтехимического предприятия 245
СЕРЫЙ С.В., ВЕНДИНА Т.Н., ЖЕГУЛИНА М.А.
Организация производственного экологического контроля как инструмент обеспечения промышленной безопасности на предприятии по переработке отходов животного происхождения 252
АНТОНЮК А.Б., АХМЕРОВ В.В.
Оценка взрывоопасности хранения нефти и нефтепродуктов в резервуарах из стали и базальтопластика 257
ШАЛЫГИНА С.С., БУЛГАКОВА Е.В.
Сравнительный анализ надежности систем взрывозащиты объектов газораспределения при возникновении нестационарных газодинамических режимов 264
УЧАЕВА Г.В., МАЛЫШЕВА Е.М.
Динамика пожаров на транспортных средствах в России 273

СУНЯЙКИН И.С., НУРУТДИНОВ А.А.
Обеспечение безопасных условий труда на рабочем месте бурильщика нефтегазодобывающего предприятия..... 281
СМИРНОВА Е.А., МОТОВИЛОВА М.В.
Разработка и апробация алгоритмической модели выявления скрытых рисков на кислородоазотодобывающих установках..... 288
КУРМЫШОВ В.Ю.
Перспективы разработки методики балльно-факторной оценки для опасных производственных объектов подземных хранилищ газа..... 297
МИРОНОВ А.К.
Влияние высокотемпературного воздействия водорода (НТНА) на надежность оборудования через коэффициент повреждения..... 302
АРАБАДЖИ К.В.
Анализ зарубежного опыта обеспечения безопасности резервуаров в условиях Арктики и его применение в Ямало-Ненецком автономном округе..... 308
БЕЛЬФОРТ А.К.
Интеллектуальные средства индивидуальной защиты как элемент промышленной безопасности..... 312
ПАЩЕНКО И.А., МОРОЗЮК В.А.
Анализ эволюционного развития технологий в сфере пожарной безопасности: от первобытных инструментов оповещения к интеллектуальным системам..... 319
ПЕТУХОВА М.А.
Оценка вероятности аварии на опасных производственных объектах при истончении стенок оборудования..... 327
ФЕДОРЕНКО К.М.
Исследование влияния человеческого фактора на уровень травматизма при проведении работ на высоте..... 332
ФЕДОРЕНКО К.М.
Роль применения матричного метода в оценке профессиональных рисков при проведении работ в электроустановках..... 339

1.4 ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В ЧС

МАЛОФЕЕВ Р.Е., ЕЛИЗАРЬЕВ А.Н., БЫКОВ Т.Ф.
Разработка концепции интеллектуальной системы сброса давления для предотвращения эффекта BLEVE..... 348
ДЕНИСОВ С.В., БОРИСОВА О.Н.
Практическая реализация систем радиосвязи при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций..... 354

БЕЛЯЕВА З.А., ФИЛИППОВА Ф.М.
Обеспечение безопасности жизнедеятельности при эксплуатации цифровых энергетических систем..... 362
ХОМЯКОВА В.С., ЛЫХИНА П.Н., МАКАРОВА А.Д.
Перспективы обеспечения эффективного оповещения и информирования населения о чрезвычайных ситуациях в условиях цифровой трансформации..... 370
ЛАТЫПОВА Г.М., АВВАКУМОВА Н.Ю.
Использование искусственного интеллекта для мониторинга и прогнозирования зон чрезвычайных ситуаций в техносфере..... 378
МАЙОРОВ А.Д., ШЕНДРИКОВА А.О.
Методика оценки результативности мероприятий по защите от орнитологической угрозы..... 384
БУРДЕНКО С.И., ШПАКОВСКАЯ А.В.
Ресурсоэффективность технических средств защиты населения в ЧС.... 392

1.5 ИНФОРМАЦИОННАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
НИКОЛАЙКИН И.А., СЕЛЕЗНЁВ В.М.
Применение дашборда для отслеживания состояния метрик кибербезопасности..... 398
БОЯРОВ Е.Н., ШИТОВ Э.Н.
Обеспечение информационной безопасности технологических процессов в условиях внедрения промышленного IOT..... 407
САМОЙЛОВА Л.К.
Механизм обеспечения финансовой безопасности экономических субъектов в условиях нестабильности..... 415
НУРИСЛАМОВА А.Р., ПАНТЕЛЬКИНА А.С., ЗАМАНОВА Н.А.
Информационная и экономическая безопасность: проблемы конвергенции и пути интегративного управления рисками 423
ФИЛАТОВА Н.С., ИВАНОВ А.Н.
Инновационные экономические механизмы в управлении экологическими и техногенными рисками..... 431
КУЗЬМИНА А.В., САИДОВА К.Б., ГАЛКИНА М.И.
Технико-технологическая безопасность в системе экономической безопасности оборонно-промышленного предприятия..... 436
НИКОЛАЙКИНА Е.А., ПОЛУНИН Н.О.
Применение больших языковых моделей для автоматической генерации резюме инцидентов в центрах мониторинга безопасности 444

СЕКЦИЯ 2. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
2.1 МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ДАНИЛОВ А.Д., НИКОЛАЙКИН Н.И., ЕРШОВА В.А.
Характерные выбросы машиностроительного предприятия авиационного профиля 453
ГЕРАСИМОВА А.И., ЯНГУРАЗОВА З.А.
Техносферная нагрузка среды обитания 459
ВАРИВОДОВА Я.Е., ЧЕРНЫШЕВА Н.В.
Использование мониторинговых исследований для оценки экологического состояния агролесомелиоративных насаждений 468
ТИХОНОВА А.Ф., НИКОЛАЙКИН Н.И.
Анализ экологического воздействия аэропорта и предложения по его снижению 474
ГЕРАСИМОВА А.И., ЯНГУРАЗОВА З.А.
Экологическая реабилитация среды обитания 480
КОЛЕСНИКОВА И.П., СМОЛЕНЦЕВ В.М., НОВАК А.Д.
Состояние агролесомелиоративных насаждений АО «Воронцовское» Динского района Краснодарского края 488
ЯКУПОВА Э.Р., КУЗНЕЦОВА В.Д., КОСТРЮКОВА Н.В.
Оценка воздействия горно-обогатительного комбината на окружающую среду 496
ЗВЕРЕВА Е.Ю., ИШКИНИНА О.И.
Оптимизация затрат на экологический мониторинг с использованием автоматизации 502
БИЛАЛОВ И.А., БОНДАРЬ К. Е.
Оценка влияния Уфимского НПЗ на атмосферный воздух города Уфы. 508
САЙФИЕВ Р.Р.
Оценка состояния атмосферного воздуха методом лихеноиндикации на площадках регионального мониторинга в Ямало-Ненецком автономном округе 513
АХИЯРОВ И.И., НАСЫРОВА Э.С.
Анализ загрязнения почв нефтепродуктами в 2022-2024 гг. 519
СЛОБОЖАНИНА Е.А.
Мониторинг техногенных частиц в поверхностных отложениях селитебной территории (на примере города Курган) 524
КИРИЛЛОВА К.А., ЕЛИЗАРЬЕВА Е.Н.
Оценка влияния продуктов разложения традиционных захоронений на качество почв и грунтовых вод 533
КУЛАКОВА Е.С., САФАРОВ А.М.
Система оперативного разновысотного мониторинга атмосферного воздуха жилых кварталов города 539

ГАФУРОВА А.Р., НАСЫРОВА Э.С.
Анализ загрязнения донных отложений нефтепродуктами 546
УДАВЦОВА Е.Ю., БОБРИНЕВ Е. В., КОНДАШОВ А.А.
Загрязнение воздуха и почвы 552
ГАФУРОВА А.Р., НАФИКОВА Э.В.
Пространственный анализ разливов нефти и нефтепродуктов на территории республики Башкортостан с использованием геоинформационных систем 558
САЙФИЕВ Р.Р.
Мониторинг состояния почв методом биоиндикации с использованием беспозвоночных педобионтов на примере Яро-Яхинского месторождения 563
КУЗНЕЦОВА В.Д., ЯКУПОВА Э.Р., КОСТРЮКОВА Н.В.
Оценка воздействия металлургического предприятия на окружающую среду 570
УТКИН К.Л., УТКИНА О.Н.
Интегрированный подход к мониторингу качества водных объектов на основе нейросетевой сегментации и пространственной кластеризации . 576
КАЮМОВА К. И., БОНДАРЬ К.Е.
Оценка воздействия нефтеперекачивающей станции «Черкассы-ПП» на окружающую природную среду 581
ПОПОВ М.С., ШАКИРОВ Ф.М.
Мониторинг вариабельности внутрироссийских авиарейсов 587
СКУРАТОВА П.Н., МУСИНА С.А.
Биоиндикация качества вод малых рек Республики Башкортостан методом Пантле-Букка в условиях высокой пестицидной нагрузки 594
НУРИХАНОВ В.Д., МАЛЫШЕВА Е.М.
Выявление перспективных направлений в области газоанализа методами библиометрического анализа 602
ПАШУТИНА А.И., КУСОВА И.В.
Экологические последствия применения противогололедных реагентов 608
СТЕПАНОВА Д.В., ЕЛИЗАРЬЕВА Е.Н.
Современное состояние проблемы загрязнения окружающей среды горнодобывающей промышленностью 616
АЛЕКСАНДРОВ Д.В., САФОНОВА А.И.
Интеллектуальные системы мониторинга и прогнозирования самовосстановления деградированных земель на основе данных БПЛА и методов машинного обучения 622
ХАСАНОВА Л.Н., МУСИНА С.А.
Применение CBMRA для оценки риска смесей пестицидов в водной среде 630

КИРЯНИНА В.А., ЯЦЕНКО Н.В.
Комплексный мониторинг при рекультивации нефтезагрязненных участков ХМАО 638
ЖДАНОВА М.А.
Водоросли и цианопрокариоты как биондикаторы техногенного воздействия на водные экосистемы Республики Башкортостан 647
МИТРЯЙКИНА А.М., ХОВРАХ Е.Ю.
Организация мониторинга состояния геологической среды в пределах Колик-Еганского нефтяного месторождения (ХМАО-Югра) 652
МАНСУРОВА В.Р.
Анализ деятельности машиностроительного предприятия как источника загрязнения окружающей среды (на примере УАП «Гидравлика») 657

2.2 РАЦИОНАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДНЫМИ РЕСУРСАМИ

АБДУНАЗАРОВ Ф.А., АБДУНАЗАРОВ А.А.
Глубокий химический анализ основных оросительных вод Наманганской области. 665
ЛОБАНОВ И.Е., ТКАЧЕНКО Е.А., ШУМЕЙКО А.М.
Теоретическое исследование течений и теплообмена в каналах с полукруглыми турбулизаторами для теплообменников авиационной и ракетно-космической техники при течении теплоносителя на ламинарных, переходных и турбулентых режимах для рационального использования тепловой энергии 670
ЗИННАТУЛЛИНА Д.Х., СМИРНОВ И.А., МУСИНА С.А.
Аудит опасных факторов при интеграции грузовых БПЛА в системы пожаротушения высотных зданий 680
ДАНИЛОВ А.Д., ЕРШОВА В.А.
Методы очистки воздуха от выбросов электролитических процессов.... 685
ТАГИРОВ И.Ф., ТЕРПИГОРЕВА И.В.
Обоснование выбора технологии рекультивации полигона ТКО на примере объекта в с. Чекмагуш (Республика Башкортостан) 692
КОЧЕТКОВА В.С., ОРЛОВА А.А., ШАБАНОВА А.В.
Идентификация значимых экологических аспектов производства керамических санитарно-технических изделий 699
КОРНЕЕВА Г.Ф., ГАБИДУЛЛИНА Г.Ф.
Реализация Минэкологии Республики Башкортостан плана мероприятий за 2021-2025 гг. 703
ПАУКОВА Ю.С., КИРИЛЬЧУК И.О., ПАУКОВА Я.С.
Культурно-историческое и хозяйственно-бытовое значение родников Курской области..... 709

МАЛЫГИНА А.С.
Оценка воздействия полигонов твёрдых коммунальных отходов (ТКО) на подземные воды и разработка рекомендаций по снижению риска загрязнения 715
СОВРИКОВА Е.М.
Инвентаризация земель как механизм экологического мониторинга сельскохозяйственных угодий..... 725
СОЛОВЬЕВ А.А.
К вопросу об извлечении гидроминерального сырья из попутно добываемых вод нефтегазовых месторождений 731
МАКСЮТОВ А.М., ИЗБЕРГЕНОВА Г.К., ТАРАКАНОВ Дм.А.
Анализ современного состояния Аральского моря..... 736
ЭЛЬМАН К.А., СРЫБНИК М.А.
Рациональное управление природными ресурсами в вопросе экологии разработки нефтяных и газовых месторождений..... 741
ЮМАДИЛОВА Д. Р.
Методика и аспекты проведения экологической экспертизы биотехнологических препаратов для очистки сточных вод промышленных предприятий 746
ЧЕРНЫХ Д.М., ДОРОНКИНА И.Г.
Проблемы рационального природопользования: современные вызовы и механизмы решения 755
ПРОКОФЬЕВА Ю.Р., ХРОМОВА Д.В.
Рациональное управление водными ресурсами на предприятии: проблемы и пути повышения эффективности 764
СТАРОСТИНА К.И., АГУРЕЕВА Ю.В.
Вектор изменения экологических характеристик при использовании композитных материалов в конструкции воздушных судов..... 773
ЧЕРКАСОВ А.С., ШАРАФУТДИНОВ А.А., СТЕЛЬМАХ В.Е.
Международная гражданская авиация на пути отказа от ископаемого топлива..... 779
КИРЯНИНА В.А., ЯЦЕНКО Н.В.
Экосистемные услуги арктического региона: методические подходы и результаты оценки (на примере Мурманской области) 786

2.3 ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ ЛЮДЕЙ

ДЕМИН А.П.
Влияние загрязнения окружающей природной среды на заболеваемость детей в бассейне р. Волги..... 793

АБДУНАЗАРОВ Ф.А., АБДУНАЗАРОВ А.А.
Спектрофотометрическое определение количества железа (III) в составе шпината 800
ПУРЯЕВ Р.А., ПУРЯЕВ А.С.
Воздействие окружающей среды на здоровье людей 807
КОНДАШОВ А.А., УДАВЦОВА, Е.Ю., БОБРИНЕВ Е.В.
Воздействие шума и вибрации на человека 817
АБЗАЛИЛОВА Я.Р., КУСОВА И.В.
Обеспечение безопасных условий труда на рабочем месте аппаратчика нефтеперерабатывающего завода 823
БОБРИНЕВ Е.В., КОНДАШОВ А.А., УДАВЦОВА Е.Ю.
Повреждение здоровья от воздействия ионизирующего излучения 830
ИБЯТУЛИНА А.А., ШАКИРОВ Ф.М.
Исследование свойств среды учебных аудиторий Самарского университета 835
РЯБОВА Ю.В., ДЮДЬБИН О.В., КУДОЯРОВ Э.Р.
Комбинированное воздействие микропластика и полихлорированных бифенилов как фактор экологического риска для здоровья 842
ГАЙДУК Т.Д., МУХАМЕТШИНА Р.М.
Химическая трансформация загрязняющих веществ в придорожных экосистемах под воздействием автотранспортных выбросов 848
ЖЕГУЛИНА М.А., СЕРЫЙ С.В., ВЕНДИНА Т.Н.
Влияние химического состава питьевой воды на формирование рисков для здоровья населения Белгородской области 854
КАРИМОВ Д.Д., КУДОЯРОВ Э.Р., МУХАММАДИЕВА Г.Ф., КАРИМОВ Д.О., БАКИРОВ А.Б.
Исследование биологического возраста работников химического предприятия. 860
МАТВЕЕВ И.П., ШАКИРОВ Ф.М.
Исследование шумозащитных свойств комбинированных перегородок для обеспечения безопасных условий жизнедеятельности 867
БАРАНОВ Г.А., ЗОТИН В.В.
Влияние загрязнения окружающей среды на здоровье населения и роль физической культуры как метода профилактики 871
ЖУРАВЛЕВА О.О., НОВИЧИХИНА В.В.
Ресурсосберегающие технологии как инструмент снижения экологических рисков для здоровья 877
РОМАНЧУК Д.И., СУХОМЛИНОВА А.Г.
Оценка воздействия предприятия по переработке зерна на состояние атмосферного воздуха и здоровье населения 886

2.4 ЗЕЛЕНАЯ ХИМИЯ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

БЕЛЬЦОВ М.А., БЕБНЕВ М.В., СНУРНИЦЫНА В.А.
Зеленая химия и ресурсосберегающие технологии 894
БОРИСОВА О.Н., ДЕНИСОВ С.В.
Ресурсосберегающие технологии в управлении многоквартирными домами: снижение экологического ущерба 898
ДРАБКОВА Т.В., ХОЛИКОВА С.Д., ИСАНОВА Р.Р.
Ресурсосберегающая переработка тяжёлых смолистых отходов пиролиза в амфотерные ионообменные сорбенты 904
СНУРНИЦЫНА В.А., ТИТОВА Д.И., ЛАКТИОНОВА А.А.
Фармакология и ресурсосберегающие технологии 911
САЙГАФАРОВ Д.Р., КАЛЬСИН Н.А.
Статистический анализ динамики оборотного водоснабжения 919
ТИНЬГАЕВА А.В., ЧАЙКИНА Я.И.
Установление оптимальных режимов магнитной обработки для повышения эффективности промысловой подготовки нефти 927
ЦИЛИМОВА В.Ф., ГОЛУБ С.В.
Лишайниковые кислоты как регуляторы накопления ионов калия в фотосинтезирующей массе AVENA SATIVA 933
ЕРМАКОВА А.С., ОРЛОВА А.А.
Принципы зелёной химии и ресурсосберегающие технологии: российские примеры..... 941

2.5 МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА И ВОДЫ

ЧЕРНЫХ Д.М., ДОРОНКИНА И.Г.
Эволюция очистки: от фронтовых методов к современным технологиям 947
АБДУТАЛИПОВА Н.М., ЯКОВЕНКО А.Д., ШОМАНСУРОВ Ш.Ш.
Сорбционное извлечение ионов меди (II) из водных сред с использованием поликонденсационных амфолитов на основе фурановых производных..... 955
АИТКУЛОВА А.И., НАСЫРОВА Э.С.
Анализ динамики производства полимеров и водоотведения образующихся сточных вод..... 960
БОРИСОВА О.Н., СМИРНОВА М.В.
Современные методы очистки воды и воздуха от техногенных загрязнений..... 967
ЮСУПОВА А.А., ОСИПОВА В.Ю.
Природные фильтры и биоремедиация для очистки воды и воздуха 975
ДРОБОТ Е.С., НЕДИНА М.А.
Фотокаталитический метод очистки воды и воздуха на основе диоксида титана (TIO_2)..... 979

АЛЕКСАНДРОВ Д.В., ПОПОВ С.С.
Экологические последствия аварий танкеров и современные технологии снижения риска разливов 986
КРЮКОВ Н.А., АМОСОВ А.П.
Допирование оксида цинка (ZnO) металлами для повышения его фотокаталитической активности в разложении вредных загрязнений сточных вод 993

2.6 УТИЛИЗАЦИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ И КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

КИРИЛЬЧУК И. О., АСЕЕВА А. В.
Экологический кризис «малых капилляров» Земли: проблема загрязнения русел малых рек и родников промышленными и коммунальными отходами 1001
АЛАШОВ М.А., НАСЫРОВ Н.Н., ПЕРЕЖОГИН Д.Ю.
Выбросы электрохимического производства и установок 1007
АЛЕКСЕЕВА К.Р., ЯНГИРОВА З.З.
Экологические аспекты пиролиза шин: влияние процессов на окружающую среду и утилизация побочных продуктов 1014
ГУРШЕВА К.А., ОСИПОВА В.Ю.
Проблемы переработки пластиковых отходов и пути их решения 1019
АЛЕКСАНДРОВ Д.В., РОСТОВЩИКОВА А.Э.
Современные подходы к обращению с нефтесорбентами при ликвидации разливов нефти и перспективы их механической регенерации 1025
ХАЙРУЛЛИНА Л.Б., ЯКУБОВСКИЙ Ю.Е.
Модифицированные технологии изготовления композиционных материалов на основе вторичных полимеров 1032
МЫШКИН К.Е., КАЛЬСИН Н.А.
Определение приоритетов механической переработки древесных отходов на основе анализа производственной статистики 1037
ГУТАРОВ Г.А., СЕРГЕЕВ А.В.
Утилизация и комплексная переработка коммунальных отходов на основе упреждающих технологий 1042
ВЕНДИН Д.Н., ХОВРАХ Е.Ю.
Анализ системы утилизации твердых коммунальных отходов и перспективы рекультивации полигонов в Белгородской области 1048

СЕКЦИЯ 3. ESG-ТРАНСФОРМАЦИЯ КОМПАНИЙ РАЗЛИЧНЫХ СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ В УСЛОВИЯХ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

КОЛЕСЕНКОВ А.Н.
Разработка комплексного индекса ESG-устойчивости промышленных предприятий к климатическим и техногенным рискам 1054
БАКИРОВА Р.Р.
Статистический анализ ESG-рэнкингов как инструмент оценки готовности компаний к раскрытию техногенных и природных рисков .. 1062
ЛАТФУЛЛИНА Г.Э., УРАЗБАХТИНА Л.Р.
Стратегическая устойчивость энергетических компаний в условиях ESG-трансформации: механизмы адаптации к природным и техногенным рискам 1071
УРАЗБАЕВА В.Р., КАЛЬСИН Н.А.
ESG-трансформация кредитного портфеля в сфере электромобильности 1079
УСОВ Е.С., СТРЕЛЬЦОВА Я.А.
ESG-трансформация массовых мероприятий: экологические, социальные и управленческие аспекты 1085
КИРЯНИНА В.А., МАРЬЯСИН Д.А., ЯЦЕНКО Н.В.
Рынки углеродных и природных единиц: сравнительный анализ механизмов, проблем и перспектив в России 1093

СЕКЦИЯ 1. ТЕХНОГЕННЫЕ УГРОЗЫ
1.1. ТЕХНОГЕННЫЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

УДК 351.814.2:612.886:004.946:159.9.961

Шелганова М.А., Николайкин Н.И.
Московский государственный технический университет гражданской авиации, г. Москва, Российская Федерация
e-mail: mariashelganova@gmail.com

КИБЕРБОЛЕЗНЬ КАК НОВАЯ ОПАСНОСТЬ В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Аннотация. Проанализированы уникальная динамика проявления сенсорного конфликта в гражданской авиации, факторы возникновения киберболезни и ее влияние на пользователей технологий виртуальной реальности. Описаны потенциальные методы борьбы с негативными симптомами киберболезни, оценка ее интенсивности и методы прогнозирования.
Ключевые слова: киберболезнь, сенсорный конфликт, виртуальная реальность, авиация, турбулентность, биосигналы.

Shelganova M.A., Nikolaykin N.I.
Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russian Federation

CYBERSICKNESS AS A NEW RISK IN CIVIL AVIATION

Abstract. The unique dynamics of sensory conflict in civil aviation, the factors that contribute to cybersickness, and its impact on virtual reality users are analyzed. Potential methods for combating the negative symptoms of cybersickness, assessing its severity, and predicting its impact are described.

Keywords: cyber sickness, sensory conflict, virtual reality, aviation, turbulence, biosignals.

Иммерсивная[1] виртуальная реальность является одним из важнейших технологических достижений XX–XXI веков, ее потенциал уже реализуется во многих дисциплинах. Она применяется, например, как инструмент для психотерапии, физической и неврологической реабилитации, обучения персонала или как источник развлечений [1]. В авиационном контексте VR-технологии (Virtual Reality – виртуальная реальность) имеют особую привлекательность: иммерсивное погружение в виртуальную среду позволяет пилотам и наземному персоналу отрабатывать различные сценарии во время обучения [2], а при длительных перелетах стать увлекательным досугом для пассажиров [3], вынужденных находиться в одном положении (см. рис. 1) по несколько часов. Однако VR-технологии обладают существенным недостатком, который ограничивает и определяет их использование во многих сферах, а именно развитием киберболезни, которая пополняет перечень рисков в авиатранспортной услуге, представляемой авиакомпаниями [4].

Рис. 1. Вид пассажирского салона авиасимулятора, имитировавшего условия турбулентности в полёте самолета

[1] Иммерсивность – это эффект полного погружения в искусственно созданную среду, при котором человек перестает быть сторонним наблюдателем и ощущает себя непосредственным участником событий.

Целью настоящей работы является выявление роли и оценка влияния киберболезни в сфере гражданской авиации (ГА), как частного случая болезни движения, а также особенностей ее прогнозирования и методов купирования симптомов.

Киберболезнь (также как и киберукачивание) – это комплекс негативных симптомов, являющийся побочным эффектом от использования VR-гарнитур[2]. Среди них выделяются тошнота, дезориентация, астенопия[3], а также окуломоторные расстройства[4]. Самые ранние упоминания жалоб, схожих с симптомами укачивания, относятся ко временам Второй мировой войны [5], когда при обучения на авиа тренажёрах пилоты часто жаловались на головокружение, тошноту, пространственную дезориентацию.

В основе киберболезни лежит сенсорный конфликт, возникающий при несоответствии информации, получаемой от зрительной, вестибулярной и проприоцептивной систем. До активного распространения VR-технологий наиболее часто встречающимся вариантом сенсорного конфликта оставался кинетоз (укачивание), также известный как морская или автомобильная болезнь. Механизм сенсорного конфликта легко представить как разницу между ожидаемым и действительным движением. Например, при поездке в машине на пассажирском сидении зрительная система будет посылать сигнал о движении при взгляде на дорогу (ожидаемое движение), но вестибулярная система сигнализирует о том, что наше положение в пространстве не меняется (действительное движение).

В авиации влияние сенсорного конфликта достаточно значительно и встречается не однажды [6]. Опасность этого фактора очевидна на примере

[2] VR-гарнитуры – разновидность HMD (Head-Mounted Display, наголовный дисплей), создающая иммерсивную виртуальную среду, отслеживая движения головы и глаз.
[3] Астенопия или зрительное переутомление – функциональное расстройство, характеризующееся быстрой утомляемостью глаз при зрительной работе, включает в себя усталость, жжение и боль в глазах, слезоточивость, искажение и размытие контуров объектов.
[4] Окуломоторные расстройства – эпизодические нарушения в движении глаз.

авиационного происшествия (АП) с вертолетом R66 RA-07424 (2023 г., Амурская область, на удалении около 110 км северо-западнее контрольной точки аэродрома Зея). В отчете Межгосударственного авиационного комитета (МАК) по результатам расследованию АП написано, что оно «… *наиболее вероятно, произошло из-за отсутствия видимости наземных ориентиров и естественного горизонта при полете в условиях вечерних сумерек (за 5 минут до наступления темноты) над безориентирной лесистой местностью в условиях низкой облачности (200 м) и сниженной видимости, что привело к столкновению с препятствиями и землей*». Описанные условия (метеоусловия, не соответствовавшие правилам визуальных полетов (ПВП), и отсутствие визуальных ориентиров) стали причиной возникновения у командира воздушного судна (КВС) сенсорного конфликта, а именно пространственной дезориентации[5].

Для адаптации к авиации известного в медицине о теории сенсорного конфликта необходим учет дополнительных обстоятельств: наличия шести степеней свободы, турбулентности, малых амплитуд вращений, длительности перелетов. В авиации зона повышенного риска обширнее, чем представлялось ранее. Киберболезнь затрагивает не только пилотов и пассажиров, но и наземный персонал, обслуживающий авиатехнику и координирующий движение в воздушном пространстве. Это, так или иначе, влияет на безопасность полетов.

Влияние киберболезни на пользователей VR-гарнитур не ограничивается только возникновением тошноты, дезориентации и астенопии. Обнаружено, что симптомы и интенсивность киберболезни могут негативно сказываться на зрительно-пространственной рабочей памяти[6] и психомоторных навыках, таких как скорость внимания, скорость реакции и общее время реакции. При этом

[5] Пространственная дезориентация – психоневрологическое расстройство или состояние, при котором человек временно или стойко теряет способность определять свое положение в окружающей среде, распознавать знакомые места, оценивать расстояние или направления.

[6] Зрительно-пространственная рабочая память – это когнитивная система, отвечающая за временное хранение и обработку визуальных образов и расположения объектов в пространстве

несовершенство аппаратного и программного обеспечения создает другие факторы возникновения киберболезни, отличные от векции[7], это такие факторы, как рассинхронизация между движениями головы пользователя и отображением картинки на экране VR-гарнитуры, низкокачественная графика, несоответствие требованиям к эргономичности (низкий вес и сбалансированность VR-гарнитуры, наличие возможности регулировать межзрачковое расстояние под параметры пользователя и широкий угол обзора) [1].

В авиации сенсорный конфликт имеет особую динамику – в отличие от морского или автомобильного транспорта, здесь присутствуют дополнительные условия: наличие шести степеней свободы, турбулентность, малые амплитуды вращения[8], длительные перелеты. Все это требует учета для создания детальной картины развития симптомов киберболезни в ГА.

Так, во время перелетов Воздушные суда (ВС) часто сталкиваются с турбулентностью – явлением, при котором наблюдается хаотичное и беспорядочное движение воздушных масс. При использовании VR-гарнитур, являющихся частью наиболее современных пассажирских развлекательных систем, турбулетность может оказать значительное влияние на симптомы киберболезни. Выявлено, что сочетание турбулентности и динамического контента усиливало тошноту, а статический контент значительно влиял на усталость глаз (предположительно, из-за монотонности сцены) [2].

Считается, что воздействие вестибулярной стимуляции на человека способно улучшить симптомы киберболезни. Разрабатываются авиатренажеры для обучения пилотов в иммерсивной виртуальной среде, использующие подвижные платформы, имитирующие крен, тангаж и рысканье самолета.

[7] Векция – иллюзия движения собственного тела в пространстве, возникающая при наблюдении за движущимися объектами.

[8] Реальные физические движения самолета с небольшой угловой амплитудой, измеряемой в градусах по крену, тангажу или рысканью.

Выявлено, что существует некий минимальный порог, ниже которого вестибулярная стимуляция не будет оказывать никакого эффекта.

Другие потенциальные методы борьбы с симптомами киберболезни включают в себя ограничение периферического поля зрения и наличие визуального элемента, служащего стабильной системой отсчета в виртуальном трехмерном пространстве.

Для определения тяжести симптомов укачивания часто применяются разнообразные опросники, одним и самых серьезных недостатков которых является их субъективность, предполагающая наличие эффекта социальной желательности. В отличие от опросников, методы анализа биосигналов, а именно электроэнцефалография (ЭЭГ), кожно-гальваническая реакция (КГР), электрокардиография (ЭКГ) зарекомендовали себя как объективные и более надежные для диагностирования киберболезни, но и у них есть недостаток – их реализация дорогостоящая и неэргономичная. Более удобным методом диагностики является пупиллометрия[9], которую можно внедрить непосредственно в VR-гарнитуру. В работе [1] показано, что расширение зрачка свидетельствовало более положительному состоянию пользователя, в то время как сужение – негативному

Защитными свойствами в отношении проявления у человека-оператора симптомов и развитии киберболезни обладают такие индивидуальные характеристики, как его опыт взаимодействия с видеоиграми и использования приложений на смартфоне. На интенсивность киберболезни также влияют врожденная предрасположенность к укачиванию, тревожность и негативное отношение к технологиям [3].

[9] Пупиллометрия – неинвазивный диагностический способ измерения диаметра зрачков, расстояния между ними и их реакции на свет различной интенсивности.

Таким образом, киберболезнь представляет собой не просто дискомфорт, а реальный фактор опасности для безопасности полетов и эффективности профессиональной подготовки.

Направлениями дальнейших исследований: являются следующие.

1. Исследование симптомов киберболезни, динамики ее развития и методов измерения, в том числе в течение нескольких часов после экспозиции.

2. Определение пороговых значений характеристик условий, вызывающих киберукачивание, и выявление минимальной эффективной дозы вестибулярной стимуляции.

3. Выявление долгосрочных эффектов киберукачивания, возможности и условий адаптации к ней, а также механизма формирования устойчивости и динамики изменения восприимчивости при многократных экспозициях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kourtesis P., Papadopoulou A., Roussos P. Cybersickness in virtual reality: The role of individual differences, its effects on cognitive functions and motor skills, and intensity differences during and after immersion // Virtual Worlds. MDPI, 2024. Т. 3. №. 1. Pp. 62-93.

2. Javaid A., Rasool S., Maqsood A. Analysis of visual and vestibular information on motion sickness in flight simulation // Aerospace. 2024. Т. 11. №. 2. Pp. 139.

3. Mittelstaedt J. et al. Cybersickness with passenger VR in the aircraft: Influence of turbulence and VR content // Virtual Reality. 2024. Т. 28. №. 2. С. 112.

4. Худяков Ю.Г., Николайкин Н.И. Виды рисков и особенности их проявления в авиатранспортной услуге, предоставляемой авиакомпанией // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2009. №. 149. С. 7-13.

5. Wojciechowski P., Wojtowicz K., Błaszczyk J. Sensory conflict in simulator sessions–measuring biosignals to predict the onset of disorderly symptoms: a brief

literature review //International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health. 2024. Т. 37. №. 5. С. 482-494.

6. МАК. База по расследованиям // Межгосударственный авиационный комитет. URL: https://mak-iac.org/rassledovaniya/ (дата обращения: 19.04.2026).

© Шелганова М.А., Николайкин Н.И., 2026

УДК 504.064

Кочетова Ж.Ю.[1], Шишкин А.В.[2]

[1]Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Российская Федерация

[2]Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Челябинск, Российская Федерация

e-mail: zk_vva@mail.ru

ВЕТРОВОЙ ПЕРЕНОС ЧАСТИЦ С ОБЪЕКТОВ ТЕХНОГЕННЫХ КАТАСТРОФ: ПОДХОДЫ К ЗАЩИТЕ ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Аннотация. Вооруженные конфликты, диверсии и аварии на объектах нефтегазового, химического и энергетического комплексов приводят к масштабному нарушению подстилающей поверхности. Образующиеся при взрывах и пожарах техногенные отвалы, воронки, зоны термического поражения становятся долговременными источниками ветрового переноса загрязненных частиц. На основе адаптированной модели ветровой эрозии показано, что расстояние переноса частиц с адсорбированными загрязнителями может достигать нескольких километров, а продолжительность активного пыления – до нескольких сезонов. Предложена система технологических решений,

привязанная к сценариям техногенных катастроф и учитывающая ограничения по времени, доступу и безопасности.

Ключевые слова: техногенная катастрофа, ветровой перенос, нарушенные земли, техносферная безопасность, загрязнение почв.

Kochetova Zh.Yu.[1], *Shishkin A.V*[2].

[1]Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation

[2]Military Educational and Research Center of the Air Force «Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin», Voronezh, Russian Federation

WIND TRANSPORT OF PARTICLES FROM MAN-MADE DISASTER SITES: APPROACHES TO PROTECTION OF ADJACENT TERRITORIES

Abstract. Armed conflicts, sabotage, and accidents at oil and gas, chemical, and energy facilities lead to widespread disruption of the underlying surface. Man-made dumps, craters, and thermal damage zones formed during explosions and fires become long-term sources of wind transport of contaminated particles. Based on the adapted wind erosion model, it is shown that the distance of transport of particles with adsorbed pollutants can reach several kilometers, and the duration of active dusting can be up to several seasons. A system of technological solutions is proposed that is linked to scenarios of man-made disasters and takes into account time, access, and security constraints.

Keywords: man-made disaster, wind transport, disturbed lands, technosphere safety, soil pollution

Вооруженные конфликты, диверсии и крупные аварии на объектах нефтегазового, химического и энергетического комплексов формируют

специфические экологические угрозы, требующие оперативных технологических решений. При взрывах и пожарах происходит выброс загрязняющих веществ в атмосферу и водные объекты, глубокая трансформация подстилающей поверхности. При этом образуются воронки, техногенные отвалы, зоны сплошного термического поражения грунта [1]. Нарушенный почвенный покров становится долговременным источником пыления. Частицы грунта с адсорбированными на них загрязнителями – нефтепродуктами, продуктами горения, стойкими органическими соединениями – поднимаются в воздух при достижении критической скорости ветра и переносятся на значительные расстояния. Этот процесс может длиться месяцами и даже годами, если не принять меры по стабилизации поверхности.

Существующие математические модели ветрового переноса позволяют прогнозировать ареал загрязнения [2]. Однако в условиях военных угроз и техногенных катастроф необходим не просто прогноз, а система технологических решений, привязанная к сценарию разрушения и обеспечивающая быстрое подавление источника вторичного загрязнения. Принципиальное отличие военного сценария от плановой рекультивации промышленных площадок состоит в отсутствии времени на длительное обследование, возможной ограниченности доступа к объекту, комбинированном характере загрязнения (нефтепродукты + продукты горения + химические агенты), а также в том, что перенос начинается сразу после нарушения поверхности. Это требует экстренных технологий стабилизации, способных быть развернутыми в короткие сроки с минимальными требованиями к логистике.

Цель работы – адаптировать методы прогнозирования ветрового переноса загрязнителей для сценариев техногенных катастроф и разработать систему защитных технологий, обеспечивающих техносферную безопасность прилегающих территорий.

При вооруженных конфликтах и диверсиях на промышленных объектах формируются специфические типы нарушенных земель, каждый из которых по-разному влияет на параметры ветрового переноса. Взрывные воронки и зоны обрушения, образующиеся при детонации на нефтеперерабатывающих заводах, складах горюче-смазочных материалов или химических производствах, имеют глубину до 10-15 метров с выбросом грунта на прилегающую территорию. Образовавшийся техногенный отвал характеризуется высокой степенью рыхления и низкой связностью. Для рыхлых техногенных грунтов критическая скорость ветра, инициирующая массовый перенос частиц, снижается на 30-50 % по сравнению с ненарушенными почвами. Так, если для плотных суглинков массовый перенос начинается при 6,0-7,0 м/с, то для нарушенных грунтов этот порог составляет 3,0-4,0 м/с [1, 3].

Зоны термического поражения формируются при пожарах на нефтехранилищах, резервуарах с химикатами, в цехах предприятий. Высокотемпературное воздействие приводит к обезвоживанию и, в зависимости от интенсивности, либо к спеканию поверхности, либо, напротив, к ее разрыхлению. При этом нарушается структура почвы, снижается ее устойчивость к ветровой эрозии. Продукты горения – сажа, полициклические ароматические углеводороды – адсорбируются на минеральных частицах и перемещаются ветром на несколько км от источников [4].

Разливы с фильтрацией вглубь происходят при разрушении емкостей с нефтепродуктами, кислотами, хлорорганическими соединениями. Загрязнители не только растекаются по поверхности, но и проникают вглубь грунта. Впоследствии, при высыхании верхних горизонтов, они подтягиваются к поверхности капиллярными силами и выходят в зону ветрового переноса в составе пылевых частиц. Для гидрофобных загрязнителей, таких как нефтепродукты и многие хлорорганические соединения, этот механизм особенно

важен: они прочно связываются с органическим веществом почвы и могут сохраняться в поверхностных горизонтах десятилетиями [5].

Таким образом, сценарии взрыва, пожара и разлива создают разные исходные условия для ветрового переноса. Общим для всех является то, что нарушенная поверхность начинает работать как источник пыления сразу после прекращения активной фазы разрушения, и, чем быстрее будут приняты меры по стабилизации, тем меньше площадь вторичного загрязнения.

В основе прогнозирования зоны вторичного загрязнения лежит адаптированная физико-математическая модель, разработанная для оценки ветрового переноса с подстилающей поверхности [2]. Модель описывает три последовательных этапа: отрыв частиц при достижении критической скорости ветра, подъем их в атмосферу и седиментацию. В ходе апробации на объектах реконструкции в г. Воронеже и г. Крымск установлено, что при скорости ветра ≈20 м/с расстояние переноса загрязненных частиц достигает 6,5 км. Максимальное осаждение наиболее крупных и тяжелых частиц происходит в зоне до 500 м от источника, тогда как мелкодисперсная фракция (менее 50 мкм) переносится на максимальные расстояния и представляет наибольшую опасность для селитебных территорий.

Для сценариев техногенных катастроф эти параметры требуют корректировки. Снижение критической скорости ветра из-за рыхления грунта означает, что перенос начинается раньше и при более слабых ветрах, которые в средней полосе России наблюдаются чаще, чем штормовые. Соответственно, общая продолжительность активного пыления за сезон возрастает. Наличие гидрофобных пленок от нефтепродуктов снижает связность частиц, облегчая их отрыв. Термическая деструкция органики лишает почву структурообразующей функции, что также увеличивает эродируемость.

Эти факторы позволяют рассчитать коридор риска – минимальное и максимальное расстояние, на которое могут быть перенесены загрязненные

частицы. Для конкретного объекта прогноз строится на основе данных о типе грунта, степени нарушенности, преобладающей розе ветров и рельефе местности [2]. Важно подчеркнуть, что модель дает не точное значение, а диапазон, в пределах которого с высокой вероятностью окажется зона вторичного загрязнения. Этого достаточно для планирования защитных мероприятий.

Выбор технологии стабилизации определяется не столько расстоянием от источника, сколько двумя факторами: срочностью вмешательства и характером нарушенной поверхности. Именно эти факторы различают военный сценарий и плановую рекультивацию. В первые часы и сутки после разрушения, когда доступ к объекту может быть затруднен, требуются технологии, которые можно применить дистанционно или с минимальным присутствием на местности. Дистанционное распыление полимерных эмульсий с использованием летательных аппаратов позволяет сформировать защитную корку на больших площадях без непосредственного присутствия персонала в опасной зоне [6]. Срок сохранения эффекта составляет 3-12 месяцев, что обеспечивает достаточный период для стабилизации обстановки и перехода к долгосрочным мерам. Альтернативой служит укрытие наиболее загрязненных участков геотекстилем или временными экранами, что также может быть выполнено с применением средств механизации.

Когда доступ к объекту становится возможным, наступает этап среднесрочной стабилизации. Здесь выбор технологии определяется характером загрязнения. Для нефтепродуктов наиболее эффективна фиторемедиация с использованием толерантных видов растений, которые одновременно деградируют углеводороды и закрепляют поверхность корневой системой. Однако фиторемедиация требует времени на вегетацию, поэтому на участках с высокими концентрациями загрязнителей или на сложных рельефах (склоны воронок, откосы) могут применяться биоматы или гидропосев с фиксирующими составами, дающие более быстрый эффект. Для грунтов, загрязненных

тяжелыми металлами или кислотами, предпочтительны методы химической стабилизации – известкование или внесение сорбентов, снижающие подвижность загрязнителей.

Долгосрочная рекультивация, рассчитанная на годы, направлена на формирование устойчивого растительного покрова, который возьмет на себя функцию постоянной стабилизации. На этом этапе необходим мониторинг остаточных загрязнителей в дальней зоне, куда за предыдущие сезоны могли быть перенесены мелкодисперсные фракции. Как показано в работе [2], интегральная оценка загрязнения почв на расстоянии до 8-9 км от контрольной точки позволяет выявить зоны, требующие особого внимания.

Такой подход позволяет перейти от абстрактного прогнозирования к технологическому протоколу реагирования, в котором решение о выборе метода принимается на основе двух параметров: прогнозируемого ареала переноса и доступности объекта.

Главное, что отличает этот подход от традиционных схем рекультивации, – это приоритет скорости над точностью. В условиях военного конфликта или диверсии нет времени на детальное почвенное обследование, зонирование по степени загрязнения и разработку индивидуального проекта рекультивации. Нужны типовые решения, которые можно развернуть быстро и с минимальными требованиями к подготовке. Полимерные эмульсии для авиационного распыления, геотекстильные покрытия, рулонные биоматы – все это является серийной продукцией и может быть применено в течение суток после получения разрешения на доступ в зону.

Второй важный момент – учет не только ветрового, но и последующего водного переноса. Меры, принимаемые для подавления пыления, должны одновременно снижать риск смыва загрязнителей при выпадении осадков. Химическая стабилизация и создание растительного покрова работают на оба механизма, тогда как временные экраны – только на ветровой.

Предложенный подход может быть использован при планировании мероприятий по защите территорий, прилегающих к потенциально опасным объектам, а также при разработке типовых протоколов реагирования для МЧС и других ведомств. Практическая значимость работы состоит в том, что она даёт основу для разработки типовых протоколов реагирования на техногенные катастрофы, вызванные вооруженными конфликтами или диверсиями. Применение таких протоколов позволит снизить площадь вторичного загрязнения и сократить риски для населения, переходя от ликвидации последствий к предотвращению распространения загрязнителей ещё на этапе, когда источник пыления не подавлен.

Ограничения протокола связаны с сезонностью (неприменимость биоматов и фиторемедиации зимой), метеозависимостью (распыление эмульсий требует слабого ветра) и потенциальным влиянием защитных технологий на почву (изменение pH, токсичность). Перед внедрением необходима экологическая оценка составов и адаптация под конкретные типы загрязнителей и климатические условия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кочетова Ж.Ю. Экология почв военных полигонов / Ж.Ю. Кочетова, О.В. Базарский, Д.А. Пантелеев. Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2023. 184 с.
2. Кочетова Ж.Ю., Базарский О.В., Лазарев И.С. Прогноз и оценка ареала загрязнения почв в результате ветрового переноса частиц с подстилающей поверхности // Географический вестник. 2024. №. 2 (69). С. 124-135.
3. Амосов П.В. Доминирующий фактор в паре «взрывные работы-ветровой режим» // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2020. №. 54. С. 93-98.

4. Чайковская О.Н. Взаимодействие полициклических ароматических углеводородов с органическим веществом почв и водных осадков / О.Н. Чайковская, Л.В. Нечаев. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2017. 119 с.

5. Маслова Н.В. и др. Экологический мониторинг нефтепродуктов на территории химически опасного объекта с применением флеш-детектора // Медицина экстремальных ситуаций. 2017. №. 2 (60). С. 83-88.

6. Строкова В.В. и др. Оценка эффективности водных пылеподавляющих эмульсий на основе акриловых и алкидных полимеров // Записки Горного института. 2024. №. 270. С. 941-949.

© Кочетова Ж.Ю., Шишкин А.В., 2026

УДК 614.84.31

Сибирко В.И., Малёмина Е.Н., Фирсов А.Г.
ФГБУ ВНИИПО МЧС России, г. Балашиха, Российская Федерация
e-mail: otdel-16@vniipo.ru

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ, ЗАФИКСИРОВАННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В 2022-2025 ГГ.

Аннотация. Рассмотрены чрезвычайные ситуации и их последствия на водном транспорте. Приведены результаты статистического анализа причин чрезвычайных ситуаций и их происшествий. Рассмотрены наиболее значимые примеры аварий на водном транспорте. Определена динамика количества чрезвычайных ситуаций их последствий за 2022-2025 гг. Осуществлен расчет оперативной нагрузки на пожарно-спасательные подразделения. Сформированы

предложения по совершенствованию системы защиты от аварий на водном транспорте и снижению рисков для людей.

Ключевые слова: водный транспорт, чрезвычайная ситуация, чрезвычайное происшествие, причина аварии, социальные последствия, силы и средства, оперативная нагрузка.

Sibirko V.I., Malemina E.N., Firsov A.G.
FGBU VNIIPO EMERCOM of Russia, Balashikha, Russian Federation

STATISTICAL ANALYSIS OF EMERGENCY SITUATIONS AND THEIR CONSEQUENCES ON WATER TRANSPORT RECORDED IN THE TERRITORY OF RUSSIA IN 2022-2025

Abstract. Emergencies and their consequences on water transport have been examined. Results of a statistical analysis of the causes of emergencies and incidents are presented. The most significant examples of accidents on water transport are given. The dynamics of the number of emergencies and their consequences for 2022-2025 are determined. The operational load on fire and rescue units is calculated. Proposals for improving the system of protection against water transport accidents and reducing risks for the population are provided.

Keywords: water transport, emergency, incident, cause of the accident, social consequences, forces and means, operational load.

Исторически сложилось, что транспортные системы для России являются важным элементом не только в социально-экономическом аспекте, но и в обеспечении национального суверенитета. Одним из направлений обширной транспортной инфраструктуры является водный транспорт. Только внутренние водные судоходные пути составляют более 100 тыс. км. В зависимости от

акватории использования водный транспорт делится на морской и внутренний. С учетом функционального назначения он подразделяется на пассажирский, грузовой и грузопассажирский, а также водный транспорт специального назначения. По данным Росстата в 2024 г. в России насчитывалось: морских грузовых транспортных судов 3,2 тыс. ед., речных грузовых транспортных судов 29 тыс. ед., морских пассажирских и грузопассажирских судов 61 тыс. ед., речных пассажирских и грузопассажирских 2,5 тыс. ед. [1]. Ежегодно в России морским транспортом перевозится более 2 млн чел. и порядка 10 млн т различного груза, а внутренним водным транспортом перевозится около 12 млн чел. и почти 20 тыс. т груза.

За последние 5-10 лет количество судов в Российской Федерации значительно увеличилось. Появляются новые виды судов: атомные ледоколы, плавучая атомная теплоэлектростанция, специализированные научные суда, танкеры для перевозки нефти и сжиженного газа и др. Независимо от назначения все современные суда занесены в судовой реестр, имеют соответствующий порт приписки, оснащены средствами радиосвязи и спутниковой навигации, а также необходимым количеством спасательных средств (шлюпки, жилеты, плоты и др.). За судами, находящимися в плавании, осуществляется постоянный диспетчерский контроль.

Несмотря на принимаемые международным сообществом меры безопасности ежегодно происходят десятки крушений и аварий судов. Главные причины: неблагоприятные погодные условия (шторм, туман, ветер, обледенение и т.д.), подводные препятствия (течения, рифы, скалы, мели и т.п.), подвижка и опрокидывание грузов, перегруз или нарушение целостности корпуса судна, неверные действия экипажа при выполнении различных маневров и команд, недостаточная квалификация персонала в работе с навигационными приборами, техническая неисправность оборудования, конструктивные недостатки, а также игнорирование требований правил

безопасности судоходства. Причиной аварий также могут быть непредвиденные обстоятельства – пожары, взрывы, пиратство и терроризм. Нередко взрывы и пожары происходят при столкновении судов. Наиболее опасными с экологической точки зрения являются аварии с танкерами, привозящими жидкие углеводороды. По оценкам ученых в мировой океан ежегодно попадает более 5 млн. т барр. нефти и нефтепродуктов. Причины взрывов и пожаров на танкерах не всегда остаются полностью индицированными. Некоторые зарубежные исследователи полагают, что причиной пожара на ряде танкеров могло стать статическое электричество [2].

Среди аварий на водном транспорте [3] можно выделить несколько наиболее значимых:

2001 г. – паром столкнулся с нефтяным танкером в Республике Бангладеш (количество погибших 9 чел., пропавших без вести 35 чел.);

2011 г. – крушение теплохода «Булгария» в 3-х км от берега Куйбышевского водохранилища в Республике Татарстан (количество погибших 121 чел.);

2012 г. – затонуло судно, следовавшее из Шри-Ланки в Австралию (количество погибших – 90 чел.);

2015 г. – крушение траулера «Дальний Восток» в Охотском море (количество погибших 70 чел.);

2015 г. – затонуло судно, следовавшее из Ливии в Италию (количество погибших 400 чел.).

В соответствии с положениями приказа МЧС Росси от 05.07.2021 № 429 [4] под чрезвычайным происшествием (ЧП), связанным с водным транспортом, понимается столкновение, опрокидывание, затопление, посадка на мель и выброс судов на берег, в т.ч. в результате неблагоприятных гидрометеорологических условий. Данное ЧП принимает статус чрезвычайной ситуации (ЧС) если: присутствует гибель людей; травмировано более 4 чел.;

прекращено судоходство более чем на 72 ч; произошел разлив топлива и попадание загрязняющих веществ в акваторию объемом более 1 т.

В среднем ежегодно на территории России регистрируется около 40 ЧС и ЧП на водном транспорте. При этих авариях каждый год погибает 13 чел., получают травмы 15 чел., числится пропавшими без вести 2 чел. В процессе ликвидации последствий ЧС (ЧП) оперативными спасательными службами РСЧС спасается 63 чел. и эвакуируется около 127 чел.

Анализ статистических данных из источников [5, 6] за 2022-2025 гг., представленных на рис. 1, показал следующее. Количество ЧП характеризуется тенденцией снижения абсолютных числовых значений, а количество ЧС наоборот тенденцией роста значений. Однако в целом консолидированное количество ЧС и ЧП имеет четко выраженную линейную тенденцию снижения количества аварий на водном транспорте. При этом в долевом отношении количество ЧС составляет всего 24 %, а количество ЧП 76 % от общего консолидированного количества аварий. Социальные последствия рассматриваемых консолидированных ЧС и ЧП за анализируемый период времени приведены в таблице 1.

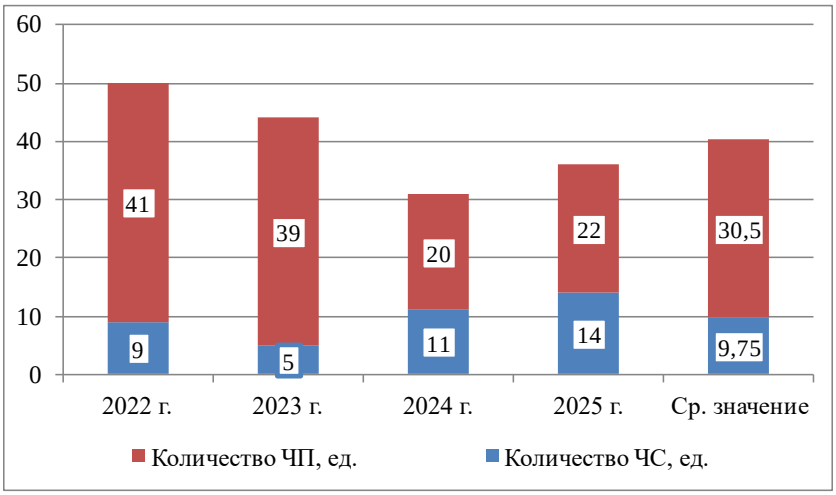


Рис. 1. Динамика распределения количества ЧС и ЧП, зарегистрированных на водном транспорте за период 2022-2025 гг.

Таблица 1

Распределение социальных последствий консолидированного количества ЧС и ЧП за период 2022-2025 гг.

Наименование показателя	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	Ср. значение
Количество погибших, чел.	15	6	11	19	13
Количество пропавших без вести, чел.	3	3	2	0	2
Количество спасенных, чел.	121	54	51	27	63
Количество госпитализированных, чел.	14	15	25	6	15
Количество людей с нарушенными условиями жизнедеятельности, чел.	0	0	0	8	2
Количество эвакуированных, чел.	209	36	180	84	127

Здесь надо отметить, что наибольшее количество погибших при ЧС (ЧП) было зарегистрировано в 2025 г. и составило 19 чел. Наибольшее количество госпитализированных (травмированных) людей (25 чел.) отмечается в 2024 г. А наибольшее количество спасенных и эвакуированных людей при ЧС (ЧП) соотносится с 2022 г. и составляет 121 чел. и 209 чел.

Ликвидация последствий ЧС и ЧП осуществляется специализированными спасательными службами. Средняя оперативная нагрузка на спасательные подразделения за исследуемый период составила: личный состав – 71 чел., спасательная техника – 8 ед. В целом отмечается тенденция роста оперативной нагрузки на спасательные подразделения. Расчетное среднее значение за период 2022-2025 гг. по количеству задействованного личного состава – 288 чел./1 ЧС (ЧП), а по технике – 21 ед./1 ЧС (ЧП). Наибольшая оперативная нагрузка на силы и средства, используемые в ликвидации аварии на водном транспорте, была зафиксирована при ликвидации ЧС и ЧП в 2024 г. Такая высокая оперативная нагрузка на РСЧС связана с ЧС федерального масштаба произошедшей 15.10.2024 в акватории Черного моря. В результате сильного шторма (7 баллов) столкнулись два танкера «Волгонефть-212» и «Волгонефть-

239» перевозившие нефтепродукты. Последствия ЧС – около 9 тыс. т мазута вылилось в море, 1 чел. погиб, 14 чел. спасли. Нефтяное пятно расползлось по прибрежной линии более чем на 40 км. Введен режим ЧС в трех субъектах Российской Федерации. В ликвидации данной ЧС в общей сложности было задействовано 8 575 чел. личного состава и 556 ед. техники РСЧС, МЧС и др. организаций. Спасателями эвакуировано (спасено) 26 чел. и 11 чел. их них госпитализировано. Окружающей природе нанесен колоссальный невосполнимый экологический ущерб, который необходимо рекультивировать на протяжении нескольких последующих лет. Экономике края также нанесен существенный материальный ущерб.

Как показали исследования, часто виновником аварий на водном транспорте становятся маломерные суда. Количество ЧП с их участием за период 2022-2025 гг. в долевом соотношении составило 14 %, а ЧС за этот же период – 64 %. Таким образом, маломерное судно являлось участником больше половины всех зарегистрированных ЧС. Для консолидированного количества ЧС и ЧП доля аварий с участием маломерных судов составила 26 %.

Согласно российского законодательства маломерные суда массой более 200 кг с мощностью двигателей более 8 кВт должны в обязательном порядке регистрировать свои маршруты. Однако фактически это не всегда происходит. Кроме этого существует значительный парк маломерных судов с меньшими техническими характеристиками, а они тоже являются участниками серьезных ЧС и ЧП. В основном это экскурсионные и рыбацкие маломерные суда (мелкие моторные или весельные лодки, гидроциклы и др. легкие плавательные средства). Для снижения количества ЧС и ЧП с участием маломерных судов необходимо ужесточить существующее административное и уголовное законодательство в плане ответственности за нарушения правил безопасности судоходства, установленных соответствующими нормативными документами. Необходимо обязать владельцев всех маломерных судов информировать

диспетчерские и спасательные службы о предполагаемых маршрутах своего движения с указанием контрольных точек, количества перевозимых людей, имеющихся на борту средствах спасения и связи. С др. стороны требуется увеличить штатную численность сотрудников ГИМС МЧС России с целью формирования большего количества мобильных групп для проверки деятельности маломерных судов. В противном случае количество ЧС и ЧП с их участием будет только увеличиваться.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российский статистический ежегодник. 2025 [Электронный ресурс]: стат. сб. / Росстат. Москва, 2025. 621 с. URL: https://www.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ejegodnik_2025.pdf (дата обращения: 25.02.2026).
2. Михно Е.П. Ликвидация последствий аварий и стихийных бедствий. Москва: Атомиздат, 1979. 288 с.
3. Аварии на водном транспорте: причины и порядок действий [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://fb.ru/article/374287/avarii-na-vodnom-transporte-prichinyi-i-poryadok-deystviy (дата обращения: 25.02.2026).
4. Приказ МЧС России от 05.07.2021 № 429 (ред. от 10.01.2024) «Об установлении критериев информации о чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера» [Электронный ресурс] / сайт МЧС России. – Режим доступа: https://60.mchs.gov.ru/uploads/resource/2024-11-21/prikazy-mchs-rossii_17321728611312679107.pdf (дата обращения: 25.02.2026).
5. Чрезвычайные ситуации и их последствия в Российской Федерации за 2022-2023 гг.: статистический сборник / А.Г. Фирсов, А.А. Порошин, А.М. Арсланов [и др.]. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2025. 100 с.
6. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025623119 Российская Федерация. База данных «Чрезвычайные Происшествия 2022-2025»

(БД «ЧП 22-25») / А.Г. Фирсов, М.В. Загуменнова, Е.Н. Малемина, О.В. Надточий; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

© Сибирко В.И., Малёмина Е.Н., Фирсов А.Г., 2026

УДК 614.833

Шайхуллина Р.Р., Кострюкова Д.В., Кострюкова Н.В.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: rozaliyashayhullina@yandex.ru

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЗРЫВА САХАРНОЙ ПЫЛИ (НА ПРИМЕРЕ УПАКОВОЧНОГО ЦЕХА)

Аннотация. В статье рассматривается актуальная проблема обеспечения техносферной безопасности на объектах сахарного производства, связанная с высокой взрывоопасностью сахарной пыли. На примере упаковочного цеха сахарного завода выполнено прогнозирование параметров чрезвычайной ситуации (ЧС) при взрыве пылевоздушной смеси. Рассчитаны основные поражающие факторы, определены объем и структура завала. На основе полученных данных разработан комплексный план аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР). Предложенные мероприятия направлены на минимизацию ущерба и повышение эффективности ликвидации последствий подобных аварий.

Ключевые слова: техносферная безопасность, взрыв пыли, сахарная пыль, прогнозирование ЧС, АСДНР, ликвидация последствий.

Shaykhullina R.R., Kostryukova D.V., Kostryukova N.V.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

FORECASTING AND ELIMINATION OF THE CONSEQUENCES OF EXPLOSION OF SUGAR DUST AT FOOD INDUSTRY ENTERPRISES (ON THE EXAMPLE OF PACKAGING SHOP)

Abstract. The article discusses the actual problem of ensuring technosphere safety at sugar production facilities, associated with high explosive sugar dust. On the example of the packaging shop of OAO Chishminsky Sugar Plant, forecasting of the parameters of an emergency situation (ES) at the explosion of a dust-air mixture is performed. The main damaging factors have been calculated, and the volume and structure of the blockage have been determined. Based on the obtained data, a comprehensive plan for emergency rescue and other urgent works (ESW) has been developed. The proposed measures are aimed at minimizing damage and increasing the effectiveness of eliminating the consequences of such accidents.
Keywords: technosphere safety, dust explosion, sugar dust, emergency forecasting, ESW, and elimination of consequences.

Современные предприятия пищевой промышленности, в частности сахарные заводы, характеризуются наличием взрывоопасных производственных факторов. Одним из наиболее опасных является сахарная пыль, образующаяся в процессах сушки, транспортировки, фасовки и упаковки продукта [1]. Способность пыли образовывать с воздухом взрывоопасные смеси создает предпосылки для возникновения тяжелых аварий, сопровождающихся разрушением зданий, травмированием персонала и значительным экономическим ущербом [2,3]. Анализ российских данных за последние

десятилетия подтверждает устойчивую актуальность проблемы аварий на сахарных заводах [4].

Особую опасность представляют упаковочные отделения, где из-за несовершенства систем аспирации и накопления статического электричества создаются условия для мгновенного воспламенения пыли, нижний концентрационный предел которой составляет всего 10-20 г/м³, а температура воспламенения способна снижаться до +250 °С при наличии примесей.

В качестве объекта исследования выбран упаковочный цех сахарного завода размерами 25,57×18,3×8 м. Для оценки возможных последствий был выбран наиболее опасный сценарий развития аварии, предполагающий искрение электродвигателя, ведущее к взрыву пылевоздушной смеси (ПВС), распространению ударной волны и последующему разрушению здания цеха. Для данного сценария был проведен расчет основных поражающих факторов.

Ключевым поражающим фактором взрыва является избыточное давление. Выполненный расчёт показал, что избыточное давление при взрыве пылевоздушной смеси в упаковочном цехе достигает 156,4 кПа, что позволяет классифицировать помещение как взрывопожароопасное (категория Б).

С учётом пожарной нагрузки (сахарная пыль) и заданного уровня надёжности конструкций выполнен расчёт требуемого предела огнестойкости. Установлено, что строительные конструкции упаковочного цеха должны сохранять несущую способность в течение 51,3 минуты.

Определены основные параметры завала, которые являются ключевыми при разработке технологии спасательных работ:

- Избыточное давление взрыва: 156,4 кПа
- Объем завала: 748,69 м^3.
- Площадь завала: 1425,9 м^2.

- Высота завала: 0,83 м.
- Требуемый предел огнестойкости конструкций: 51,3 мин.

При высоте завала до 1 м наиболее эффективным методом спасательных работ является поэтапная разборка сверху.

На основе прогнозируемой обстановки разработан план АСДНР, включающий определение необходимых сил и средств. Блок-схема основных этапов работ представлена на рис. 1.

Рис. 1. Блок-схема АСДНР по ликвидации ЧС, вызванной взрывом и возгоранием сахарной пыли

На основе прогнозируемых параметров завала (объём 748,7 м³, высота 0,83 м) выполнено определение необходимых сил и средств для ликвидации чрезвычайной ситуации. Для механизированной разборки завала требуется 8 человек, для ручной разборки – 3 звена общей численностью 21 человек. С учётом привлекаемых пожарных подразделений (12 чел.), медицинского

персонала (18 чел.) и группы охраны общественного порядка (7 чел.) общая численность группировки сил для проведения АСДНР составляет 66 человек.

План ликвидации чрезвычайной ситуации, вызванной взрывом сахарной пыли, приведен на рис. 2.

Рис. 2 представляет собой сводный план аварийно-спасательных работ, в котором схематично отражены маршруты выдвижения подразделений, зоны ведения спасательных работ, места сосредоточения сил и пункты оказания медицинской помощи. Схема наглядно демонстрирует порядок взаимодействия всех привлекаемых формирований при ликвидации последствий взрыва сахарной пыли.

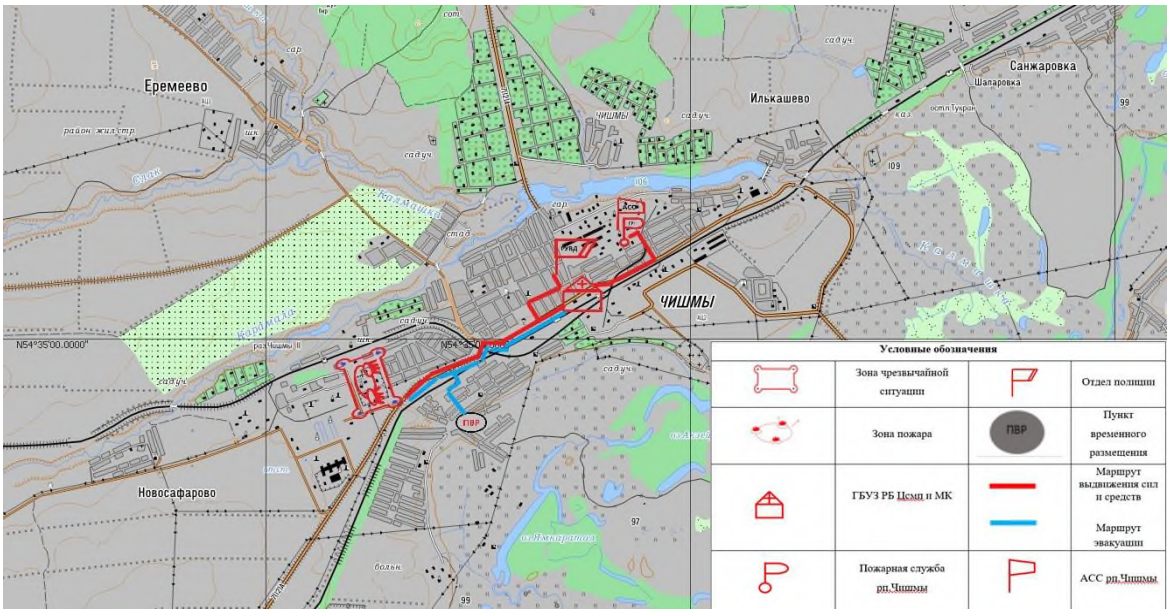


Рис. 2. План действий по ликвидации чрезвычайной ситуации

Таким образом, взрывы сахарной пыли на предприятиях пищевой промышленности представляют серьезную угрозу, способную привести к полному разрушению зданий и значительным человеческим жертвам. На основе прогнозирования параметров аварии разработан комплексный план АСДНР, включающий оптимальный состав сил и средств численностью 66 человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонова С.Р. Экологические проблемы почвы в городской среде / С.Р. Антонова, Н.В. Кострюкова // Гражданская оборона и природно-технические системы: сборник статей по материалам XX Международной научно-практической конференции. 2024. С. 116-119.
2. Бондарь К.Е. Устойчивость объектов экономики: учебное пособие / К.Е. Бондарь, А.Н. Елизарьев, Э.В. Нафикова, Э.С. Насырова. Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2025. 102 с.
3. Насырова Э.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: учебное пособие / Э.С. Насырова, К.Е. Бондарь, А.Н. Елизарьев. Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2024. – 112 с.
4. Охотникова П.Д. Анализ современного состояния проблемы чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации / П.Д. Охотникова, Д.А. Тараканов // Молодые ученые в решении актуальных проблем безопасности: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции. 2025. С. 419-420.

© Шайхуллина Р.Р., Кострюкова Д.В., Кострюкова Н.В., 2026

УДК 629.735.33.015

Старков Е.Ю., Руднева А.Р., Болдин А.С.
Московский государственный технический университет гражданской авиации, г. Москва, Российская Федерация
e-mail: e.starkof@mstuca.ru

К ВОПРОСУ ОБ УКАЧИВАНИИ И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЯХ ДЛЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Аннотация. В статье рассмотрено описание нового явления «киберукачивание», факторы, способствующие его усилению, меры профилактики и возможность их применения в гражданской авиации.

Ключевые слова: безопасность полетов, человеческий фактор, укачивание, киберукачивание.

Starkov E. Yu., Rudneva A.R., Boldin A.S.
Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russian Federation

TO THE PROBLEM OF MOTION DISEASE AND ITS CONSEQUENCES IN A CIVIL AVIATION

Abstract. The article discusses the description of a new phenomenon «cybersikness», contributing factors to its strengthening, preventive measures, and possibility of their application in civil aviation.
Keywords: flight safety, human factor, motion sickness, cybersickness.

Авиация является одним из самых надежных и безопасных видов транспорта, прежде всего за счет тщательного контроля всей своей деятельности. Несмотря на все положительные аспекты, может произойти неблагополучный исход полёта, на который оказали влияния факторы опасности (ФО) в различных проявлениях. Огромная работа посвящена выявлению факторов опасности, далее деятельность направлена на снижение рисков для БП.

В [1] обозначено, что выявление опасных факторов сосредоточено на условиях или объектах, которые могли бы вызвать небезопасную эксплуатацию ВС или авиационного оборудования, продукции и услуг, связанных с обеспечением БП, или способствовать такой эксплуатации. Стоит отметить, что в большинстве случаев авиационное происшествие (АП) как самый неблагополучный исход полета [2] является следствием воздействия не одного,

а совокупности факторов, т.е. такие АП имеют многофакторные причины и воздействия группы факторов опасности могут быть достаточно разнообразны с различными вариантами влияния на полет в целом.

Традиционно ФО классифицируют на 3 группы: технические факторы (например, отказы авиационной техники), человеческие факторы (например, ошибки авиационного персонала), факторы внешней среды (например, неблагоприятные метеоусловия).

Проанализировав статистику Межгосударственного авиационного комитета (МАК) и состояние безопасности полетов в 2024-2025 гг. можно сделать вывод о том, что АП по всем видам работ, обусловленные «человеческим фактором», составляют значительное количество [3].

Среди всех изученных АП за указанный период было выявлено несколько из тех, которые имеют следующие способствующие факторы АП – усталость, ошибка в распознавании взлетно–посадочной полосы (ВПП) и наземных ориентиров, потеря визуальной ориентировки при полете по правилам визуальных полетов (ПВП), а также отвлечение внимания пилота на работу с мобильным телефоном в полете и пр. Некоторые из данных проблем могут быть связаны с локомоционной болезнью (кинетоз), киберукачиванием (таблица 1). Еще может возникать векция, т.е. иллюзия движения.

Примечательно, что другие прочие условия (сочетаний условий) могут влиять на организм человека, способствуя психофизиологическим изменениям в состоянии работника в т.ч. усиливая эффекты киберукачивания, например, шум [4].

Таблица 1

Некоторые характеристики локомоционной болезни и киберукачивания

Термин	Определение	Дополнительная информация
Локомоционная болезнь	Болезненная реакция организма на аномальную стимуляцию вестибулярного аппарата	Проявляется в пассивном движении, сопровождается головокружением, тошнотой, бледностью кожи и пр.
Киберукачивание	Укачивание, возникающее при длительном взаимодействии с гаджетами или просмотре видео с 3D-визуализацией	Симптомы схожи с локомоционной болезнью

В настоящее не существует общепринятого целостного единого представления о психологических и психофизиологических механизмах возникновения векции и киберукачивания [5], а исследование очень важно, особенно в авиации т.к. возникающие эффекты и их проявление могут привести к усугублению правильного восприятия ситуации, например, потеря ситуационной осведомленности пилота в сложных метеоусловиях.

Киберукачивание может возникать у всех людей в разной степени тяжести по целому ряду причин. В последнее время в связи с бурным развитием технологий виртуальной реальности киберукачивание и векция отмечается у людей после их использования (рис. 1).

Человек-оператор наблюдает за пространством через зрительный аппарат с помощью технических средств (например, монитор). Возникающие при этом расстройства движения сопровождаются появлением стойкого ощущения собственного перемещения, т.е. создается иллюзия движения собственного тела (векция), дальнейшее усугубление ситуации будет связано с укачиванием, точнее киберукачиванием.

Рис. 1. Примеры технических устройств, влияние которых может создавать эффекты, связанные с киберукачиванием и векцией

В целом у специалистов, занимающихся данными проблемами нет единого мнения по поводу конкретных значений влияния факторов, вызывающих иллюзии движения собственного тела и киберукачивание, т.к. тут больше индивидуального. Однако общие представления о возникновении имеются. В [5] представлены следующие теории по этому поводу:

– теория сенсорного конфликта;
– эволюционная теория;
– теория постуральной нестабильности;
– глазодвигательная теория.

Доказано, что специалисты, которые не только знакомы, но и использовали технические средства (очки виртуальной реальности, гаджеты и пр.), порождающие киберукачивание, лучше переносят возникающие эффекты от них. Таким образом, люди, которые по сути своей деятельности или в результате увлечения каким-либо хобби, связанным с использованием таких технических средств, оказываются более адаптированными к их воздействию.

На сегодняшний день в целом не существует определенных методов профилактики киберукачивания, поскольку они нуждаются в отдельных изучениях и исследованиях.

Одним из подходящих методов следует обозначить, как тренировку организма, например, выполнение действий пилотом на авиационных тренажерах по выводу самолета из сложных пространственных условий после использования им электронных устройств (гаджетов, VR очков и пр.). Пребывание в таких условиях и выработка определенных адаптивных механизмов в конечном итоге приводят к «виртуальному опыту». Выявлять и фиксировать эффекты от киберукачивания можно посредством анкетирования.

Сложностью еще является то, что при расследовании АП сложно доказать наличие киберукачивания. Однако, стандартные заключения, которыми встречаются в отчетах по расследованию (например, «возможное наличие усталости», «потеря пространственной ориентировки при неподготовленности пилота к выполнению полетов в сложных метеорологических условиях (СМУ)» и пр.) косвенно подтверждают наличие симптомов векции и киберукачивания.

В результате, определить конкретную проблему на сегодняшний день не представляется полностью возможным по причине отсутствия необходимого оборудования, полного понимания возникновения, фиксации и профилактики векции и киберукачивания, но профилактические мероприятия необходимо вводить, особенно для деятельности, связанной с управлением ВС, в т.ч. беспилотных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Doc 9859. Руководство по управлению безопасностью полетов. Издание четвертое // международная организация гражданской авиации (ICAO). 2018 г. 2018 с.

2. Старков Е.Ю., Николайкин Н.И. О возможности снижения экологического воздействия при авиационном происшествии // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2016. №. 2. С. 13-19.

3. Состояние безопасности полетов в гражданской авиации государств-участников Соглашения о гражданской авиации и об использовании воздушного

пространства в 2024 г, 2025 г // межгосударственный авиационный комитет 2024-2025 гг. URL: https://mak-iac.org/rassledovaniya/bezopasnost-poletov/ (дата обращения 28.04.2026 г.)

4. Старков Е.Ю., Николайкин Н.И., Сигалева Е.Э., Степанова Г.П. Шум как условие, способствующее авиационным событиям // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. 2024. № 3. С. 6-20.

5. Меньшикова Г.Я., Ковалёв А.И. Векция в виртуальных средах: психологические и психофизиологические механизмы формирования // Национальный психологический журнал. 2015. №. 4 (20). С. 91-104.

© Старков Е.Ю., Руднева А.Р., Болдин А.С., 2026

УДК 504.054

Виноградова О.Н., Смирнов Д.А.

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, г. Великий Новгород, Российская Федерация

e-mail: Olga.Vinogradova@novsu.ru

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КАТАСТРОФА В КЕРЧЕНСКОМ ПРОЛИВЕ: ПОСЛЕДСТВИЯ И ДОЛГИЙ ПУТЬ К ВОССТАНОВЛЕНИЮ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

Аннотация. Описаны последствия крушения танкеров «Волгонефть-212» и «Волгонефть-239» в Керченском проливе 15 декабря 2024 года с разливом мазута в акватории Черного моря. Проанализированы объемы загрязнения, динамика ликвидации последствий чрезвычайной ситуации. Особое внимание уделяется экологическим рискам, связанным с проникновением нефтепродуктов в почву, морские грунты и пищевые цепи, а также потенциальным угрозам здоровью волонтеров и местных жителей. Рассматриваются долгосрочные прогнозы

восстановления экосистемы, включая роль естественной биоремедиации. Кроме того, в работе затрагиваются социально-экономические последствия катастрофы, в частности влияние на туристическую отрасль Черноморского побережья.

Ключевые слова: разлив мазута, Керченский пролив, экология, ликвидация чрезвычайных ситуаций, природа.

Vinogradova O.N., Smirnov D.A.
Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russian Federation

ENVIRONMENTAL DISASTER IN THE KERCH STRAIT: CONSEQUENCES AND LONG ROAD TO THE RESTORATION OF THE BLACK SEA COAST

Abstract. This paper describes the consequences of the Volgoneft-212 and Volgoneft-239 tankers' sinking in the Kerch Strait on December 15, 2024, resulting in a fuel oil spill in the Black Sea. The volume of contamination and the dynamics of the emergency response are analyzed. Particular attention is given to the environmental risks associated with the penetration of oil products into soil, marine sediments, and food chains, as well as potential health threats to volunteers and local residents. Long-term ecosystem recovery forecasts are considered, including the role of natural bioremediation. The paper also addresses the socioeconomic impact of the disaster, particularly its impact on the tourism industry along the Black Sea coast.

Keywords: fuel oil spill, Kerch Strait, ecology, emergency response, nature.

Аварии с разливом нефти являются одной из самых серьёзных экологических угроз современности. Они наносят огромный вред морским и прибрежным экосистемам, приводят к массовому вымиранию флоры и фауны, а

также негативно сказываются на здоровье людей и экономике пострадавших регионов. В условиях быстрого роста добычи и транспортировки нефти вероятность таких катастроф остаётся высокой, что делает крайне важным изучение их последствий и разработку эффективных методов предотвращения и ликвидации разливов [1].

Актуальность темы заключается в необходимости оценки долгосрочности экологического ущерба, который будет наблюдаться ещё долгое время. На основе работ проделанных за год следует прогноз, как будет обновляться и восстанавливаться как экосистема, так и жизни близлежащих жителей и городов курортов. А так же сравнение настоящего состояния и состояния, если бы к этой ситуации не было бы приложено никаких усилий.

15 декабря 2024 года в Керченском проливе после крушения двух танкеров произошел разлив нефтепродуктов. Танкеры «Волгонефть-239» и «Волгонефть-212» потерпели крушение во время 7-ми бального шторма у берегов Керченского пролива. Танкеры «Волгонефть-212» и «Волгонефть-239» перевозили 4,9 тысячи тонн мазута и 4,3 тысячи тонн соответственно. В результате аварии в море попало около 3,68 тысячи тонн мазута – это примерно 40% всего груза. Спустя время к 3 января 2025 года сообщили информацию, что в воде оказалось около 2,4 тысяч тонн нефтепродуктов.Утром 17 декабря на пляжах Черноморского побережья Краснодарского края появились пятна мазута. После этого в Анапе и Темрюкском районе ввели режим ЧС и создали оперативный штаб. 20 декабря, когда обнаружили течь мазута с затонувшего судна «Волгонефть-212», штаб сообщил о новых выбросах нефтепродуктов. 25 декабря власти Краснодарского края приняли решение о введении режима ЧС краевого масштаба, а на следующий день переквалифицировали в федеральный.

После обнаружения мазута на границах Керчи и Ленинского района режим ЧС регионального характера ввели и в Крыму, в последствие соответствующий режим ввели и в Севастополе, и к концу января он был переквалифицирован так

же в федеральный. Таким образом, изменение характера чрезвычайной ситуации до федерального уровня помогло привлечь большое внимание к этой теме не только волонтеров страны, но и неравнодушных из других стран.

Самосвалы доставляли загрязненный песок в пункт временного хранения в хуторе Воскресенском. Он открылся 28 декабря и рассчитан на 200 тысяч тонн. Благодаря этой площадке пляжи начали очищать быстрее. Весь собранный песок сортировали на установке «Грохот». Менее загрязненный отправляли на полигон ООО «Терра-Н» в Новороссийск как инертный материал. Сильно загрязненный песок передавали на утилизацию предприятиям «Биопотенциал» и «Ртутная безопасность».

По информации на 12 декабря 2025 года по оценке правительственной комиссии, всего за период работ по ликвидации последствий было собрано порядка 185 тысяч тонн мазута в смеси с грунтом и песком, 160 тысяч из которых уже утилизированы. Сравнивая с изначальными объемами продуктов, можно сказать, что за это время было убрано только 77 % всех нефтепродуктов, и что на данный момент, площадки для утилизации, такие как в хуторе Воскресенском, продолжают свою работу до полной ликвидации чрезвычайной ситуации.

Мазут содержит множество канцерогенов, вредных для природы и человека. Сейчас, когда крупные нефтяные пятна в основном устранены, остается проблема мелких частиц. Их выносит на берег, но летом, под воздействием высоких температур, они начнут таять, и проблема вновь обострится. По мнению экологов, катастрофа будет иметь последствия ещё долгие годы. Есть предположения, что только к 2027 году концентрация углеводородов в этих районах может приблизиться к предельно допустимым значениям, а на полную очистку от загрязнений могут уйти большое количество лет, где активную роль уже будут играть бактерии.

Помимо окружающей среды так же под опасностью находятся волонтеры и рабочие, кто принимал активное участие в ликвидации последствий разлива

нефтепродуктов, так как со временем могут появиться проблемы со здоровьем. Под такой же опасностью находятся и местные жители черноморского побережья. Со временем будет происходить разложение углеводородов, которые будут в итоге постепенно интегрироваться в пищевую цепь, нанося вред как животным, которых выращивают для производства животноводческих продуктов, так и людям, которые будут потреблять такую продукцию.

Так же нельзя оставить без внимания последствия для почвы и морских грунтов. На данный момент мазут уже проник в почву районов близлежащих эпицентру, что делает её непригодной для жизни и почвенных организмов. Ситуация в море выглядит так же не утешительно.

Если переходить к последствиям в сфере туризма, то за 2024 год, например, в Анапе отдыхали около 5,5 миллионов человек, а по данным на 2025 год количество отдыхающих составило 3,5-4,0 миллиона. На данный момент глава Кубани утверждает, что в 2026 году курортный сезон в Анапе состоится. Для этого прилагаются усилия на региональном и федеральном уровнях.

В Крыму пока не планируют увеличивать туристический поток мерами поддержки. Статистика показывает, что в 2025 году численность туристов увеличилась на 1,1 миллиона по сравнению с 2024 годом и составила 7,4 миллиона человек.

Разлив нефти на побережье Черного моря – одна из самых серьезных за последнее время экологических катастроф в стране, от которой напрямую зависит дальнейшая жизнь региона.

Для стабилизации экологической обстановки применяются сложные технологии: для локализации нефтяных пятен были установлены стреловые барьеры. Для очистки воды применен механический сбор нефти, используются сорбенты, проведена очистка береговой линии, оказана помощь пострадавшим животным и птицам [2].

Своевременные меры позволили значительно ограничить распространение загрязнения, уменьшить концентрацию токсичных веществ в воде, следовательно, минимизировать ущерб, нанесенный экосистеме, хотя гибель морских обитателей и птиц в данном случае неизбежна. Но экосистема способна постепенно восстанавливаться, хотя на это уйдут годы. Курортные районы сталкиваются с временным снижением туристической активности, а это ведет к экономическим потерям. Но со временем ситуация стабилизируется. Риски для здоровья населения контролируются, постоянно проводится мониторинг качества воды и морепродуктов.

Если бы не были своевременно приняты экстренные меры, то огромное количество нефти распространилось бы по поверхности моря, образовав плотную плёнку и нарушив газообмен между водой и атмосферой. Это могло бы привести к резкому снижению уровня кислорода и образованию «мёртвых зон». Токсичные компоненты мазута проникают в толщу воды и оседают на дне, вызывая устойчивое загрязнение экосистемы. Всё это могло бы привести к массовой гибели морских животных и птиц, нарушению пищевых цепей, вымиранию некоторых видов. Наиболее ощутимыми являются последствия для биологического разнообразия, так как планктон особенно чувствителен к загрязнениям [3].

Попав на побережье, нефтепродукты могли бы проникнуть глубоко в песок и почву, сделав пляжи непригодными на долгие годы. Это повлекло бы за собой угрозу для туристической деятельности региона, материальные потери, ухудшение качества жизни, риски для здоровья населения из-за контакта с токсичными веществами.

Можно сделать вывод, что своевременно принятые меры по ликвидации последствий разлива нефти в Черном море сохранили экосистему, предотвратили крупномасштабную, долгосрочную экологическую катастрофу, сохранили туристическую активность и экономику региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дунамалян М.А Разработка технологических решений для очистки акватории от последствий аварий, связанных с разливом нефти и нефтепродуктов // Новые технологии в газовой промышленности (газ, нефть, энергетика): тезисы докладов XVI Всероссийской конференция молодых ученых, специалистов и студентов. Москва, 2025. С. 455-456.
2. Астапова И.В. Быстро разворачиваемый комплекс для ликвидации разливов нефтепродуктов // Наука и бизнес: пути развития. 2025. № 5 (167). С. 93-97.
3. Кайзер Д.С., Гребенников Е.В., Пятаев Д.А. Глобальность поражающих воздействий нефтяных отходов на экологическую систему // Вопросы устойчивого развития общества. 2022. № 2. С. 69-73.

© Виноградова О.Н., Смирнов Д.А., 2026

УДК 331.45

Сошина Н.Л., Жмыхов Э.А.
Курский государственный университет, г. Курск, Российская Федерация
e-mail: kalanchuk81@mail.ru

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПОЖАРНЫХ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОРАЖАЮЩИХ ФАКТОРОВ ТЕХНОГЕННЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Аннотация. В статье рассмотрены опасные и вредные факторы, в том числе поражающие факторы техногенных ЧС, оказывающие неблагоприятное воздействие на здоровье пожарных в ходе выполнения ими профессиональных обязанностей; проанализированы уровни травматизма, профессиональной заболеваемости и инвалидности сотрудников пожарной охраны на основе

статистических данных по РФ и Курской области; определены основные причины и пики травматизма; обоснована необходимость внедрения организационно-управленческих мероприятий, включающих модернизацию материально-технической базы, совершенствование профессиональной подготовки и формирование культуры безопасности; реализация предложенных мер направлена на минимизацию рисков травматизма и профзаболеваний, повышение боеготовности подразделений и снижение социально-экономических рисков.

Ключевые слова: травматизм, профессиональные заболевания, безопасность труда, пожарный, чрезвычайная ситуация.

Soshina N.L., Zhmykhov E.A.
Kursk State University, Kursk, Russian Federation

ENSURING FIRE SAFETY IN CONDITIONS AFFECTED BY DAMAGING FACTORS OF MAN-MADE EMERGENCIES

Abstract. The article discusses hazardous and harmful factors, including damaging factors of man-made emergencies that have an adverse effect on the health of firefighters in the course of their professional duties; the levels of injuries, occupational morbidity and disability of fire department employees were analyzed; the main causes and peaks of injuries were determined; the need to introduce organizational and management measures aimed at minimizing the risks of injuries and occupational diseases, increasing the combat readiness of units and reducing socio-economic risks is justified.

Keywords: injuries, occupational diseases, occupational safety, fire, emergency.

В соответствии с Государственным докладом «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от ЧС природного и техногенного характера в 2024 году», в Курской области произошло 3539 пожаров, в результате чего погибло 60, травмировано 44 и спасено 118 человек силами пожарно-спасательного гарнизона области, в состав которого входит 720 подразделений, привлекаемых при пожарах, обрушении зданий и сооружений, транспортных авариях и прочих ЧС (численность гарнизона – 15153 человека и 484 единицы техники; на круглосуточном дежурстве – 128 подразделений) [1].

По общероссийскому классификатору (ОКВЭД 2), деятельность сотрудников пожарной охраны относится к 1 классу профессионального рисков (минимальному) и проходит по коду 84.25 – «Деятельность по обеспечению безопасности в ЧС» и 84.25.1 – «Деятельность по обеспечению пожарной безопасности», в соответствии с Приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 30.12.2016 г. N 851н «Об утверждении Классификации видов экономической деятельности по классам профессионального риска» (с изм. на 16.05.2025 г.); однако, данная классификация не учитывает конкретные условиям труда пожарных, в обязанности которых входит тушение пожаров, локализация и ликвидация ЧС. Проведение экспертом измерений интенсивности воздействия вредных и опасных факторов на пожарных в ходе специальной оценки условий труда невозможно, поскольку это создает угрозу для его жизни; следовательно, условия труда пожарных относят к опасным (класс 4) (п. 9, ст. 12, Федерального закона «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ).

Выполняя профессиональные обязанности, пожарный находится под воздействием комплекса неблагоприятных производственных факторов, результатом чего могут стать физическое и психоэмоциональное переутомление, травмы и профессиональные заболевания, что негативно сказывается на боеготовности пожарных подразделений, имеет отрицательные социально-экономические последствия. Следовательно, важное значение имеет

своевременная оценка риска травматизма, профессиональной заболеваемости и их профилактика.

В ходе выполнения мероприятий по ликвидации техногенных ЧС, в том числе пожаров, на пожарных оказывают воздействие следующие опасные факторы: открытое пламя, искры и тепловой поток, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода; сопутствующими проявлениями являются осколки, части разрушившихся зданий, сооружений; опасные вещества, в том числе токсичные и радиоактивные, а также огнетушащие; высокое напряжение и др.

К вредным факторам, воздействующим на пожарных, относят: физические (неблагоприятный микроклимат, шум, вибрацию), химические (наибольшую опасность представляет оксид углерода и формальдегид, диоксид азота, бензол, толуол, обладающие эффектом суммации [3]), психофизиологические (тяжесть труда и нервно-психическое напряжение, обусловленное дефицитом времени, неопределенностью событий, экстренной мобилизацией сил, высокой степенью ответственности и уровнем опасности, пребыванием в режиме ожидания), биологические (бактерии и вирусы) факторы [2, 3].

Воздействие токсических соединений и других неблагоприятных факторов может приводить к заболеваниям органов дыхания, иммунной, сердечнососудистой и центральной нервной систем; отравлению и гибели пожарных [4]. Основные причины инвалидности – болезни органов пищеварения, системы кровообращения, костно-мышечной и нервной системы, болезни соединительной ткани и новообразования. В Курской области отмечен высокий уровень инвалидности – 23,53 на 10 000 сотрудников (средний уровень для ГПС России – (16,94±0,70 на 10 000 сотрудников)) [5].

Эксперты ВОЗ относят профессию пожарного к десяти наиболее опасных в мире [2]; их условия профессиональной деятельности по шкале приемлемости риска смерти имеют очень высокий уровень – 10^{-2} в год [по 3, С. 1]. В последние

10 лет в России зафиксировано около 200 – 250 несчастных случаев с участием пожарных в год, из которых 10 % закончилось летальным исходом [6]. Средний уровень смертности пожарных в Курской области на 100 000 человек в год – 71,9 (допустимый уровень) при среднем уровне смертности сотрудников ГПС в России – (117,9 ± 25,6) [5].

Отмечены следующие пики травматизма среди пожарных в России (в период с 1990 по 2015 год): максимальный показатель риска по временам года – весна; по дням недели – четверг; по времени суток – ночь, а в дневное время – максимум приходится на период с 10 до 18 часов (51,3 %) (рис. 1) [5].

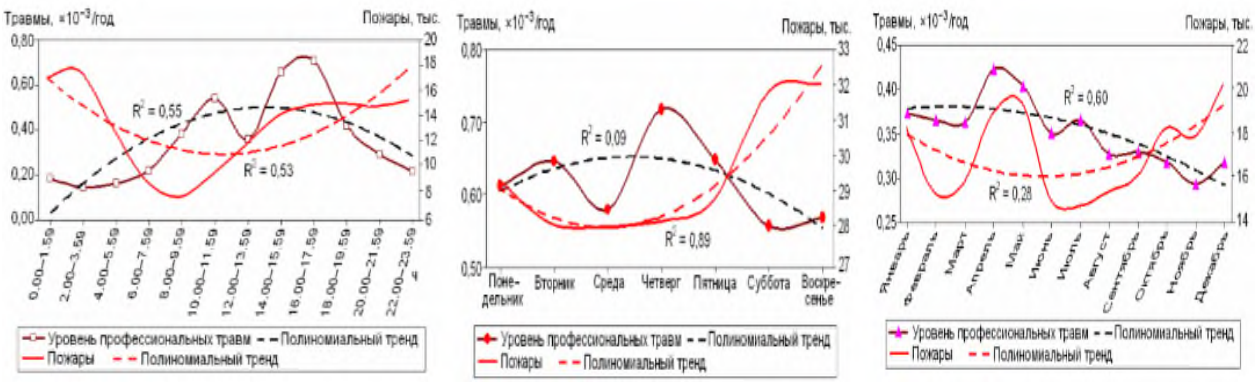


Рис. 1. Годовой риск профессионального травматизма у оперативного персонала и количество пожаров по часам суток, дням недели и месяцам [5]

На уровень травматизма пожарных оказывают влияние следующие факторы: индивидуальные (физиологические и психологические особенности, определяющие общую профессиональную пригодность и стрессоустойчивость; уровень профессиональной подготовки и опыт); организационные (отношение с руководством, слаженность коллектива, общая оснащенность пожарно-спасательной части, наличие средств индивидуальной защиты, экипировки, пожарно-технического вооружения, качество организационного и методического сопровождения); окружающая среда, урбанизация (большая этажность зданий, плотность застройки и невозможность подъезда); общество

(уровень культуры безопасности жизнедеятельности, взаимоотношения в семье). Основной причиной травматизма является «человеческий фактор» (45%) (рис. 2) [6], то есть низкий уровень культура безопасности деятельности пожарных и психологической готовности к действиям в ЧС.

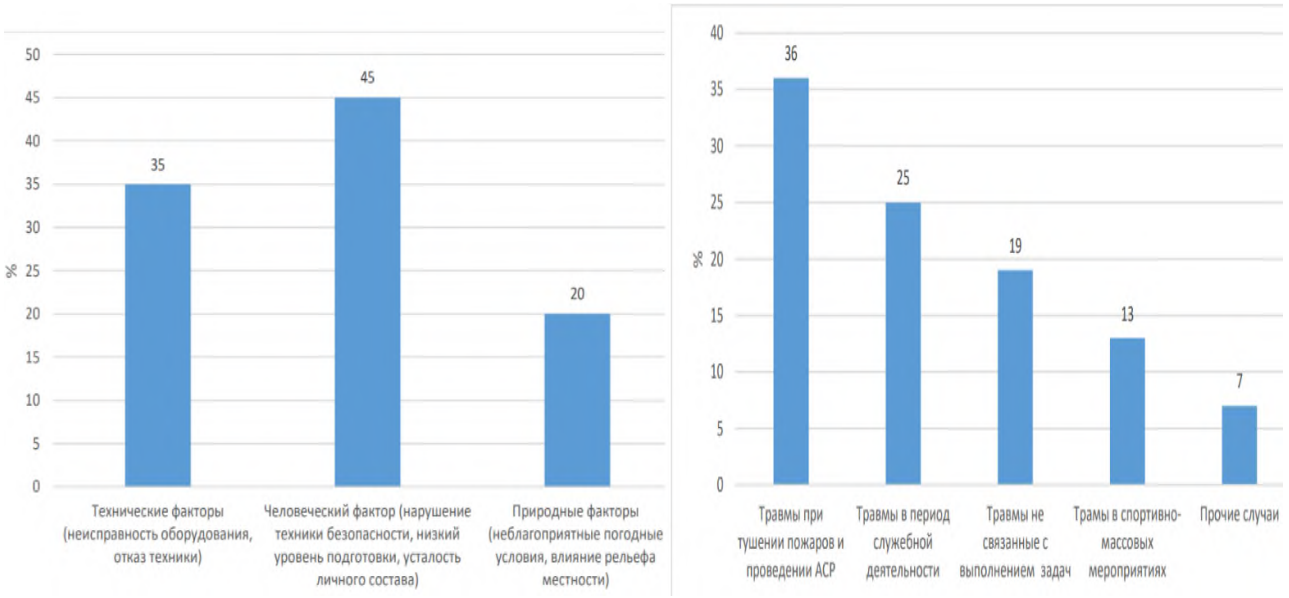


Рис. 2. Основные причины травматизма, % от общего объёма, (слева) и распределение по типам происшествий (справа) [6]

Исходя из представленных на рис. 2 данных, можно сделать вывод, что наибольшая вероятность несчастного случая связана с выполнением боевых действий по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ (АСР) в ЧС. В диссертационном исследовании Федорова С.И. (2000 г.) представлены факторы, влияющие на травматизм пожарных и их весомость, также наглядно демонстрирующие, что значение вероятности несчастного случая максимально ($P_{НС}$=0,72) при осуществлении ими действий по тушению пожаров, из них особо можно отметить подачу огнетушащих веществ, работу с пожарными стволами ($P_{НС}$=0,25) и вскрытие, разборку конструкций ($P_{НС}$=0,24).

Полностью исключить травматизм и профессиональные заболевания пожарных нельзя, но можно минимизировать риск их возникновения, для чего

необходим анализ всех несчастных случаев и случаев заболеваний для выработки профилактических мероприятий.

В качестве льгот и компенсаций за работу во вредных и опасных условиях труда, направленных на сохранение и улучшение здоровья пожарных, предусмотрены дополнительный отпуск, досрочная пенсия, доплаты, обязательное страхование жизни и здоровья, бесплатное обеспечение средствами индивидуальной защиты и др. Основными организационно-управленческими мероприятиями по улучшению условий труда, профилактике травматизма и профессиональной заболеваемости пожарных являются: совершенствования материально-технической базы, ее модернизация, контроль исправности и содержания пожарной техники и пожарно-технического вооружения; применение современных средств индивидуальной защиты и экипировки при тушении пожаров; повышение качества профотбора и профессиональной подготовки, в том числе путем активного применения современных информационных технологий; обучение но охране труда и формирование культуры безопасности; организация кабинетов охраны труда, приобретение необходимых приборов, наглядных пособий, демонстрационной аппаратуры; распространение памяток, инструкций и другой методической литературы в области охраны труда.

В заключении еще раз отметим, что опасные и вредные производственные факторы, в том числе поражающие факторы техногенных ЧС, воздействуют на пожарных преимущественно при выполнении ими непосредственно боевых действий по тушению пожаров и ликвидации последствий ЧС, результатом чего являются травмы, профессионально обусловленные заболевания и инвалидность. Внедрение вышеперечисленных мероприятий будет способствовать совершенствованию системы управления охраной труда в подразделениях пожарной охраны, обеспечению безопасности труда и

исключению неоправданно высокого риска травматизма и возникновения профессиональных заболеваний пожарных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожарная охрана Курской области. Сведения о территориальном пожарно-спасательном гарнизоне Курской области [Электронный ресурс] / ГУ МЧС России по Курской области. URL: https://46.mchs.gov.ru/glavnoe-upravlenie/sily-i-sredstva/pozharnaya-ohrana-kurskoy-oblasti (дата обращения 06.04.2026).
2. Тимошина Д.П. Пути оптимизации медицинского наблюдения за состоянием здоровья пожарных – спасателей МЧС //Актуальные проблемы транспортной медицины. 2006. Т.6, №4. С. 33-40.
3. Рукавишников В.С., Колычева И.В. Медицина труда пожарных // Медицина труда и промышленная экология. 2007. № 6. С. 1-5.
4. Ивкина М.В., Архангельская А.Н., Рогозная Е.В.. Игнатов Н.Г., Гуревич К.Г., Самусенков О.И., Осадченко И.В. Факторы риска развития заболеваний у лиц пожарной службы // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2016. Т. 15, № 2. С. 126-131.
5. Евдокимов В.И., Алексанин С.С., Бобринев Е.В. Анализ показателей заболеваемости, травматизма, инвалидности и смертности сотрудников Государственной противопожарной службы России (1996-2015 гг.): монография // СПб.: Политехника-принт, 2019. 167 с.
6. Османов Ш.А., Клюй В.В., Завьялов Д.Е. Анализ факторов, влияющих на травматизм пожарных // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2025. № 4 (39). С. 141-150.

© Сошина Н.Л., Жмыхов Э.А., 2026

УДК 349.6

Виноградова О.Н., Иванов К.А.

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, г. Великий Новгород, Российская Федерация

e-mail: Olga.Vinogradova@novsu.ru

НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЗАЩИТЫ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Аннотация. Исследование посвящено оценке ключевых пробелов нормативно-правового регулирования защиты и предупреждения техногенных чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации. В статье проведен анализ статистических данных техногенных чрезвычайных ситуаций за период с 2023 года по 2025 год. Проанализированы примеры последних крупных техногенных чрезвычайных ситуаций в России. В работе предлагаются идеи по изменению и дополнению действующего законодательства определёнными нормами и понятиями.

Ключевые слова: техногенные чрезвычайные ситуации, государство, предупреждение, профилактика, законодательство.

Vinogradova O.N., Ivanov K.A.

Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russian Federation

LEGAL REGULATION OF PROTECTION AND PREVENTION OF MAN-MADE EMERGENCIES IN THE RUSSIAN FEDERATION

Abstract. The study is devoted to the assessment of key gaps in the regulatory framework for the protection and prevention of man-made emergencies in the Russian

Federation. The article analyzes statistical data on man-made emergencies for the period from 2023 to 2025. The living examples of the last major man-made emergencies in Russia are analyzed. The paper suggests ideas for changing and supplementing existing legislation with certain norms and concepts.
Keywords: man-made emergencies, state, warning, prevention, legislation.

Нормативно-правовое регулирование защиты и предупреждения техногенных чрезвычайных ситуаций (ЧС) в России закреплено пунктом «з» части 1 статьи 72 конституции Российской Федерации. В соответствии с этой нормой государство берёт на себя ответственность осуществлять меры по борьбе с катастрофами, стихийными бедствиями, эпидемиями, ликвидацией последствий [1].

Таким образом, данная обязанность продолжает оставаться в числе ключевых и главных приоритетов страны.

Основным законом в Российской федерации в сфере защиты и предупреждения чрезвычайных ситуаций техногенного характера является федеральный закон от 21.12.1994 под номером 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [2]

Так же второстепенными регламентирующими документами в сфере защиты населения и предупреждения территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного характера в РФ являются:

1. Федеральный закон от 21 декабря 1994г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности»;
2. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;
3. Указ Президента Российской Федерации от 11 марта 2019 г. № 97 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу»;

4. Постановление Правительства РФ от 21 августа 2000 г. № 613 «О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов»;

5. Постановление Правительства Российской Федерации от 18 сентября 2020 г. № 1485 «Об утверждении Положения о подготовке граждан Российской Федерации, иностранных граждан и лиц без гражданства в области защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

Вышеперечисленные правовые акты направлены на претворение современной политики профилактики, предупреждения и защиты гражданского населения от чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

Проведем анализ статистических данных, представленных на сайте МЧС России за последние три года. Из представленных цифр видно, что численность происшествий техногенного характера с 2023 года по 2025 год уменьшилась на 10,82%, но число пострадавших и погибших значительно увеличилось, на 59,35% [3]. Такая статистика продолжает оставаться заметной, и хотелось бы привести два примера крупных чрезвычайных ситуаций техногенного характера за последние три года.

Одна из чрезвычайных ситуаций произошла 15 декабря 2024 года в Керченском проливе при крушении двух крупных нефтяных танкеров «Волгонефть -212» и «Волгонефть -239», которые перевозили 9,2 тысяч тонн мазута. В результате произошла крупная утечка мазута в море, а также загрязнение пляжей крупных курортных городов и поселений. После обнаружения пятен и выбросов на пляж смесей нефтепродукта в Краснодарском крае был введён региональный режим ЧС. Через 10 дней после крушения, радиус разлива мазута был значительно увеличен, тем самым было принято решение о введении режима чрезвычайной ситуации краевого масштаба, но на следующий день был переквалифицирован в федеральный.

По данным экспертов причиной крушения танкеров стало халатное отношения и легкомыслие при выполнении своих прямых обязанностей, что

привело к крупному экологическому ущербу водной акватории Российской Федерации и гибели одного члена экипажа судна.

Второй пример: 15 августа в 10:30 на предприятии в Шиловском районе Рязанской области произошло возгорание в одном из производственных цехов. По информации экстренных служб, на заводе «Эластик» произошел взрыв пороха. Согласно сведениям, в результате чрезвычайной ситуации погибли более 20 человек, пострадали более 130. По факту данного происшествия возбуждено уголовное дело о нарушении требований промышленной безопасности опасных производственных объектов, что повлекло по неосторожности смерть более двух человек (ч. 3 ст. 217 УК РФ). Объявлен режим ЧС муниципального уровня.

Исходя из двух примеров, можно сделать вывод, что для нашей страны данные чрезвычайные ситуации являются серьёзными происшествиями, которые нанесли большой экономический, экологический ущерб государству, но причиной аварий стала недостаточно проведённая профилактическая работа, халатное отношение к работе и законодательству РФ.

На данный момент в Российском законодательстве отсутствуют положения о профилактической деятельности и предупреждению об опасности техногенных ситуаций. Только в ФЗ от 21.12.1994 N 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» присутствует глава 5. «Подготовка населения в области защиты от ЧС», в которой предусмотрены статьи:

1. **с**татья 20. Подготовка населения в области защиты от чрезвычайных ситуаций;

2. статья 21 «Пропаганда знаний в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций».

Но чтобы положения федерального закона исполнялись в полном объёме этого недостаточно. Исходя из того, что, во-первых, последние изменения были внесены только в 2015 году (в ред. Федеральных законов от 30.12.2015 № 448-ФЗ), где были изменены минимально термины и адресация, кто должен пройти обучение. Во-вторых, статьи не несут императивности, а имеют отсылочный

характер, направленный на пропаганду и профилактику чрезвычайных ситуаций, которые возлагаются на органы исполнительной и муниципальной власти. В-третьих, нет точных рекомендаций по ведению статистического учёта проведенной профилактической работы.

Подводя итог проведенного анализа нормативно-правового регулирования в области защиты и предупреждения техногенных чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации, можно сделать вывод о необходимости изменения и дополнения действующего законодательства определёнными нормами и понятиями. Во-первых, введением отдельной главы или статьи в федеральный закон от 21.12.1994 N 68-ФЗ «О проведении обязательной профилактической деятельности органами исполнительной, муниципальной власти и организациями, работа которых направлена на реализацию пропаганды и ведение деятельности по защите и предупреждению населения при чрезвычайных ситуациях» для экономически значимых государственных предприятий, промышленных, химических, нефтедобывающих предприятий, организаций, осуществляющих транспортировку опасных грузов и предприятий, занимающихся социально и экономически значимыми задачами, поставленными правительством РФ. Во-вторых, вынесение отдельных рекомендаций о сборе информации, о проведении профилактической деятельности и ведении статистического учёта данных.

В-третьих, создать комиссионные группы специалистов в сфере защиты и предотвращения чрезвычайных ситуаций техногенного характера на предприятиях и организациях для минимизации халатности работников и руководителей. В-четвёртых, ужесточить нормы законодательства, об ответственности за небрежное отношение к трудовой дисциплине и за халатность, в ходе которой произошла техногенная чрезвычайная ситуация.

Результат этих изменений даст хороший толчок к правосознанию граждан и должностных лиц, достаточно минимизирует численность жертв и пострадавших в техногенных чрезвычайных ситуациях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конституция Российской Федерации: принята всенародным голосование 12 декабря 1993 г.: в последней редакции – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/ (Дата обращения: 06.04.2026).
2. Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21.12.1994 N 68-ФЗ (последняя редакция) – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5295/ (Дата обращения: 06.04.2026).
3. Государственный доклад о состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2024 году / МЧС России. - URL: https://mchs.gov.ru/dokumenty/7807 (Дата обращения: 06.04.2026).

© Виноградова О.Н., Иванов К.А., 2026

УДК 629.7.083.03

Ворфоломеев Н.В., Логош К.М.
Московский государственный технический университет гражданской авиации, г. Москва, Российская Федерация
e-mail: nickvorfolomeeff@yandex.ru

О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Аннотация. Изложены результаты оценки влияния человеческого фактора в гражданской авиации в период с 2008 по 2024 года по результатам опубликованных отчетов Межгосударственного авиационного комитета. Несмотря на увеличение или снижение количества авиационных происшествий

в разные годы, доля человеческого фактора в причинах происшествий остаётся на высоком уровне. Также рассмотрен один из аспектов человеческого фактора – потеря пространственной ориентировки в условиях ограниченной видимости. Показано, что число авиационных происшествий, связанных с потерей пространственной ориентировки в условиях ограниченной видимости увеличивается, большая часть происшествий происходит при полётах по правилу визуальных полётов, при сложных метеорологических условиях – чаще всего в условиях тумана.

Ключевые слова: человеческий фактор, авиационное происшествие, потеря пространственной ориентировки в условиях ограниченной видимости.

Vorfolomeev N.V., Logosh K.M.

Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russian Federation

ON SOME ASPECTS OF THE HUMAN FACTOR IN CIVIL AVIATION

Abstract. The article presents the results of an assessment of the human factors impact in civil aviation from 2008 to 2024, based on published reports by the Interstate Aviation Committee. Despite increases and decreases in the number of aviation accidents over the years, the role of human factors in accident causes remains high. One aspect of human factors – loss of spatial orientation in low visibility conditions is also examined. It is shown that the number of aviation accidents related to loss of spatial orientation in low visibility conditions is increasing, with the majority of accidents occurring during flights under visual flight rules and in adverse weather conditions, most often in fog.

Keywords: human factor, aviation accident, loss of spatial orientation in conditions of limited visibility.

Вопросы безопасности полетов и роли в них человеческого фактора продолжают оставаться актуальными в гражданской авиации [1]. На рис. 1 приведено количество авиационных происшествий в РФ за 2008-2024 гг., а также доля человеческого фактора среди всех авиационных происшествий за эти годы среди стран-участников Межгосударственного авиационного комитета (МАК) по данным отчетов о состоянии безопасности полетов среди стран МАК [2].

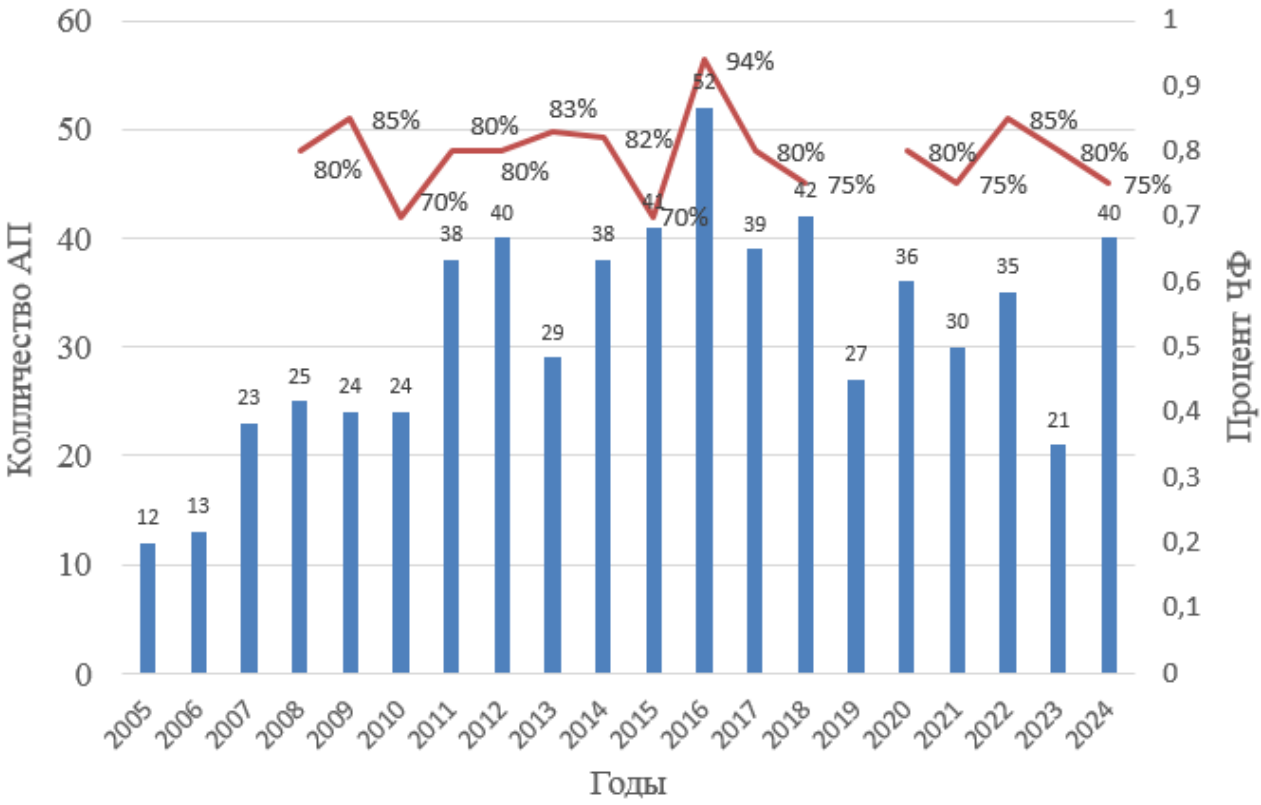


Рис. 1. Количество авиационных происшествий (АП) в РФ за 2008-2024 гг. (а), а также доля человеческого фактора (ЧФ) среди всех авиационных происшествий за эти годы среди стран-участников Межгосударственного авиационного комитета (МАК) (б) за 2008-2024 гг.

Примечание: за 2005-2007 гг. и 2019 г. данных о доле ЧФ в отчетах МАК нет.

Количество авиационных происшествий в РФ увеличивается в период с 2008 до 2013, в остальные годы значительных увеличений или снижений нет. Доля человеческого фактора в период с 2008-2024 гг. остается высокой, в

среднем 80 %, что говорит о том, что человеческий фактор является определяющим фактором в большинстве в авиационных происшествий.

Основными составляющими человеческого фактора являются профессиональный, эргономический и психологический, влияние внешней среды и социальный [3]. Профессиональный аспект проявляется вследствие недоученности при первоначальном или периодическом обучении, несовершенства в организации летной работы. Эргономический аспект обусловлен недостаточным учетом характеристик человека при конструировании кабины экипажа, проблем в оформлении документации, что затрудняет восприятие информации.

Психологические особенности человека, такие как низкая стрессоустойчивость, недостаточно объективная самооценка, склонность к риску – могут привести к принятию неверных решений. Психофизиологические ограничения человека проявляются в ограниченных возможностях восприятия сигналов, задержки реакции и перегрузки информацией. Влияние внешней среды включает сложные метеоусловия и факторы, связанные с управлением воздушным движением. Социальный аспект – это условия труда, режим труда и отдыха, система оплаты труда.

Рассмотрим более подробно аспект человеческого фактора, связанный с психофизиологическими ограничениями человека – потерю пространственной ориентировки в условиях ограниченной видимости.

Пространственная дезориентация во всем авиационном мире названа одним из самых опасных факторов пилотирования [4]. За все годы существования авиации удельный вес нарушений пространственной ориентировки в качестве самостоятельной причины авиационных происшествий достаточно стабилен и достигает 5-12 %, причем 85 % всех случаев заканчиваются гибелью пилота (экипажа) [5].

Среди условий, ухудшающих видимость, обзор внекабинного пространства и способствующих развитию иллюзорных ощущений, у пилотов вертолетов следует назвать туманы, дымки, облака, снежный и пыльный вихри.

Были проанализированы авиационные происшествия, связанные с потерей пространственной ориентировки в условиях ограниченной видимости в России за период с 2020-2024 гг. [6].

Всего за 2020-2024 гг. произошло 12 авиационных происшествия (АП), что составляет 7,14% от всех авиационных происшествий в РФ за эти годы. В 2020 г. произошло 1 АП, в 2021 – 1, в 2022 – 3, в 2023 – 2, в 2024 – 5. С 2023 г. наблюдается увеличение числа авиационных происшествий, связанных с потерей пространственной ориентировки в условиях ограниченной видимости.

Распределение типов воздушных судов, фигурировавших в авиационных происшествиях, связанных с потерей пространственной ориентировки следующее: Ми-8 - 3 АП, Robinson R44 – 2 АП, Ми-2 – 1 АП, Ан-2 – 1, Bristell RG – 1, Ансат – 1, AS 350 B3e – 1, ЕЭВС Белый лебедь – 1, Bell-407 - 1. На Ми-8 и Robinson R44 приходится 42 % АП.

Распределение авиационных происшествий в зависимости от правил выполнения полёта следующее: 75% полеты по правилам визуальных полетов и 25% полеты по правилам полетов по приборам.

На рис. 2. представлены метеоусловия, на месте авиационных происшествий. Согласно представленным данным, ключевым неблагоприятным фактором стал туман или дымка – на эту категорию приходится ровно половина всех случаев. Другая половина распределена между тремя типами условий: снег или метель (17 %), низкая граница облаков (17 %), ночное время (17 %).

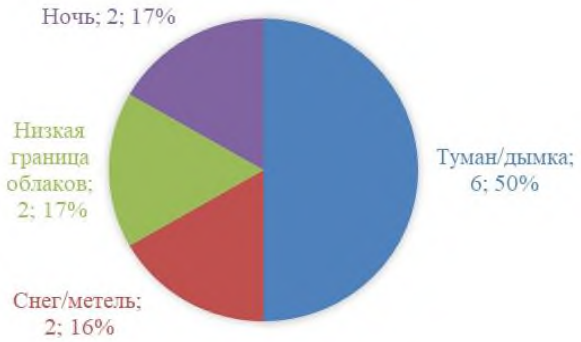


Рис. 2. Метеоусловия, на месте авиационных происшествий, связанных с пространственной ориентировкой в условиях ограниченной видимости в 2020-2024 гг.

Таким образом, показано, что доля происшествий связанных с человеческим фактором составляет 80 %. Из этого следует, что человеческий фактор остаётся одним из главных факторов в авиационных происшествиях и играет важную роль в безопасности полётов. Среди авиационных происшествий, связанных с человеческим фактором, 7 % приходится на потерю пространственной ориентировки в условиях ограниченной видимости. Следовательно, необходимы мероприятия по снижению влияния этого аспекта человеческого фактора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Doc I. 9683-AN/950 //Руководство по обучению в области человеческого фактора.
2. МАК. Состояние безопасности полетов в гражданской авиации государств-участников соглашения о ГА и об использовании воздушного пространства в 2008-2024 гг. [Электронный ресурс] URL: https://mak-iac.org/rassledovaniya/bezopasnost-poletov/ (дата обращения: 20.04.2026).
3. Овчаров В.Е. «Человеческий фактор» в авиационных происшествиях (методические материалы). М.: Полиграф, 2005.
4. Чунтул А.В. Человек в вертолете: Психофизиология профессиональной деятельности экипажей современных и перспективных вертолетов. Когито-Центр, 2018.

5. Лапа В. В., Пономаренко В. А., Чунтул А. В. Психофизиология безопасности полетов //М.: МОО «Ассоциация журналистов, пишущих на правоохранительную тематику. 2013.
6. МАК. Расследование авиационных происшествий и инцидентов: База по расследованию. [Электронный ресурс] - URL: https://mak-iac.org/rassledovaniya/ (дата обращения: 20.04.2026).

© Ворфоломеев Н.В., Логош К.М., 2026

УДК 614.8; 621.311.25; 9.032

Новичихина В.В., Журавлева О.О.
Российский государственный университет туризма и сервиса, г. Пушкино, Российская Федерация
e-mail: violetta.novichihina@yandex.ru

ТЕХНОГЕННЫЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

Аннотация. В статье рассматривается сущность техногенных чрезвычайных ситуаций, их классификация и основные причины возникновения. Анализируются экологические, экономические и социальные последствия аварий на промышленных объектах. Особое внимание уделено методам предупреждения и снижения рисков, включая нормативно-правовое регулирование, системы мониторинга и современные цифровые технологии. Показано, что внедрение предиктивной аналитики и цифровых двойников способно перевести управление техногенной безопасностью на качественно новый уровень.

Ключевые слова: техногенная катастрофа, промышленная авария, чрезвычайная ситуация, техногенный риск, промышленная безопасность, цифровые технологии, предиктивная аналитика.

Novichikhina V.V., Zhuravleva O.O.
Russian State University of Tourism and Service, Pushkino, Russian Federatione

TECHNOGENIC EMERGENCIES

Abstract. The article examines the essence of technogenic emergencies, their classification, and the primary causes of occurrence. The environmental, economic, and social consequences of accidents at industrial facilities are analyzed. Special attention is paid to methods of prevention and risk reduction, including legal and regulatory frameworks, monitoring systems, and modern digital technologies. It is demonstrated that the implementation of predictive analytics and digital twins can elevate technogenic safety management to a qualitatively new level.
Keywords: technogenic disaster, industrial accident, emergency situation, technogenic risk, industrial safety, digital technologies, predictive analytics.

Современный этап развития цивилизации характеризуется беспрецедентным ростом техногенной нагрузки на окружающую среду и население. Актуальность исследования техногенных чрезвычайных ситуаций (ЧС) обусловлена их устойчивым доминированием в общей структуре катастроф и происшествий по сравнению с природными катаклизмами. В условиях стремительной урбанизации и концентрации критической инфраструктуры в городских агломерациях даже локальный отказ оборудования способен инициировать каскадное развитие аварии с масштабными последствиями. Плотная застройка, близость жилых кварталов к промышленным зонам и высокая насыщенность городов энергетическими и транспортными коммуникациями создают среду, в которой техногенный риск становится неотъемлемым элементом повседневной жизни.

Наблюдаемая динамика последних десятилетий указывает на неуклонное повышение уровня техногенных рисков. Ключевыми драйверами этого процесса выступают: высокий процент износа основных производственных фондов в промышленности и жилищно-коммунальном хозяйстве, внедрение потенциально опасных технологий двойного назначения, а также колоссальная плотность транспортных потоков. По оценкам профильных ведомств, средний возраст оборудования на многих предприятиях химического, нефтеперерабатывающего и металлургического профиля превышает 30-40 лет, что многократно увеличивает вероятность отказов и аварийных выбросов [2]. Параллельно с этим происходит усложнение технологических процессов: в хозяйственный оборот вовлекаются все более токсичные соединения, легковоспламеняющиеся материалы и источники ионизирующего излучения, требующие особых режимов контроля и защиты.

Свою роль в обострение ситуации вносит и человеческий фактор. Недостаточная квалификация персонала, нарушения производственной дисциплины и просчеты в проектировании систем безопасности продолжают оставаться одной из ведущих причин возникновения техногенных ЧС. В совокупности перечисленные факторы формируют высокую уязвимость социума перед угрозами взрывов, пожаров, выбросов опасных химических веществ и радиационного заражения. Именно поэтому анализ причин и механизмов развития техногенных аварий, а также совершенствование методов их прогнозирования, предупреждения и ликвидации последствий входят в число приоритетных задач национальной безопасности и требуют постоянного научного сопровождения.

Техногенная чрезвычайная ситуация – это обстановка, сложившаяся в результате аварии или катастрофы на техническом объекте, которая влечёт за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей, материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности [1]. В отличие от природных бедствий,

источник опасности здесь имеет рукотворное происхождение и связан с отказами техники, ошибками персонала или разрушением конструкций.

Основные признаки:

- Техническая природа источника происшествия.
- Внезапность и быстротечность развития аварийной фазы.
- Наличие поражающих факторов (ударная волна, огонь, токсичные вещества, радиация).
- Нарушение работы систем жизнеобеспечения населения.
- Причинение социального и материального ущерба.

Техногенные чрезвычайные ситуации классифицируют по трём основным направлениям. По источнику возникновения выделяют транспортные аварии, пожары и взрывы, выбросы химически опасных веществ, выбросы радиоактивных веществ, аварии на коммунально-энергетических сетях, внезапное обрушение зданий и сооружений, а также гидродинамические аварии, связанные с прорывом плотин и дамб [3]. По масштабу последствий различают локальные чрезвычайные ситуации, не выходящие за пределы объекта, муниципальные, ограниченные границами одного поселения, региональные и межрегиональные, охватывающие один или несколько субъектов Российской Федерации, а также федеральные, затрагивающие значительную часть территории страны. По характеру поражающих факторов техногенные ЧС подразделяют на термические, сопровождающиеся ожогами и перегревом, барические, связанные с воздействием взрывной волны и обломков, химические, приводящие к отравлению токсичными веществами, радиационные, вызывающие лучевую болезнь и загрязнение местности, и гидродинамические, проявляющиеся в затоплении и механическом ударе водного потока.

Техногенные катастрофы редко имеют одну причину – обычно это сочетание нескольких факторов.

Человеческий фактор остаётся ведущей причиной аварий (до 60 процентов случаев). Сюда относят ошибочные действия персонала, нарушение инструкций, низкую квалификацию, усталость и неверные решения в нештатных ситуациях. Дефицит опытных кадров на производстве усиливает этот риск.

Технические неисправности и износ оборудования – вторая по значимости группа причин. Многие объекты работают десятилетиями, металл стареет, автоматика выходит из строя. Коррозия труб, усталость конструкций и отказы защитных систем приводят к внезапным авариям без видимых предвестников.

Ошибки проектирования закладывают мину замедленного действия ещё до строительства объекта. Неправильный расчёт нагрузок, выбор неподходящих материалов или игнорирование геологических условий площадки создают предпосылки для будущих разрушений.

Нарушение норм эксплуатации проявляется в несоблюдении сроков ремонта, использовании несертифицированных запчастей, перегрузке оборудования сверх проектных параметров. Часто это связано с желанием сэкономить или ускорить производственный цикл.

Внешние воздействия – природные явления (ураганы, наводнения, удары молний) и преднамеренные действия (диверсии, террористические акты) также способны спровоцировать техногенную аварию, особенно на изношенных объектах с ослабленной защитой.

Последствия техногенных чрезвычайных ситуаций носят комплексный характер и затрагивают все сферы жизнедеятельности общества [1]. С экологической точки зрения наиболее тяжелыми являются аварии с выбросом химических и радиоактивных веществ, приводящие к долговременному загрязнению почвы, водных источников и атмосферного воздуха. Восстановление природных экосистем после таких инцидентов может занимать десятилетия, а в отдельных случаях территория становится полностью непригодной для проживания и хозяйственного использования. Экономический

ущерб складывается из прямых потерь (разрушение зданий, оборудования, инфраструктуры) и косвенных издержек, связанных с остановкой производства, выплатой компенсаций пострадавшим и затратами на ликвидационные мероприятия. Крупные аварии способны нанести урон, сопоставимый с годовым бюджетом целого региона, и затормозить его развитие на годы вперед. Социальные последствия выражаются в вынужденном переселении людей из зон поражения, потере жилья и имущества, разрушении привычного уклада жизни и росте социальной напряженности. Особенно остро эти проблемы проявляются в моногородах, где градообразующее предприятие одновременно является и источником техногенной угрозы. Влияние на здоровье населения не ограничивается непосредственными травмами и острыми отравлениями в момент аварии [4]. Отдаленные медицинские эффекты включают рост онкологических заболеваний, генетические нарушения, ухудшение репродуктивного здоровья и обострение хронических болезней под воздействием остаточного загрязнения среды обитания.

Масштаб и тяжесть рассмотренных выше последствий закономерно выводят на первый план задачу предотвращения техногенных катастроф. Очевидно, что ликвидация аварии всегда обходится многократно дороже, чем её своевременное предупреждение [5]. Именно поэтому в современной науке и практике управления безопасностью акцент смещается с реагирования на уже случившиеся происшествия в сторону проактивного снижения рисков.

Система предупреждения техногенных чрезвычайных ситуаций базируется на нескольких взаимодополняющих подходах. Фундаментом служит нормативно-правовое регулирование, которое устанавливает обязательные требования промышленной безопасности, регламентирует процедуры лицензирования опасных объектов и определяет меры ответственности за нарушения. Федеральные законы, технические регламенты и своды правил формируют юридический каркас, обязывающий собственников предприятий поддерживать допустимый уровень риска. Важнейшую роль играют системы

мониторинга и диагностики, позволяющие выявлять дефекты и отклонения на ранних стадиях, до того как они перерастут в аварию. Современные методы неразрушающего контроля, датчики вибрации, тепловизионное обследование и непрерывный анализ состояния конструкций дают возможность прогнозировать остаточный ресурс оборудования и своевременно планировать ремонтные работы. Инженерные методы повышения безопасности включают внедрение дублирующих систем защиты, установку предохранительных клапанов и мембран, создание защитных оболочек реакторов и строительство обваловок вокруг ёмкостей с опасными веществами. Принцип «защиты в глубину» предполагает создание нескольких последовательных барьеров на пути развития аварии. Системы искусственного интеллекта способны обрабатывать огромные массивы данных с тысяч датчиков, выявлять аномалии и предсказывать аварийные сценарии, а цифровые двойники опасных производств позволяют моделировать поведение объекта в различных режимах без риска для реального оборудования и персонала.

Цифровая трансформация, о которой было сказано выше, не просто дополняет традиционные методы обеспечения безопасности, а формирует принципиально новый ландшафт управления техногенными рисками. Рассмотрим наиболее значимые технологические инструменты, уже сегодня меняющие подходы к предотвращению аварий.

Среди передовых решений особое место занимают цифровые двойники – виртуальные копии реальных производственных объектов, которые в режиме реального времени отображают состояние оборудования и протекающие процессы. С их помощью можно моделировать нештатные ситуации, тестировать сценарии развития аварий и отрабатывать действия персонала без малейшего ущерба для реального производства. Параллельно развиваются системы прогнозирования, основанные на математических моделях накопления повреждений и методах предиктивной аналитики. Они позволяют с высокой точностью предсказывать момент выхода узла из строя и назначать ремонт именно тогда, когда он действительно необходим. Автоматизированные системы

контроля сегодня способны самостоятельно распознавать опасные отклонения и запускать процедуры экстренной остановки быстрее человека-оператора. Отдельным, но крайне важным направлением становится внедрение ресурсосберегающих технологий [2]. Снижение объёмов используемого сырья, переход на замкнутые циклы водоснабжения и рекуперация энергии не только сокращают воздействие на природу, но и напрямую уменьшают техногенные риски – ведь чем меньше опасных веществ находится в технологической цепочке единовременно, тем ниже потенциальная тяжесть аварии. Комплексное применение всех этих подходов позволяет перевести промышленную безопасность на качественно новый уровень.

Урбанизация, износ инфраструктуры и усложнение технологических процессов ведут к неуклонному росту аварийных рисков, а последствия катастроф приобретают всё более масштабный и долговременный характер, затрагивая экологию, экономику и здоровье населения. В качестве основных выводов следует подчеркнуть, что доминирующей причиной техногенных происшествий выступает человеческий фактор, однако его влияние может быть существенно снижено за счёт грамотного сочетания нормативно-правовых, инженерных и цифровых методов защиты. Практическая значимость рассмотренных подходов заключается в том, что их внедрение позволяет перейти от реактивной модели ликвидации последствий к проактивному управлению рисками. Перспективы развития технологий безопасности связаны прежде всего с дальнейшей цифровизацией отрасли. Уже в ближайшие годы следует ожидать широкого распространения цифровых двойников опасных производств, внедрения нейросетевых алгоритмов предиктивной аналитики и создания полностью автоматизированных систем противоаварийной защиты, способных действовать без участия человека. В совокупности эти меры формируют основу для построения более устойчивой и безопасной техносферы будущего.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисова О.Н. Ресурсосбережение в строительстве – стимул экологического прогресса // Экология промышленного производства. 2020. № 1. С. 39-42.
2. Борисова О.Н. Предпосылки для рационального ресурсосбережения – создание экотехнопарков // Славянский форум. 2018. № 2 (20). С. 124129.
3. Шубов Л.Я., Борисова О.Н. Об оптимизации управления твердыми бытовыми отходами в системе ЖКХ // Жилищно-коммунальное хозяйство. 2013. № 11. С. 20-29.
4. Борисова О.Н., Доронкина И.Г. Эколого-экономическая эффективность технологических процессов очистки сточных вод //Сервис в России и за рубежом. 2015. Т. 9. № 4 (60). С. 112-121.
5. Ветошкин А.Г., Таранцева К.Р. Техногенный риск и безопасность: учебное пособие. 2-е изд. М.: ИНФРА-М, 2024.

© Новичихина В.В., Журавлева О.О., 2026

УДК 621.039.586

Кириленко В.А.
Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, Красноярский техникум железнодорожного транспорта, г. Красноярск, Российская Федерация
e-mail: Kirilenkoo11@mail.ru

ЧЕРНОБЫЛЬ 1986. ПРИЧИНЫ КАТАСТРОФЫ, СТРУКТУРА УЩЕРБА И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ

Аннотация. В данной статье поднимается вопрос о страшной техногенной катастрофе, 1986 года; последствиях аварии; ущерба от взрыва; уроки, которые

мы смогли извлечь из данного опыта; рекомендации по реагированию на данные казусы.

Ключевые слова: Чернобыль, радиация, ликвидация, ущерб, катастрофа, апрель 1986.

Kirilenko V.A.
Krasnoyarsk Institute of Railway Transport is a branch of Irkutsk State Transport University, Krasnoyarsk College of Railway Transport, Krasnoyarsk, Russian Federation.

CHERNOBYL 1986. CAUSES OF THE CATASTROPHE, DAMAGE STRUCTURE AND CONSEQUENCES ELIMINATION

Abstract. This article raises the issue of the terrible man-made disaster of 1986; the consequences of the accident; the damage caused by the explosion; the lessons we have learned from this experience; and recommendations for responding to such incidents.
Keywords: Chernobyl, radiation, liquidation, damage, catastrophe, April 1986.

26 апреля 1986 в 01:24 произошла страшнейшая техногенная катастрофа, которая потрясла не только Советский Союз, но и весь мир. Авария, произошедшая на Чернобыльской атомной электростанции, коснулась и близлежащих стран соседей. В своем докладе я хочу разобрать, что же на самом деле случилось в тот день, и привело к раковому взрыву, какой многогранный ущерб он нанес и как проходила борьба с последствиями такого масштаба.

Тема Чернобыльской катастрофы по сей день сохраняет актуальность, поскольку она служит большим уроком о критической важности безопасности, открытости информирования и самое важное приоритета человеческой жизни при управлении сложными технологическими системами. Кроме того, долгоживущие последствия аварии делают Чернобыль не забытым прошлым, а

продолжают иметь открытый вопрос в области науки, экологии и общества. Целью моей работы является изучение комплекса причин и извлечь уроки, которые будут актуальными для современного мира.

Катастрофа на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС) не была случайностью или стечением обстоятельств. Она стала закономерным итогом взаимодействия нескольких ключевых факторов, рассмотрим основные причины:

Одна из причин лежит в технической недоработке. Реактор типа РБМК–1000, установленный на ЧАЭС, обладал серьезным конструктивным недостатком, при потере воды–теплоносителя цепная реакция в реакторе не затухала, а, наоборот, ускорялась. Реактор становился неустойчивым на малых мощностях, а его конструкция не была защищена, как у современных западных аналогов. Можно считать, что это являлось бомбой замедленного действия.

Вторая, и не менее важная, группа причин – человеческий фактор и организационные работы. В ночь на 26 апреля работники станции проводили испытания по выбегу турбогенератора. Для его проведения операторы при нарушении всех инструкций вывели реактор на недопустимо низкую и неустойчивую мощность, отключили системы аварийного охлаждения и автоматической защиты. Это было сделано не из–за злого умысла, а в силу сложившейся ситуации: жесткие планы, требование любой ценой выполнять задания, атмосфера секретности, где критика и сомнения не поощрялись. Персонал не до конца понимал опасные особенности реактора, а руководство проигнорировало несколько предупреждающих сигналов. Судьбу энергоблока решила эта цепочка решений, принятых под прессом главного руководства об этом испытании.

Ущерб, причиненный от этой аварии неизмерим в рублях, самый большой вред был нанесен по экологии. В атмосферу было выброшено около 5% радиоактивного вещества активной зоны блока. Тяжелые изотопы осели на огромной территории более 200 тысяч квадратных километров, в связи с чем

появились зоны отчуждения. Земли, реки и леса стали загрязнёнными и непригодными для человеческого использования. Чернобыльская зона стала явным показателем человеческой халатности в управлении серьезным аппаратом.

Непосредственно от взрыва и острой лучевой болезни погиб 31 человек, но настоящие масштабы человеческих потерь до сих пор являются предметом исследований и споров. Более 115 тысяч человек были в срочном порядке эвакуированы из 30–километровой зоны, оставив свои дома, имущество. Тысячи ликвидаторов, работавших на блоке с 1986 по 1989 года, получили дозы облучения, что привело к сильному подрыву их здоровья – росту заболеваний щитовидной железы, онкологии, сердечно-сосудистым патологиям.

Ну и третья составляющая, где прямые затраты на ликвидацию последствий, строительство саркофага, выплаты компенсаций и переселение людей оцениваются в 200 миллиардов рублей. Потеряли свой оборот огромные сельскохозяйственные и лесные угодья. Авария нанесла сокрушительный удар по советской науке и технологии, ускорив процессы переосмысления, а в мировом масштабе заставила полностью пересмотреть подходы к ядерной энергетике.

Рис. 1. Разрушенный 4–й энергоблок ЧАЭС

В небольшое заключение вышесказанных мною фактов, хочется добавить слова выдающегося советского ученого, действительного члена Академии медицинских наук СССР, крупнейшего специалиста по лечению лейкозов Андрея Ивановича Воробьева. Вот что он сказал в связи с чернобыльской катастрофой:

«Вы можете себе представить, что будет с планетой, если разбомбить атомные электростанции даже обычными боеголовками, без ядерных зарядов? Представить человечество в таком ампутированном виде не может ни один цивилизованный человек. Думаю, что после этой аварии должно закончиться средневековое мышление человечества.

Очень многое требует сегодня переоценки. И хотя количество жертв в результате аварии ограничено, а большинство пострадавших останется в живых и выздоровеет, происшедшее в Чернобыле показало нам масштабы возможной катастрофы. Это должно буквально переформировать наше мышление, в том числе и мышление любого человека, кем бы он ни был – рабочим или ученым. Ведь ни одна авария не бывает случайной. Значит, надо понимать, что атомный век требует такой же точности, с какой рассчитываются траектории ракет. Атомный век не может быть в чем–то только одном атомным. Очень важно понять, что сегодня люди должны знать, например, что такое хромосомы, так же хорошо, как знают они, что такое четырехтактный двигатель внутреннего сгорания. Без этого нельзя жить. Хочешь жить в атомном веке – создавай новую культуру, новое мышление…» [1].

Сегодня, почти сорок лет спустя, мы пытаемся понять, чему же нас научил Чернобыль. И с горечью признаем, что многие уроки так и остались на бумаге. Чернобыль научил нас, что скрывать неполадки – смертельно опасно. Но научились ли мы не скрывать? Информация об инцидентах на опасных производствах по–прежнему часто становится достоянием общественности

только после того, как случается большое. Ведомственная закрытость, боязнь потерять лицо, все это работает против главного принципа: предупрежден – значит вооружен.

На каждом опасном производстве, в каждом надзорном органе должна действовать система добровольных сообщений об инцидентах, защищающая заявителя от преследования. Человек, сообщивший о проблеме, должен получать не выговор, а благодарность. Сообщения должны становиться предметом открытого разбора, а их обобщенные результаты публиковаться и доводиться до сведения всех заинтересованных специалистов.

Чем сложнее система, тем важнее квалифицированный, инициативный, думающий оператор. Но такого оператора нужно готовить. Ему нужно давать не только инструкции, но и знания. Он должен понимать физику процесса, а не просто нажимать кнопки. Инвестиции в человеческий капитал, такие же инвестиции в безопасность, как и замена оборудования.

Безопасность не должна конкурировать с производительностью. Безопасность – это условие существования производства, а не статья расходов. Кроме того, необходимо ввести персональную ответственность руководителей за принятие решений, сознательно ведущих к снижению уровня защищенности объекта. Экономия на безопасности не может быть безнаказанной.

Система подготовки персонала для работы на сложных технических объектах должна строиться на принципиально иных основаниях. Не заучивание алгоритмов, а понимание процессов. Не слепое следование инструкциям, а способность анализировать отклонения. Не страх перед инициативой, а готовность принимать решения в условиях неполной информации.

Персонал на месте должен иметь право и полномочия принимать критические решения, вплоть до остановки производства, эвакуации персонала, обращения за помощью к внешним структурам – без согласования с вышестоящим руководством. Это не подрыв дисциплины. Это признание того

факта, что в кризисной ситуации минуты могут стоить жизней, а время согласования измеряется часами.

Радиацию нельзя увидеть, почувствовать, понюхать. Как объяснить людям опасность того, чего они не ощущают? Как убедить их выполнять рекомендации, которые кажутся бессмысленными? Чернобыль стал первым опытом массовой коммуникации в условиях невидимой угрозы. Опыт этот был во многом провальным. Мы не научились говорить с людьми о рисках честно, просто и убедительно. И когда пришел коронавирус, мы увидели те же ошибки: запаздывание информации, противоречивые рекомендации, недоверие к официальным источникам.

В первые часы и дни после аварии на ЧАЭС система управления оказалась парализована. Москва ждала информации от Киева, Киев – от станции, а станция в это время пыталась разобраться самостоятельно. Решения запаздывали, противоречили друг другу, принимались на основе неполных или неверных данных.

Чернобыль продолжается. Он продолжается в судьбах переселенцев, так и не нашедших нового дома. В поколениях детей, родившихся с мутациями щитовидной железы. В загрязненных лесах, которые горят и поднимают в воздух радионуклиды, оседавшие десятилетиями. В саркофаге, который нужно обслуживать и охранять. В общественном страхе перед атомом. Катастрофа не заканчивается в момент, когда потушен пожар. Мы до сих пор не выстроили систему, которая учитывала бы эту растянутую во времени ответственность.

Все перечисленные рекомендации имеют смысл только при одном условии: если мы признаем, что Чернобыль не чужая ошибка, не исторический казус, не стечение обстоятельств.

Чернобыль – это мы. Это наша способность закрывать глаза на очевидное. Наша вера в то, что нас не коснется. Наше нежелание платить сегодня за то, что может понадобиться завтра.

Главная рекомендация, которая вытекает из чернобыльского опыта, проста до банальности и трудна до невозможности: Перестаньте надеяться на авось. Начинайте готовиться к беде до того, как она пришла. Уроки Чернобыля выучены на бумаге. Осталось выучить их в жизни.

Мы обязаны помнить Чернобыль. Не для того, чтобы носить траур по прошлому. А для того, чтобы не повторять его в будущем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Медведев Г.У. Чернобыльская тетрадь. Документальное расследование. СПб.: Питер. 2020. 332с.

2. Морган К. Пути уменьшения радиационного воздействия атомной энергетики в будущем // Безопасность ядерной энергетики / Под ред. Дж. Раста и Л. Уивера. М.: Атомиздат, 1980. С. 59-64.

© Кириленко В.А., 2026

1.2. ТЕХНОГЕННЫЕ УГРОЗЫ ПРИРОДНЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ.

УДК 614.84.31

Фирсов А.Г., Загуменнова М.В., Надточий О.В.

ФГБУ ВНИИПО МЧС России, г. Балашиха, Российская Федерация

e-mail: otdel-16@vniipo.ru

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ОПАСНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Аннотация. Рассмотрены последствия опасных геофизических явлений (сейсмическая и вулканическая активность). Приведены результаты статистического анализа чрезвычайных ситуаций и происшествий причинами, которых являлись геофизические факторы опасных природных явлений. Определена динамика распределения количества данных природных явлений и их последствий за 2022-2025 гг., а также их прогнозные значения на 2026 г. Осуществлен расчет оперативной нагрузки на пожарно-спасательные подразделения в расчете на одно опасное геофизическое явление. Авторами даны предложения по совершенствованию системы защиты объектов и снижения рисков для населения от опасных факторов геофизических явлений.

Ключевые слова: геофизическое опасное явление, чрезвычайная ситуация, чрезвычайное происшествие, пожар, объект защиты, силы и средства, оперативная нагрузка.

Firsov A.G., Zagumennova M.V., Nadtochiy O.V.
FGBU VNIIPO EMERCOM of Russia, Balashikha, Russian Federation

TOPICAL ISSUES OF PREVENTION AND ELIMINATION OF CONSEQUENCES OF HAZARDOUS GEOPHYSICAL NATURAL PHENOMENA

Abstract. The consequences of hazardous geophysical phenomena (seismic and volcanic activity) are examined. The results of a statistical analysis of emergencies and incidents caused by geophysical factors associated with hazardous natural phenomena are presented. The dynamics of the distribution of the number of these natural phenomena and their consequences for 2022-2025, as well as their forecast values for 2026, are determined. The operational load on fire and rescue units per hazardous geophysical phenomenon is calculated. The authors provide proposals for improving the system for protecting facilities and reducing risks to the population from hazardous geophysical factors.
Keywords: geophysical hazard, emergency, emergency incident, fire, protected object, forces and means, operational load.

Геофизические опасные явления – это события геофизического происхождения, которые могут оказывать разрушительное воздействие на экономику, население, экологию и привести к глобальной природной катастрофе. Среди опасных геофизических явлений выделяются землетрясения и вулканические извержения, являющиеся одними из опаснейших природных явлений. По физическим законам землетрясения это колебания земной коры, вызванные изменениями в движении тектонических плит Земли. Сильные землетрясения могут привести к разрушению зданий, сооружений и инфраструктуры, а также к гибели и травмированию людей, находящихся на

данных объектах. Примером этому может служить землетрясение в г. Спитак в 1988 г. Эта природная катастрофа унесла жизни 25 тыс. чел., город был полностью разрушен, а всего в результате землетрясения пострадали 21 город и более 300 мелких населенных пунктов в Армении. При другом трагическом землетрясении 2023 г. в Турции пострадали десятки тысяч людей.

Мощность землетрясения измеряется магнитудой. Магнитуда – это количественная характеристика сейсмической энергии, выделяющейся при землетрясении, и оценивается по шкале Рихтера от 1 до 9,5 условных ед. Она является главным показателем в измерении силы и возможных последствий землетрясения, в т.ч. и при оценке рисков последствий разрушений при землетрясении.

Другое не менее опасное геофизическое природное явление – это вулканическая деятельность. Пояса вулканов расположены по границам тектонических плит. Наиболее активные вулканы на территории России находятся на Дальнем Востоке – Курилы. Опасность вулканов связана с извержением лавы, выбросом пепла и ядовитых газов. Сильные извержения могут нанести значительный ущерб инфраструктуре и представляют существенную угрозу жизни и здоровью людей. Наиболее известным является извержение вулкана Везувий, который уничтожил буквально за несколько часов древнеримский г. Помпеи в 79 г. до нашей эры. Извержение другого вулкана Эйяфьятлайокудль в Исландии в 2010 г. привело к парализации международного воздушного сообщения на несколько дней.

Надо отметь, что рассмотренные выше геофизические явления часто взаимодополняют друг друга. Землетрясения не редко бывают предвестниками извержений вулканов. Их последствия могут накладываться и увеличивать материальный ущерб. Одно из наиболее опасных последствий такого тандема – это цунами. Так, 11 марта 2011 г. в Японии землетрясение магнитудой 9,0 вызванное вулканической деятельностью привело к возникновению цунами

высотой 15 м. Последствия цунами – авария на атомной электростанции Фокусима-1.

Как видно из краткой исторической справки геофизические явления опасны в проявлении своих последствий: разрушение различных объектов экономики и инфраструктуры, жилых домов, пожары, массовая гибель и травмирование людей, уничтожение сельскохозяйственных животных и насаждений, создание эпидемической опасности, отсутствие продовольствия и предметов первой необходимости и т.д. Поэтому нельзя недооценивать последствия опасных геофизических явлений.

К чрезвычайной ситуации (ЧС) относятся последствия вулканического извержения или землетрясения магнитудой более 5 баллов по шкале Рихтера если выполняются следующие критериальные условия: гибель людей более 1 чел.; травмировано более 5 чел.; присутствуют разрушения зданий и сооружений; нарушены условия жизнедеятельности у более 50 чел.; уничтожены сельскохозяйственные посевы на площади более 100 га [1]. Если у опасных геофизических явлений значения последствий нижеуказанных критериев, то данное событие квалифицируется как чрезвычайное происшествие (ЧП). Однако, несмотря на то, что ЧП не достигли масштаба ЧС, их последствия не менее ощутимы для социально-экономической среды. За анализируемый период 2022-2025 гг. зарегистрирована 1 ЧС федерального уровня в районе г. Северо-Курильск (30.07.2025). Из-за угрозы возникновения цунами вызванного землетрясением в акватории Тихого океана подразделениями МЧС России было эвакуировано 300 чел. Анализ статистической информации опасных геофизических явлений за период 2022-2025 гг. [2, 3], приведенных на рис. 1, показал следующее.

Рис. 1. Динамика распределения количества опасных геофизических явлений за период 2022-2025 гг. и прогноз на 2026 г.

В последние годы отмечается снижение количества ЧС и ЧП, как вулканического происхождения, так и вызванных землетрясением. Наибольшая вулканическая активность зафиксирована в 2022 г. (198 ед.), а сейсмическая активность в 2023 г. (449 ед.). В долевом соотношении количество ЧС (ЧП) вызванных землетрясениями составляет 73 %, а ЧС (ЧП) связанных с вулканами – 27 %.

В среднем на территории России ежегодно регистрируется порядка 460 ед. опасных геофизических явлений, при которых нарушаются условия жизнедеятельности более 386 тыс. чел. и эвакуируется более 30 чел. По прогнозу количество ЧС (ЧП) связанных с вулканической деятельностью в 2026 г. составит до 40 ед., количество землетрясений – до 255 ед. (расчетные значения см. рис. 1). Для их ликвидации задействуются значительные силы и средства как МЧС России, так и в целом РСЧС. В среднем для ликвидации последствий опасных геофизических явлений ежегодно задействуется около 300 ед. техники и 950 чел. личного состава. Причем более 95 % сил и средств привлекается для ликвидации последствий землетрясений.

Наибольшая оперативная нагрузка на подразделения МЧС России и РСЧС по ликвидации последствий опасных геофизических явлений (в расчете на 1 ЧС

или ЧП) отмечалась в 2022 г. при ликвидации последствий землетрясений: личный состав 6,2 чел./1 ЧС (ЧП) и спасательная техника 1,8 ед./1 ЧС (ЧП) (таблица 1).

Таблица 1

Оперативная нагрузка на подразделения МЧС России и РСЧС в расчете на одно опасные геофизические явление за период 2022-2025 гг.

Вид геофизического явления	2022 г.		2023 г.		2024 г.		2025 г.	
	Личный состав (чел.)	Техника (ед.)	Личный состав (чел.)	Техника (ед.)	Личный состав (чел.)	Техника (ед.)	Личный состав (чел.)	Техника (ед.)
Вулканическая активность	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
Сейсмическая активность	6,2	1,8	1,5	0,6	1,6	0,6	1,2	0,4
Средние значения	4,1	1,2	1,1	0,4	1,0	0,3	1,1	0,4

Анализ средних значений оперативной нагрузки показывает, что присутствует тенденция снижения нагрузки на подразделения МЧС России и РСЧС по ликвидации последствий опасных геофизических явлений. Средняя нагрузка за весь рассматриваемый период для сил и средств, задействованных в ликвидации ЧС (ЧП) составляет: личный состав – 2,1 чел., техника – 0,65 ед.

Для снижения возможного риска последствий рассмотренных выше геофизических опасных явлений необходимо развивать и совершенствовать на территориях подверженных вулканической и сейсмической активности системы раннего обнаружения, предупреждения и информирования населения о ЧС (ЧП). Повышать устойчивость инфраструктуры к деструктивным воздействиям ЧС (ЧП). На объектах защиты создавать запасы необходимых ресурсов для смягчения последствий ЧС (ЧП). Это возможно за счет привлечения соответствующих финансовых инвестиций из разных источников.

Снижение рисков жизни и здоровью людей возможно только при всестороннем и глубоком обучении населения правилам безопасного поведения

при возникновении ЧС, связанных с землетрясением и вулканическим извержением. Положительный пример в этом направлении можно заимствовать, например, при подготовке населения к ЧС в Японии [4].

Однако одним из приоритетных вопросов остается обеспечение пожарной безопасности объектов защиты при проявлении опасных геофизических факторов, которые могут вызвать возникновение пожаров, гибель и травмирование людей при пожарах. Для обеспечения требуемого уровня пожарной безопасности объектов защиты необходимо чаще осуществлять плановые и внеплановые контрольно-надзорные мероприятия. Уделять особое внимание критически важным объектам и объектам жизнеобеспечения. Добиваться выполнения предложенных противопожарных мероприятий и своевременного устранения выявленных нарушений требований пожарной безопасности. Одним из важных элементов защиты является функционирование систем пожарной автоматики на объекте защиты и обеспечение безопасности людей при пожаре. Для этого необходимо в нормативно-технических документах учесть особенности обеспечения пожарной безопасности при проявлении деструктивных факторов опасных геофизических природных явлений, а также провести необходимые научные исследования в этом направлении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ МЧС России от 5 июля 2021 г. № 429 «Об установлении критериев информации о чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера» [Электронный ресурс] // ГАРАНТ.РУ. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402707588/ (Дата обращения 25.02.2026).

2. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025623119 Российская Федерация. База данных «Чрезвычайные Происшествия 2022-2025»

(БД «ЧП 22-25»): заявл. 01.07.2025: опубл. 25.07.2025 / А.Г. Фирсов, М.В. Загуменнова, Е.Н. Малемина, О.В. Надточий; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

3. Чрезвычайные ситуации и их последствия в Российской Федерации за 2022-2023 гг: статистический сборник / А.Г. Фирсов, А.А. Порошин, А.М. Арсланов [и др.]. – Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2025. 100 с.

4. Фирсов А.Г. Формирование культуры безопасного поведения обучающихся общеобразовательных учреждений на основе игровых технологий / А.Г. Фирсов, М.В. Загуменнова // Kazan digital week - 2024: сборник материалов Международного форума, Казань, 09–11 сентября 2024 года. – Казань: Научный центр безопасности жизнедеятельности. 2024. С. 1263-1270.

© Фирсов А.Г., Загуменнова М.В., Надточий О.В., 2026

УДК 338.45:622:504(470.57)

Елизарьев А.Н. Федосов В.А., Нигамаев Э.Д.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: fedosov.vla@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ УЯЗВИМОСТИ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Аннотация. Выполнена скрининговая оценка климатической уязвимости объектов минерально-сырьевого комплекса (МСК) Республики Башкортостан по данным температуры за 1960-2024 гг., осадков ERA5-Land за 1990-2024 гг. и ГИС-анализа. Выделены зоны, где весеннее и зимнее потепление, осеннее

похолодание, снижение годовой суммы осадков и сохранение интенсивных осадков могут влиять на карьеры, хвостохранилища, трубопроводы и системы водоснабжения.

Ключевые слова: климатическая уязвимость, минерально-сырьевой комплекс, температурные тренды, режим осадков, ERA5-Land, ГИС-анализ, горнодобывающая инфраструктура, хвостохранилища, водопритоки, сезонное промерзание, промышленная безопасность.

Elizaryev A.N., Fedosov V.A., Nigamaev E.D.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

STUDY OF VULNERABILITY FACTORS OF THE MINERAL RESOURCE COMPLEX OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

Abstract. A screening assessment of the climate vulnerability of mineral resource complex facilities in the Republic of Bashkortostan was carried out using temperature data for 1960-2024, ERA5-Land precipitation data for 1990-2024, and GIS analysis. Zones were identified where spring and winter warming, autumn cooling, a decrease in annual precipitation totals, and the persistence of intense precipitation may affect open pits, tailings storage facilities, pipelines, and water supply systems.

Keywords: climate vulnerability, mineral resource complex, temperature trends, precipitation regime, ERA5-Land, GIS analysis, mining infrastructure, tailings storage facilities, water inflow, seasonal freezing, industrial safety.

Введение. Минерально-сырьевая база Республики Башкортостан включает более 3 тыс. месторождений и проявлений около 60 видов сырья, около 1170 месторождений числятся на государственном балансе [1]. Объекты МСК

представлены предприятиями цветной металлургии, нефтедобычи и разработки нерудных материалов.

Климатическая уязвимость объектов оценивается через сочетание климатической опасности, экспозиции и уязвимости [2, 3]. Для МСК ключевыми факторами являются температурные тренды, режим осадков и экстремальные осадки [4-6]. Изменение температурного режима грунтов влияет на устойчивость оснований, трубопроводов и промышленной инфраструктуры.

В работе выполнен совместный анализ температурного режима, осадков и размещения объектов МСК на территории Республики Башкортостан для выделения зон климатически обусловленной уязвимости.

Материалы и методы. Использованы данные 8 метеостанций Росгидромета, расположенных на территории Республики Башкортостан, за 1960-2024 гг. и данные реанализа ERA5-Land по суточным осадкам за 1990-2024 гг. Методическая применимость реанализа ERA5-Land для климатических исследований подтверждается современными работами по его верификации [5, 6]. Для температуры рассчитаны линейные тренды среднегодовых и сезонных значений, для осадков – годовая сумма осадков (P), максимальное суточное количество осадков (Rx1day) и доля осадков выше 95-го перцентиля (EPDI).

Пространственный анализ выполнен в программной среде QGIS 3.44 с использованием методов геоинформационного картографирования. Температурные тренды интерполированы методом кригинга и сопоставлены с изменениями режима осадков и размещением 19 объектов МСК комплекса Республики Башкортостан. Уязвимость оценивалась по схеме: климатический фактор зона проявления объект возможный механизм воздействия [2, 3].

Результаты и обсуждение. За 1990-2024 гг. годовая сумма атмосферных осадков P в Республике Башкортостан снизилась: в среднем на 13 %, в центральной и южной частях до -17 %, на остальной территории около -10 %.

При этом Rx1day не имеет статистически значимого отрицательного тренда: на юго-востоке показатель увеличивается до +22,8 %, в центральных и западных районах снижается до -20 % (рис. 1). Следовательно, уменьшение общего увлажнения сочетается с сохранением кратковременных интенсивных осадков.

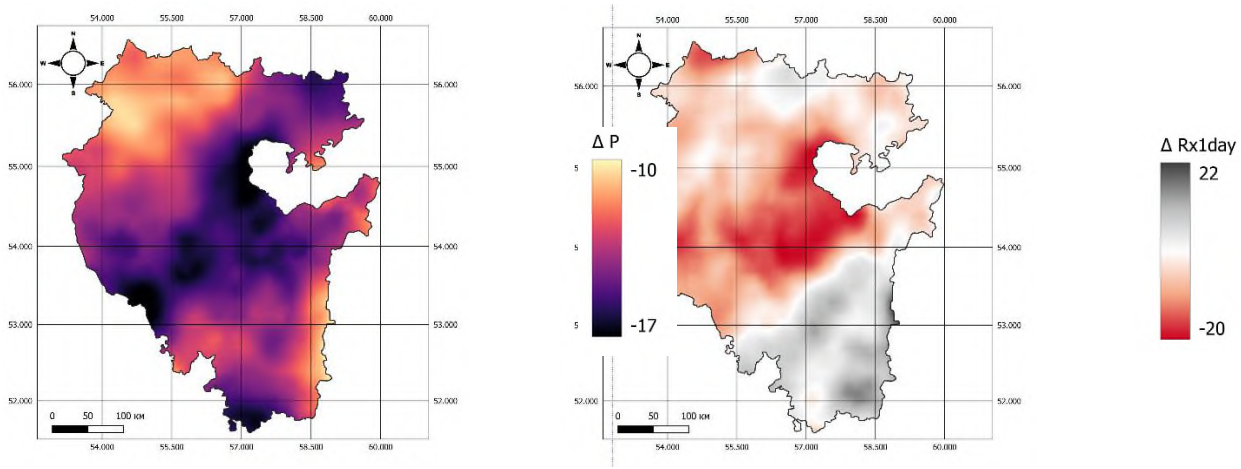


Рис. 1. Пространственные изменения P и Rx1day в Республике Башкортостан между периодами 1990-2007 и 2008-2024 гг.

Температурные изменения усиливают зональность воздействия. За 1960-2024 гг. среднегодовая температура повысилась на +0,29…+0,45 °C/10 лет [4]. Весеннее потепление достигает +0,94…+0,95 °C/10 лет и усиливается с высотой станции: $r = +0,72$ при $p < 0,05$. Зимнее потепление в западных районах достигает +0,65 °C/10 лет, осеннее похолодание в центральных и северо-восточных районах до -0,22 °C/10 лет.

Совместный анализ режимов температуры и атмосферных осадков позволил выделить зоны климатической уязвимости МСК. В горно-предгорной зоне Южного Урала весеннее потепление и сохранение интенсивных осадков повышают нагрузку на карьеры, водоотлив и хвостохранилища. В центральных и южных районах снижение P до -17 % важно для водоснабжения, пылеподавления и рекультивации. В западных районах зимнее потепление влияет на основания, трубопроводы и дороги. В центральных и северо-

восточных районах осеннее похолодание при зимнем потеплении усиливает циклы промерзания-оттаивания.

Заключение. Уязвимость объектов МСК Республики Башкортостан формируется под воздействием совокупности температурных изменений и трансформации режима атмосферных осадков. За 1990-2024 гг. годовая сумма осадков снизилась в среднем на 13 %, в центральной и южной частях до -17 %, при сохранении интенсивных осадков на юго-востоке до +22,8 % по Rx1day.

За 1960-2024 гг. среднегодовая температура повысилась на +0,29…+0,45 °C/10 лет. Ключевые факторы уязвимости: весеннее потепление до +0,95 °C/10 лет в горно-предгорной зоне, зимнее потепление до +0,65 °C/10 лет на западе и осеннее похолодание до -0,22 °C/10 лет в центральных и северо-восточных районах.

Наиболее чувствительными элементами являются объекты, напрямую связанные с выявленными климатическими факторами: карьеры, водоотливные системы и хвостохранилища в зонах сохранения интенсивных осадков и весеннего потепления; трубопроводы, дороги и основания сооружений в районах зимнего потепления и изменения режима сезонного промерзания; системы водоснабжения, пылеподавления и рекультивации в центральных и южных районах, где отмечено снижение годовой суммы осадков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Природно-ресурсный потенциал Республики Башкортостан [Электронный ресурс] / Корпорация развития Республики Башкортостан. URL: https://investrb.ru/ru/bashkortostan/about/natural-resource-potential/ (дата обращения: 28.04.2026).

2. Birkmann J. Framing vulnerability, risk and societal responses: the MOVE framework / J. Birkmann, O. D. Cardona, M. L. Carreño [et al.] // Natural Hazards. 2013. Vol. 67, № 2. P. 193–211.

3. Jurgilevich A.A systematic review of dynamics in climate risk and vulnerability assessments / A. Jurgilevich, T.A. Räsänen, F.M. Groundstroem, S. Juhola // Environmental Research Letters. 2017. Vol. 12, № 1. 013002.

4. Васильев Д.Ю. Климатические изменения температурного режима на территории России в XX – начале XXI века / Д.Ю. Васильев, В.А. Семенов, А.А. Чибилёв // География и природные ресурсы. 2023. Т. 44, № 2. С. 15-23.

5. Donat M.G. More extreme precipitation in the world's dry and wet regions / M.G. Donat, A.L. Lowry, L.V. Alexander, P.A. O'Gorman, N. Maher // Nature Climate Change. 2016. Vol. 6, № 5. P. 508-513.

6. Alexander L.V. Global observed long-term changes in temperature and precipitation extremes: a review of progress and limitations in IPCC assessments and beyond // Weather and Climate Extremes. 2016. Vol. 11. P. 4-16.

© Елизарьев А.Н. Федосов В.А., Нигамаев Э.Д., 2026

УДК 502/504

Савич Д.В., Сергеева В.В.

ФГБОУ Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск, Российская Федерация

e-mail: darya.savich.07@mail.ru

ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫЕ КАТАСТРОФЫ В АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ: ПРИЧИНЫ, ПОСЛЕДСТВИЯ И МЕРЫ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ

Аннотация. Данное исследование направлено на изучение природно-техногенных катастроф в Амурской области, причин их возникновений, возникающих последствий и меры их предотвращения. Пожары и наводнения

являются характерным явлением для данного региона и имеют потенциал оказывать значительное воздействие на окружающую среду.

Ключевые слова: пожар, пожароопасный период, наводнение, катастрофы Амурская область, безопасность.

Savich D.V., Sergeeva V.V.
FGBOU Far Eastern State Agrarian University Blagoveshchensk, Russia

NATURAL AND TECHNOLOGICAL DISASTERS IN THE AMUR REGION: CAUSES, CONSEQUENCES, AND PREVENTION MEASURES

Abstract. This study aims to investigate natural and man-made disasters in the Amur Region, their causes, consequences, and prevention measures. Fires and floods are common phenomena in this region and have the potential to significantly impact the environment.

Keywords: fire, fire season, flood, disasters, Amur Region, safety.

Чрезвычайная ситуация техногенного характера – это неблагоприятная обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, катастрофы или иного бедствия, которые могут привлечь или повлекли за собой человеческие жертвы ущерб здоровью людей, окружающей среде, значительные материальные потери и нарушения жизнедеятельности людей. Амурская область относится к числу регионов Российской Федерации с высоким уровнем природных и техногенных рисков. Географическое положение в бассейнах рек: Амур, Зея, Бурея, Томь, сильно влияет на водный режим и характер паводков, что неизбежно закладывается в планы предприятий сельского хозяйства области в различных направлениях, муссонный климат, наличие значительных запасов полезных ископаемых и развитая промышленная инфраструктура создают сложный комплекс взаимосвязанных угроз, требующих системного анализа и управления. Двумя основными триггерами Амурской области являются

наводнения, паводки, а также лесные пожары, которые создают серьезные угрозы для экосистем, населенных пунктов и экономики. Пожары остаются одним из наиболее разрушительных природных и техногенных явлений. Пожароопасный период в Амурской области обычно приходится на весенне-летний период с апрель - август. В это время температура повышается, влажность воздуха уменьшается, и растения становятся более подверженными возгоранию. Пожары могут возникать как из-за природных причин (молнии, сильный ветер), так и из-за человеческой деятельности (небрежное обращение с огнем, поджоги). Согласно статистическим данным, количество лесных пожаров в Амурской области в период с 2020 года по 2024 год включительно падает, но 2024 наблюдается резкий подъем из-за жаркого засушливого года [1]. Прогнозируется повышенный риск возникновения крупных природных пожаров в Архаринском, Зейском, Сковородинском, Магдагачинском, Мазановском, Бурейском и Селемджинском районах. Подавляющее большинство возгораний (90-92 %) происходит по вине человека, лишь 8-10 % вызваны грозовыми разрядами. Трудности в обнаружении и тушении пожаров обусловлены особенностями рельефа, что может привести к продолжительному свободному горению и масштабному распространению огня. Особую опасность представляет возможность перехода пожаров на населенные пункты, расположенные вблизи лесных массивов, а также распространение огня от сельскохозяйственных палов на обширные, неиспользуемые земли. Статистика площади возгораемых территорий с 2020 по 2024 год представлена в (таблице 1).

Рис. 1. Количество лесных пожаров в период с 2020 по 2024 гг.

Таблица 1

Площадь лесных пожаров/га в Амурской области 2020-2024 гг.

Год	Площадь лесных пожаров/га
2020	141 428,0
2021	40 253,0
2022	228 688,0
2023	578 413,0
2024	1 423 593,4

В отличие от линейной зависимости, количество пожаров демонстрирует более сложную картину. Отмечаются два пиковых значения: 587 случаев в 2020 году и 550 случаев в 2024 году. При этом, в промежутке между 2021 и 2023 годами наблюдалась фаза относительной стабильности с тенденцией к снижению числа возгораний. Площади пожаров демонстрируют резкий рост, начиная с 2022 года, за последние три года площадь выросла с 228 тыс. га (2022) до 1,4 млн. га (2024). 2024 год является аномальным и критическим: По сравнению, с 2021 годом общая площадь выросла в 35 раз. Причинами множества пожаров могли быть экстремальная сухая и ранняя весна, весна

пришла рано и без дождей, летняя подстилка превращается в порох. В 2024 году во многих регионах Дальнего Востока фиксировались температурные рекорды. Также могло послужить географическое положение региона, в 2024 году основная масса пожаров пришла на северные труднодоступные районы области, авиалесоохрана могла просто не успевать перебрасывать десант из-за огромных расстояний и задымленности.

Основные направления по подготовке к пожароопасному сезону содержат в себе:

- *тренировки специалистов*;
- *профилактические мероприятия;*
- *защита населённых пунктов.*

Меры по борьбе с пожарами в Амурской области:

- *Подразделения и ресурсы Главного управления МЧС России по Амурской области интегрированы в общий план действий по ликвидации лесных пожаров;*
- *авиационный мониторинг;*
- *административные меры.*

В перспективе для борьбы с лесными пожарами предлагаются задействовать следующие методы:

- *автоматические наземные станции-датчики; ИИ- платформа для прогнозирования и управления;*
- *подземные сейсмодатчики;*
- *умные вышки с мультиспектральной съёмкой.*

Водные ресурсы Амурской области, включая как поверхностные водоемы, так и подземные источники, представлены в большом количестве. Общая протяженность рек и ручьев Амурской области составляет около 200 тыс. км. Больших рек, длина которых свыше 500 км, семь: Амур, Зея, Селемджа, Гилюй, Бурея, Олекма, Нюкжа. Амур в иерархии величайших рек планеты занимает

девятое место по длине – 2824 км. Другая крупнейшая в области река – Зея, в Дальневосточном регионе по величине она занимает второе место после Амура. Ее длина в 1242 км вполне сопоставима с крупнейшими реками Западной Европы. Между устьями рек Зеи и Буреи расположена зона, пригодная для сельскохозяйственного производства. Наводнения являются основным видом стихийных бедствий на территории Амурской области. Из-за муссонного климата, для которого характерны резкие перепады в количестве осадков (обильные летом и скудные зимой), бассейн Амура является зоной повышенного риска паводков. Наибольшее количество летних дождей, в среднем 150 мм за месяц, выпадает в июле в среднем течении Амура. Несовпадение пиков летних дождей в различных частях бассейна может растягивать паводковый сезон до полугода. В течение лета и начала осени река переживает от трех до восьми крупных дождевых паводков. Статистика показывает, что заметные наводнения происходят в среднем раз в три года, а масштабные – раз в 20 лет. Во время самых сильных паводков глубина воды на пойме достигает нескольких метров, зона затопления расширяется до 15–20 км, а продолжительность затопления составляет 5–6 недель. Масштаб ущерба от наводнений наглядно иллюстрируется сравнением урожая сои: в 2012 году было собрано около 800 тыс. тонн, а в 2013 году – лишь 385 тыс. тонн. Этот пример ярко демонстрирует разрушительное влияние эрозии и затопления почвы. Паводки 2012-2013 годов стали одними из самых разрушительных за последние десятилетия, что служит важным ориентиром для аграриев и животноводов Амурской области при постановке будущих целей и задач.

Борьба с наводнениями в Амурской области содержит следующие действия:

- *подрывы льда;*
- *защита дорог и инженерных сооружений;*
- *расчистка русел рек и сооружений;*
- *мониторинг уровня воды под мостами;*

- *противопаводковые ГЭС;*

- *дамбы;*

- *переговоры с КНР.*

В Амурской области действуют три гидроэлектростанции (ГЭС): Зейская, Бурейская и Нижне-Бурейская. Они могут влиять как положительно, так и отрицательно на борьбу с наводнениями. Отрицательное влияние ГЭС на управление наводнениями: повышение риска катастрофических паводков, экологическая деградация, ограниченность резервного объема. Положительное влияние ГЭС на управление наводнениями: сдерживание и накопление паводковых вод, долгосрочное регулирование речного стока, физическая защита территорий.

В перспективе для борьбы с наводнениями предлагаются задействовать следующие методы:

- *динамические дамбы с ИИ-управлением;*

- *роботизированные каналы и дренажные системы.*

Проводя и анализируя статистику природно-техногенных катастроф в Амурской области, выявили причины их возникновения, определили последствия и предложили возможные меры их предотвращения. Проведенный анализ показал, что стихийные бедствия, такие как пожары и паводки, оказывают разрушительное воздействие как на экосистемы, так и на человеческое благополучие, приводя к травмам и летальным исходам. Для поддержания стабильной обстановки критически важно внедрять превентивные меры, направленные на минимизацию риска возникновения подобных чрезвычайных ситуаций, для аграриев и животноводов данного региона, прогноз дает возможность предотвращать сложные ситуации, которые негативно могут повлиять на их деятельность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информацирнные материалы по наводнениям на притоках Амура – Зее и Бурее URL: https://burges.rushydro.ru/press/projects/freshet/press-kit/informatsionnye-materialy-po-navodneniyam-na-pritokakh-amura-zee-i-buree-istoricheskie-svidetelstva/?ysclid=mtst0x0n6p933342500.
2. Площадь лесных пожаров URL: https://rosleshoz.gov.ru/rates/forest-fires/area/(дата обращения: 15.12.2025). Площадь лесных пожаров URL: http://https://rosleshoz.gov.ru/rates/forest-fires/area/ (дата обращения: 15.12.2025).
3. Широков Ю.А. Пожарная безопасность на предприятии: учебное пособие / Ю. А. Широков. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 364 с. ISBN 978-5-8114-3624-8.
4. Пожарная профилактика: учебное пособие / В.И. Попов, М.В. Пуганов, В.Н. Михалин, А.Н. Песикин. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. 334 с.

© Савич Д.В., Сергеева В.В., 2026

УДК 614.842.8

Польшиков А.А.

ФГБОУ ВО Академия ГПС МЧС России, г. Москва, Российская Федерация

e-mail: polshikov.aa@68.mchs.gov.ru

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ СИЛАМИ И СРЕДСТВАМИ ПРИ ТУШЕНИИ ЛАНДШАФТНЫХ ПОЖАРОВ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

Аннотация. В статье выполнен комплексный анализ факторов, оказывающих влияние на процесс управления силами и средствами при тушении ландшафтных пожаров на региональном уровне. К рассмотрению приняты природно-

климатические и экономико-географические особенности территории Тамбовской области. В отношении региона проведён анализ ресурсного обеспечения и организационной структуры управления территориальной подсистемы РСЧС и предложена систематизация факторов, определяющих распределение необходимых ресурсов. Обоснована необходимость внедрения формализованных инструментов поддержки принятия решений, учитывающих многокритериальность и динамический характер обстановки.

Ключевые слова: ландшафтный пожар, управление силами и средствами, ресурсное обеспечение, поддержка принятия решений, руководитель ликвидации чрезвычайной ситуации.

Polshikov A.A.
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Moscow, Russian Federation

FACTORS DETERMINING THE EFFECTIVENESS OF MANAGING FORCES AND MEANS IN THE EXTINGUISHING OF LANDSCAPE FIRES AT THE REGIONAL LEVEL

Abstract. The article provides a comprehensive analysis of the factors affecting the process of managing forces and means in the extinguishing of landscape fires at the regional level. The natural-climatic and economic-geographical features of the Tambov region are taken into consideration. The article analyzes the resource provision and organizational structure of the territorial subsystem of the Russian Emergency Situations Ministry in the region and proposes a systematization of the factors that determine the distribution of necessary resources. The article substantiates the need to implement formalized decision support tools that take into account the multi-criteria and dynamic nature of the situation.

Keywords: landscape fire, force and means management, resource provision, decision support, emergency response manager.

Ежегодно ландшафтные пожары наносят значительный ущерб экономике и экологии регионов Российской Федерации, а также создают прямую угрозу жизни и здоровью населения. Стратегические ориентиры развития системы пожарной безопасности [1] указывают на необходимость повышения оперативности реагирования и совершенствования управления силами и средствами единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС). Эффективность управленческих решений при тушении ландшафтных пожаров определяется совокупностью взаимосвязанных факторов, специфичных для каждого конкретного региона. Игнорирование или недооценка любого из них может привести к неоправданным потерям и увеличению масштабов чрезвычайной ситуации природного характера.

Для этих целей необходим комплексный анализ факторов, определяющих эффективность управления силами и средствами при тушении ландшафтных пожаров. В качестве примера представлены региональные данные Тамбовской области, на основе которых произведено обоснование необходимости формализации процесса принятия решений.

Тамбовская область расположена в центральной части Окско-Донской низменности и занимает площадь 34,4 тыс. км^2. Рельеф равнинный, изрезанный густой сетью рек, оврагов и балок, что создаёт естественные препятствия для движения пожарной техники вне дорог и одновременно способствует быстрому распространению огня по склонам.

Область находится в лесостепной зоне. Общая площадь лесов составляет 402,4 тыс. га, из которых 374,8 тыс. га относятся к землям лесного фонда. Лесистость территории невысокая – 11,5 %, однако леса распределены крайне неравномерно. Основные лесные массивы сосредоточены в трёх крупных зонах:

Цнинский массив (Моршанский и Тамбовский муниципальные округа), Иловайский массив и по реке Вороне. Почти половину лесопокрытой площади занимают хвойные насаждения, что обуславливает высокий класс природной пожарной опасности (средний класс – 2,9). Пожароопасный сезон на территории области обычно начинается в первой-второй декаде апреля и длится около 50 дней с высокой пожарной опасностью.

По данным сводного плана тушения лесных пожаров, в зоне потенциальной угрозы от ландшафтных пожаров находятся 236 населённых пунктов, 89 социально значимых объектов, 58 садовых некоммерческих товариществ, 86 объектов энергетики и 75 иных объектов экономики. Наибольшая повторяемость переходов огня на населённые пункты фиксируется в апреле по причине неконтролируемых палов травы [2].

Управление силами и средствами при тушении ландшафтных пожаров на территории Тамбовской области осуществляется в рамках территориальной подсистемы РСЧС. Координацию обеспечивает Комиссия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности (КЧС и ОПБ) области. Постоянно действующим органом управления является Главное управление МЧС России по Тамбовской области, а органом повседневного управления – Центр управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) [3].

Общая группировка сил и средств, планируемая для тушения ландшафтных пожаров, включает подразделения федеральной противопожарной службы, противопожарной службы субъекта, муниципальной и добровольной пожарной охраны, лесопожарные формирования, а также силы функциональных подсистем РСЧС. Общая численность привлекаемого личного состава составляет 6804 человека, из них 889 человек задействованы непосредственно в тушении пожаров, остальные – обеспечивают тушение и находятся в составе дежурных сил и сил усиления для обеспечения пожарной безопасности [2].

Эффективное распределение ограниченных ресурсов при тушении ландшафтных пожаров представляет собой сложную многокритериальную задачу [4]. На основе проведённого анализа все факторы, влияющие на решение руководителя ликвидации чрезвычайной ситуации (РЛЧС), были систематизированы в четыре группы:

1. Характеристики пожара. Параметры самого возгорания являются первичными и наиболее динамичными факторами, определяющими тактику и масштаб привлечения сил.

Вид пожара (низовой, верховой, подземный) определяет необходимый состав техники. Например, низовой степной пожар требует применения маневренных пожарных автоцистерн, тогда как тление торфяников – привлечения тяжёлой инженерной техники (экскаваторов) и насосных станций.

Площадь и интенсивность горения прямо влияют на объём потребных ресурсов. Крупный пожар в Хоботовском лесном массиве, характерный для региона, потребует создания сводной группировки из нескольких муниципальных округов.

Конфигурация кромки (фронт, фланги, тыл) диктует пространственное размещение сил: наиболее производительная техника концентрируется на фронте для его остановки, тогда как на флангах могут действовать менее многочисленные группы;

2. Природно-климатические и ландшафтные условия. Данная группа факторов накладывает специфический отпечаток на развитие пожаров и возможности по их локализации.

Скорость и направление ветра являются ключевыми для прогноза распространения огня. При ветре свыше 10 м/с резко возрастает вероятность образования новых очагов за счёт переноса искр. В условиях Тамбовской области с преобладающими восточными и южными ветрами это требует первоочередного усиления группировки на подветренных направлениях.

Наличие водоисточников критически важно для организации бесперебойной подачи огнетушащих веществ. В безводных степных районах юга и востока области возникает необходимость в организации подвоза воды, что увеличивает логистическую нагрузку и требует привлечения дополнительной техники.

Тип растительности и рельеф определяют скорость горения. Распространение огня по склонам оврагов и балок, характерных для рельефа региона, происходит значительно быстрее, что осложняет работу наземных сил;

3. Ресурсные и инфраструктурные ограничения. Данные факторы отражают оперативные возможности региона и их пределы.

Удалённость от места базирования сил определяет время прибытия первых подразделений – при возникновении пожара в отдалённой части Моршанского муниципального округа может потребоваться первоочередное привлечение техники лесхоза или сельхозпредприятий, находящихся ближе, чем пожарные части.

Транспортная доступность очага регламентирует типы применяемой техники. Тушение в труднопроходимой пойме реки Ворона может потребовать запроса вездеходной техники из областного резерва, поскольку использование обычных автоцистерн будет затруднительно;

4. Организационно-тактические и целевые приоритеты.

Угроза населённым пунктам и объектам экономики является абсолютным приоритетом. При возникновении угрозы для особо значимого объекта защиты, все доступные силы перераспределяются для создания защитного заслона, даже если это замедлит локализацию пожара на других участках.

Требования безопасности личного состава вводят ограничения на тактику тушения. Факторы, повышающие опасность (резкая смена ветра, горение на крутых склонах), могут привести к отзыву отделений с линии огня и переходу к косвенным методам тушения, таким как пуск встречного пала и прокладке минерализованных полос в качестве опорных рубежей.

Систематизированные факторы представлены в таблице 1.

Таблица 1

Систематизация факторов, влияющих на распределение сил и средств

Группа факторов	Ключевые факторы	Влияние на управленческое решение
Характеристики пожара	Вид, площадь, интенсивность, конфигурация кромки	Определяют состав и численность привлекаемой группировки, тактику тушения
Природно-климатические условия	Ветер, температура, влажность, водоисточники, рельеф	Определяют приоритетные направления сосредоточения сил, логистику подачи воды
Ресурсные ограничения	Удалённость сил, транспортная доступность, производительность техники	Влияют на время прибытия и выбор типов техники для выполнения задач

Таким образом, принятие управленческого решения требует одновременного учёта множества взаимосвязанных и динамически изменяющихся параметров. В условиях реального пожара РЛЧС, действуя в режиме острого дефицита времени, не всегда способен в полной мере оценить все альтернативы и выбрать оптимальный вариант распределения ресурсов. Это объективно обуславливает потребность во внедрении формализованных инструментов поддержки принятия решений, позволяющих структурировать информацию, автоматизировать расчёты и предлагать руководителю обоснованные сценарии действий.

Предложенная систематизация факторов служит теоретической основой для разработки моделей поддержки принятия решений, адаптированных к условиям конкретного региона. Дальнейшие исследования должны быть направлены на формализацию выявленных зависимостей и создание алгоритмов многокритериальной оптимизации распределения ресурсов, интегрированных в существующие информационные системы МЧС России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года: Указ Президента РФ от 01.01.2018 № 2. URL: Доступ из СПС «Гарант» (дата обращения: 22.04.2026).
2. Тамбовская область. Постановления Правительства. Об организации тушения ландшафтных пожаров на территории Тамбовской области: Постановление Правительства Тамбовской области от 10.04.2023 № 301. – Доступ из СПС Гарант (дата обращения: 22.04.2026). – Текст: электронный.
3. Пожарные риски: уч. изд. / Н.Н. Брушлинский, Ю.Н. Шебеко [и др.]. Моск. обл.: ГУП МО «Орехо-Зуевская типография», 2007. 368 с.

© Польшиков А.А., 2026

1.3. ПРОМЫШЛЕННАЯ И ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 533.6.011.6

Белькова Т.А., Перминов В.А.
Томский политехнический университет, г. Томск, Российская Федерация
e-mail: belkova_ta@tpu.ru

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛЕСНОГО ПОЖАРА ЧЕРЕЗ РАЗРЫВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ РАССТОЯНИЙ ОТ ОЧАГА ВОЗГОРАНИЯ

Аннотация. В настоящей работе с помощью математического моделирования решена задача распространения фронта лесного пожара через противопожарный разрыв конечных размеров. Разработана математическая модель, которая описывает динамику распространения лесного пожара через минерализованные полосы ограниченных размеров. В основе модели лежит математическая модель лесных пожаров, предложенная А.М. Гришиным. В ходе исследования изменялись вертикальные и горизонтальные размеры противопожарного разрыва, влагосодержание и запас лесного горючего материала, расстояние от очага горения до разрыва.
Ключевые слова: лесной пожар, фронт пожара, очаг пожара, противопожарный разрыв, математическое моделирование.

Belkova T.A., Perminov V.A.
Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation

MATHEMATICAL MODELING OF FOREST FIRE SPREAD THROUGH A FIREBREAK FOR VARIOUS DISTANCES FROM THE FIRE SOURCE

Abstract. In the article mathematical modeling to study the dynamics of wildfire front propagation in the presence of a finite-size firebreak are used. A mathematical model

of the dynamics of wildfire propagation through finite-size breaks is based on the general mathematical model of wildfires developed by A.M. Grishin. The vertical and horizontal dimensions of the firebreak, moisture content, and stock of forest combustible material and the distances from the ignition source to firebreak were changed during the study.

Keywords: wildfire, fire front, fire source, firebreak, mathematical modeling.

Оперативное обнаружение очага возгорания играет ключевую роль в эффективности его тушения. Не менее важно правильно рассчитать дистанцию от источника огня, на которой необходимо создавать противопожарный разрыв, чтобы надежно предотвратить распространение пламени. Выводы, полученные в ходе настоящего исследования, могут быть полезны при разработке превентивных стратегий по защите лесных массивов от пожаров. В условиях высокой сложности, затратности и риска проведения полевых испытаний особую значимость приобретают результаты, полученные в лабораторных условиях и с помощью компьютерного моделирования.

В исследовании [1] представлен подробный анализ современных подходов к созданию противопожарных барьеров. Описаны особенности функционирования как природных, так и искусственных преград, включая выбор древесных пород, инженерные конструкции барьеров и управление характеристиками горючих материалов. Особое внимание уделено таким параметрам, как размещение, ширина, породный состав и пространственная организация разрывов, которые напрямую влияют на их эффективность. Авторы подчёркивают, что перспективным направлением является разработка методик для расчёта оптимальной ширины и необходимой плотности противопожарных разрывов.

В рамках лабораторного эксперимента [2] было исследовано, как низовой пожар взаимодействует с противопожарным разрывом, используя в качестве горючего материала сосновую подстилку. В ходе опытов варьировались

скорость ветра (от 0 до 3,0 м/с) и ширина разрыва (от 10 до 35 см). Результаты показали, что при скорости ветра до 1,0 м/с включительно огонь не способен пересечь разрыв. В диапазоне 1,5-2,5 м/с возможно возгорание за преградой при непосредственном контакте с пламенем, а при 3,0 м/с наблюдается перенос горящих частиц через барьер. На основе полученных данных была установлена линейная зависимость между критической шириной разрыва и интенсивностью фронта горения.

В исследовании [3] с помощью модели Burn-P3 проведена количественная оценка воздействия противопожарных разрывов на риск возникновения пожаров в бореальных лесах северо-восточного Китая. Проанализировано 11 вариантов плотности сети разрывов, три значения их ширины (30, 60 и 90 метров) и две схемы размещения. Ключевым фактором, определяющим снижение вероятности возгорания, оказалась именно плотность разрывов. Наиболее эффективной признана конфигурация с плотностью 4,1 м/га, где ширина разрыва составляет 30 м на участках с травяным покровом и 60 м – в лесных массивах. Такой подход позволяет снизить расчетную вероятность возникновения пожара на 25,2 % по сравнению с базовым сценарием.

В публикации [4] проведен анализ действующих нормативных требований, регламентирующих противопожарные расстояния между строениями и границами лесных массивов. Особое внимание уделено специфике лесных пожаров в контексте установления этих норм. Авторами выполнена оценка применимости существующих методик расчета для определения безопасных дистанций размещения зданий относительно лесных территорий. В качестве примера приведен практический расчет для объекта, находящегося в непосредственной близости к лесу.

Математическая модель описывает процесс распространения верхового лесного пожара в хвойном лесу, где имеется противопожарный разрыв заданных

размеров. Модель, предложенная в данном исследовании, основывается на общей математической модели лесных пожаров, разработанной А.М. Гришиным [5]. В рассматриваемой задаче очаг возгорания имеет конечные размеры и расположен в исходной точке системы координат. Ось *Z* направлена вертикально вверх, а оси *X* и *Y* параллельны поверхности земли. Ветер направлен аналогично оси *X*. Распространение пожара происходит под действием ветра. На пути пожара находится противопожарный разрыв заданных размеров *Lx* (вдоль направления ветра) и *Ly* (поперек направления ветра). Очаг пожара удален от левой границы противопожарного разрыва на расстоянии L_0.

В первой группе численных экспериментов очаг пожара находился на расстоянии 20 метров от границы разрыва. Установлено, что в данном случае оптимальный размер противопожарного разрыва *Ly*=30 м. Решалась задача распространения лесного пожара через разрыв при влагосодержании 0,5, запасе лесных горючих материалов (ЛГМ) 0,4 кг/м^3. Скорость ветра равна 10 м/с. В результате математических расчетов были определены температурные поля, а также пространственное распределение концентраций кислорода и легколетучих продуктов пиролиза в различные моменты времени при прохождении фронта пожара через минерализованную полосы заданных размеров (рис. 1).

Исследование представленных графиков, отображающих изменение температурных полей, при наличии разрыва 30×9 м показало, что лесной пожар продолжает распространение после преодоления разрыва (рис. 1*a*). Увеличение разрыва до 30×10 м останавливает распространение фронта лесного пожара (см. рис. 1*b*). Таким образом, можно заключить, что для исходных параметров пожара оптимальными являются размеры разрыва 30×10 метров.

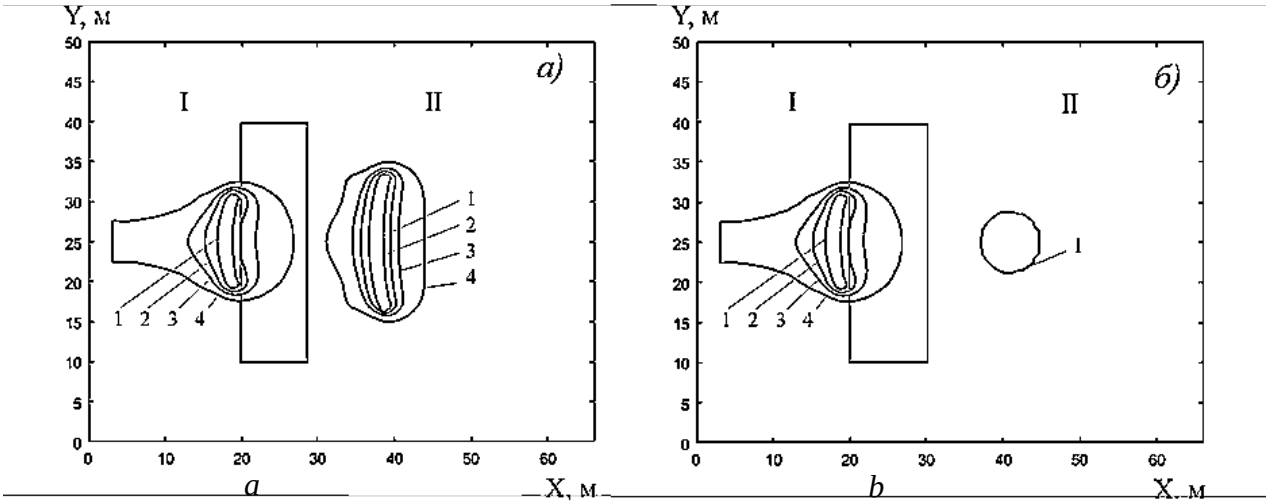


Рис. 1. Распределения изотерм при размерах противопожарного разрыва 30×9 м *(a)* и 30×10 м *(b)* в моменты времени t = 4 с (I), 7 с (II), 9 с (III)

Для второй группы численных экспериментов очаг пожара располагался на расстоянии 25 метров от левой границы разрыва. При увеличении расстояния фронт лесного пожара распространяется по осям *OX* и *OY* одновременно, вследствие чего фронт пожара становится шире. В ходе численных экспериментов установлено, что использованный ранее размер разрыва *Ly*=30 м не является эффективным для всех используемых значений влагосодержания и запаса ЛГМ для указанных условий. Определено, что оптимальным размером для данной группы расчетов является *Ly*=60 м.

Таблица 1

Оптимальный размер разрыва *Lx* (м) при постоянном значении *Ly*=60 м и расстоянии от очага пожара до разрыва L_0=25 м

	Запас ЛГМ, кг/м^3	Влагосодержание ЛГМ		
		0,3	0,4	0,5
Ширина противопожарного разрыва *Lx*, м	0.3	80	55	13
	0.4	82	57	13
	0.5	83	59	14
	0.6	85	60	15

Проанализировав результаты можно сделать вывод, что расстояние от очага пожара до границы разрыва существенно влияют на размер очага и фронт распространения пожара.

Выводы

В результате численных экспериментов на основе математической модели распространения лесного пожара получены следующие результаты.

1. Установлено, что при расположении очага пожара на расстоянии 20 м от границы противопожарного разрыва, влагосодержании лесных горючих материалов 0.5 (доли ед.), запасе ЛГМ 0.4 кг/м³ и скорости ветра 10 м/с, оптимальными размерами разрыва являются 30 м в поперечном направлении и 10 м в продольном. При данных параметрах разрыва происходит полная остановка фронта пожара.

2. При увеличении расстояния от очага до разрыва до 25 м, а также при изменении влагосодержания (0,3-0,5) и запаса ЛГМ (0,3-0,6 кг/м^3), оптимальная ширина разрыва в поперечном направлении возрастает до 60 м. Продольный размер Lx при этом варьируется от 13 до 85 м в зависимости от влагосодержания и запаса ЛГМ: минимальная требуемая ширина (13-15 м) достигается при влагосодержании 0,5, максимальная (80-85 м) – при влагосодержании 0,3.

3. Показано, что расстояние от очага пожара до границы разрыва является критическим фактором: его увеличение приводит к расширению фронта пожара как по направлению ветра, так и поперек него, что требует пропорционального увеличения размеров противопожарного разрыва.

4. Полученные количественные зависимости могут быть использованы при проектировании минерализованных полос и противопожарных разрывов в хвойных лесах с заданными параметрами горючих материалов и метеорологических условий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yan K., Zhao F., Si L., Shu L., Wang M., Li W., Han D., Li X., Zhou N. Research Progress on Forest Firebreaks and Firebreak Systems // Scientia Silvae Sinicae. 2025. Vol. 61. № 1. P. 197-208.
2. Guo H., Yang Z., Ye Z., Xiang D., Gao Y., Zhang Y. Experimental Analysis on the Behaviors of a Laboratory Surface Fire Spreading across a Firebreak with Different Winds // Forests. 2023.Vol. 14. № 12. P. 2455.
3. Zong X., Tian X., Wang X. An optimal firebreak design for the boreal forest of China // Science of The Total Environment. 2021. Т. 781. С. 146822.
4. Хасанов И.Р., Зуев С.А., Абашкин А.А., Зуева А.С. Оценка безопасных противопожарных расстояний от лесных насаждений до зданий и сооружений // Пожарная безопасность. 2021. № 2. Вып. 103. С. 36–43.
5. Гришин А.М. Математические модели лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. Новосибирск: Издательство «Наука», 1992. 407 с.

© Белькова Т.А., Перминов В.А., 2026

УДК 614.78:691.44

Соколик Г.А., Свирщевский С.Ф., Лейнова С.Л.
Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь
e-mail: sokolikga@mail.ru

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ТОКСИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ЛИСТОВ ИЗ ГИПСОКАРТОНА ПРИ НАНЕСЕНИИ НА ИХ ПОВЕРХНОСТЬ ФИНИШНЫХ ПОКРЫТИЙ

Аннотация. В статье приведены результаты исследования токсической опасности газовой смеси, образующейся при возгорании листов из гипсокартона разного типа после нанесения на их поверхность финишных покрытий,

представляющих собой защитно-отделочные композиции (штукатурки) и лакокрасочные материалы. Показано, что использование жидких отделочных материалов в зависимости от их свойств может привести как к уменьшению, так и к увеличению токсической опасности продуктов горения, образующегося при возгорании гипсокартонных конструкций.
Ключевые слова: пожарная безопасность, гипсокартон, токсичность продуктов горения, финишные покрытия, штукатурки, краски, оксид углерода.

Sokolik G.A, Svirshevsky S.F., Leinova S.L.
Belarusian State University, Minsk, Belarus

ASSESSMENT OF CHANGES IN THE TOXIC HAZARD OF GYPSUM BOARDS DUE TO FINISHING COATINGS

Abstract. This article presents the results of a study examining the toxicity of the gas mixture generated during the combustion of various gypsum boards with applied finishing coatings, such as protective plasters and paints. It is shown that the use of liquid finishing materials, depending on their properties, can either reduce or increase the toxicity of the combustion products of gypsum boards.
Keywords: fire safety, gypsum board, combustion toxicity, finishing coatings, plasters, paints, carbon monoxide

В современном строительстве гипсокартонные листы широко используются для внутренней отделки помещений. Гипсокартонные листы применяются для облицовки стен, потолков, монтажа сухих полов и т.д. Они удобны в работе, экологичны и имеют относительно низкую стоимость. Однако в условиях пожара токсичность продуктов их горения может представлять угрозу для здоровья людей, поскольку выделяющиеся в условиях

высокотемпературного воздействия газы могут накапливаться в помещении и достигать высоких концентраций. Как правило, при устройстве стен или потолков гипсокартонные листы используются в качестве базовых (основных) отделочных материалов, на поверхность которых наносится финишная отделка, среди используемых видов которой выделяются жидкие составы (защитно-отделочные композиции и лакокрасочные материалы). В том случае, когда финишное покрытие характеризуется более высоким классом опасности продуктов горения по сравнению с базовым материалом, токсичность газовой смеси, выделяемой при горении системы, может возрасти. В случае, когда финишное покрытие обладает меньшей токсичностью продуктов горения относительно основы, общая токсическая опасность системы при термическом воздействии может уменьшиться, что способствует повышению ее пожарной безопасности. Кроме того, наличие штукатурок и красок может также оказать влияние на структуру поверхности гипсокартона и, как следствие на токсическую опасность образовавшейся системы «листы из гипсокартона − финишное покрытие» при горении.

Целью настоящей работы является оценка изменения токсической опасности продуктов горения листов из гипсокартона различного типа после нанесения на их поверхность защитно-отделочных композиций (штукатурок) или лакокрасочных материалов (красок) и выявление наиболее перспективных отделочных материалов, обеспечивающих снижение токсичности продуктов горения в образовавшейся системе «листы из гипсокартона − финишное покрытие», а также увеличивающих их опасность.

Токсическая опасность продуктов горения исследованных исходных материалов и сформированных систем «гипсокартон − финишное покрытие» оценивалась по показателю токсичности ($Н_{CL50}$) и по содержанию оксидов углерода в образующейся газовой среде.

Показатель токсичности продуктов горения ($H_{CL50)}$ при выполнении данных исследований определялся биологическим методом в соответствии с [1] и рассчитывался как отношение массы материала к объему замкнутого пространства ($г \cdot м^{-3}$), в котором образующиеся при горении газообразные продукты вызывают гибель 50 % подопытных животных.

В соответствии с [1], чем меньше значение показателя токсичности продуктов горения, тем более опасен испытываемый материал по данному показателю. Выходы основных токсичных газов (мг/г), определялись как отношение содержание анализируемого газа (оксида углерода) в замкнутом объеме установки к массе испытываемого образца.

Для проведения исследований были выбраны три различных типа гипсокартона: самый распространенный при использовании стандартный (ГКЛ), а также влагостойкий (ГКЛВ) и огнестойкий (ГКЛО), отличающиеся от стандартного и между собой входящими в их состав целевыми добавками [2]. Для создания финишных слоев были выбраны вида штукатурки (полимерная − ШП и минеральная − ШМ), и два вида водно-дисперсионной акриловой краски (ВД АК 1 и ВД АК 2).

Было оценено влияние выбранных видов защитно-отделочных композиций и красок на удельные выходы оксида углерода CO (мг/г) и показатели токсичности продуктов горения (HCl_{50}, $г/м^3$) при нанесении их на лицевую поверхность гипсокартона.

Результаты определения содержания карбоксигемоглобина в крови задействованных и погибших в ходе проведения эксперимента животных, сделанное по методике [3], показали, что во всех испытаниях оксид углерода являлся основным токсичным газом.

Исследования токсической опасности образующейся при горении газовой смеси проводились при одинаковой массе наносимого покрытия и при одинаковом соотношении масс базового и наносимого материалов. Это

позволило выявить направленное изменение токсической опасности базовой основы в зависимости от типа финишного покрытия и свойств самого гипсокартона.

В таблице 1 приведены удельные выходы CO и показатели токсичности продуктов горения (HCl_{50}), полученные для исходных материалов и образовавшихся системах «гипсокартон − штукатурка».

Таблица 1

Значения удельных выходов CO и показателей токсичности продуктов горения системы, образовавшихся после нанесения двух видов штукатурки (полимерной – ШП и минеральной – ШМ) на различные виды гипсокартона (стандартный – ГКЛ, влагостойкий – ГКЛВ и огнестойкий – ГКЛО)

Удельный выход CO, мг/г					Показатель токсичности H_{Cl50}, г/м^3				
тип материала					тип материала				
ГКЛ	ШП	ШМ	ГКЛ + ШП	ГКЛ + ШМ	ГКЛ	ШП	ШМ	ГКЛ + ШП	ГКЛ + ШМ
19,6	25,9	4,7	22,2	10,7	383,0±1,6	291,2 ± 1,3	1581,1±6,4	348,2±1,5	680,0±4,0
ГКЛВ	ШП	ШМ	ГКЛВ + ШП	ГКЛВ + ШМ	ГКЛВ	ШП	ШМ	ГКЛВ + ШП	ГКЛВ + ШМ
12,0	25,9	4,7	19,0	7,1	612,8±2,6	291,2± 1,3	1581,1±6,4	383,2±1,5	1042,2±4,5
ГКЛО	ШП	ШМ	ГКЛО + ШП	ГКЛО + ШМ	ГКЛО	ШП	ШМ	ГКЛО + ШП	ГКЛО + ШМ
9,5	25,9	4,7	18,2	5,9	778,2±3,2	518,2± 2,2	1581,1±6,4	409,0±1,7	1245,3±4,9

Из представленных данных видно:

− у стандартного гипсокартона в системе «ГКЛ + штукатурка полимерная») удельные выходы CO увеличились в 1,1 раза, H_{Cl50} при этом уменьшился на 9,1 %; в системе «ГКЛ + штукатурка минеральная») удельные выходы CO уменьшились, а значение HCl_{50} увеличилось приблизительно в 1,8 раз;

− у влагостойкого гипсокартона (ГКЛВ) в системе «ГКЛВ + ШП») удельные выходы CO увеличились в 1,6 раза; H_{Cl50} уменьшился на 37 %; в системе «ГКЛВ+ШМ») удельные выходы CO уменьшились, а значение HCl_{50} увеличилось приблизительно в 1,7 раз;

− у огнестойкого гипсокартона (ГКЛО) в системе «ГКЛО +ШП») удельные выходы CO увеличились в 1,9 раза, показатель токсичности продуктов горения при этом уменьшился на 47,4 %; в системе «ГКЛО+ШМ» удельные выходы CO уменьшились, а значение HCl_{50} увеличилось приблизительно в 1,6 раз.

Полученные результаты свидетельствуют, что для всех видов гипсокартона после нанесения на поверхность листов полимерной штукатурки с удельным выходом 25,9 мг/г, что выше, чем у каждого из видов гипсокартона (19,6 мг/г − у ГКЛ; 12,0 у − ГКЛВ; 9,5 мг/г − у ГКЛО) и выше, чем у минеральной штукатурки (4,7 мг/г), удельные выходы CO уменьшаются, а значения HCl_{50}, соответственно, увеличиваются.

Для всех видов гипсокартона после нанесения на поверхность листов минеральной штукатурки удельные выходы CO уменьшаются, а значения HCl_{50}, соответственно, увеличиваются, что приведет к снижению его токсической опасности при пожаре.

В таблице 2 приведены удельные выходы CO и показатели токсичности продуктов горения (HCl_{50}), полученные для исходных материалов и образовавшихся систем «гипсокартон − водно-дисперсионная акриловая краска».

Из представленных данных видно:

− у стандартного гипсокартона в системе «ГКЛ+ ВД АК 1» удельные выходы CO уменьшились в 1,4 раза, H_{Cl50} при этом увеличился на 40,3 %, в системе «ГКЛ+ ВД АК 2» удельные выходы CO увеличились в 2,1 раза, а значение HCl_{50} уменьшилось на 52,7%;

− у влагостойкого гипсокартона (ГКЛВ) в системе «ГКЛВ + ВД АК 1» удельные выходы CO уменьшились в 1,2 раза, H_{Cl50} увеличился на 20,4 %; в системе «ГКЛВ+ ВД АК 2» удельные выходы CO увеличились в 3,1 раза, а значение HCl_{50} уменьшилось на 67,6 %;

− у огнестойкого гипсокартона (ГКЛО) в системе «ГКЛО + ВД АК 1» удельные выходы СО уменьшились в 1,1 раза, H_{Cl50} увеличился на 10,0 %; в системе «ГКЛВ+ ВД АК 2» удельные выходы СО увеличились в 3,8 раза, а значение HCl_{50} уменьшилось на 73,6 %.

Таблица 2

Значения удельных выходов СО и показателей токсичности продуктов горения системы, образовавшихся после нанесения двух видов водно-дисперсионных акриловых красок (ВД АК 1 и ВД АК 2) на различные виды гипсокартона (стандартный – ГКЛ, влагостойкий – ГКЛВ и огнестойкий – ГКЛО)

Удельный выход СО, мг/г					Показатель токсичности H_{Cl50}, г/м^3				
тип материала					тип материала				
ГКЛ	ВД АК 1	ВД АК 2	ГКЛ + ВД АК 1	ГКЛ + ВД АК 2	ГКЛ	ВД АК 1	ВД АК 2	ГКЛ + ВД АК 1	ГКЛ + ВД АК 2
19,6	7,8	62,5	13,9	41,4	383,0± 1,6	897,2±3, 7	126,1± 0,6	537,3± 2,2	181,0± 0,8
ГКЛВ	ВД АК 1	ВД АК 2	ГКЛВ + ВД АК 1	ГКЛВ + ВД АК 2	ГКЛВ	ВД АК 1	ВД АК 2	ГКЛВ + ВД АК 1	ГКЛВ+ ВД АК 2
12,0	7,8	62,5	10,0	37,1	612,8± 2,6	897,2±3, 7	126,1± 0,6	737,7± 3,1	198,3± 0,3
ГКЛО	ВД АК 1	ВД АК 2	ГКО + ВД АК 1	ГКО + ВД АК 2	ГКЛО	ВД АК 1	ВД АК 2	ГКЛО + ВД АК 1	ГКЛО + ВД АК 2
9,5	7,8	62,5	8,6	36,5	778,2± 3,2	897,2±3, 7	126,1± 0,6	856,1± 3,5	205,2± 0,9

Полученные результаты свидетельствуют, что для всех видов гипсокартона после нанесения на поверхность листов краски ВД АК 2 с удельным выходом СО 62,5 мг/г, что выше, чем у каждого из видов гипсокартона (19, 6 мг/г у ГКЛ; 12,0 у ГКЛВ; 9,5 мг/г у ГКЛО), и выше, чем у краски ВД-АК 1 (7,8 мг/г) в системе «гипсокартон − краска ВД АК 2» удельные выходы СО увеличиваются, а значения HCl_{50}, соответственно, снижаются, что приведет к увеличению его токсической опасности при пожаре.

Для всех видов гипсокартона после нанесения на поверхность листов краски ВД АК 1 удельные выходы СО уменьшаются, а значения HCl_{50}, соответственно, увеличиваются, что приводит к снижению его токсической опасности при пожаре.

На основании полученных результатов можно сделать следующие основные выводы.

Нанесение минеральной штукатурки (ШМ) на гипсокартонные листы с более высокой, чем у нее токсической опасностью продуктов горения способствует снижению удельного выхода CO, что наиболее эффективно (до ~1,83 раза) проявляется при использовании в качестве базового материала отделки стандартного гипсокартона и сопровождается ростом показателя токсичности системы «ГКЛ+ШМ».

Использование в системе «гипсокартон – водно-дисперсионная акриловая краска» с удельным выходом CO у финишного покрытия 62,2 мг/г (ВД АК 2) привела к наибольшему увеличению удельных выходов CO из всех проанализированных систем (до ~3,84 раза для ГКЛО) и одновременному ухудшению показателей токсичности продуктов горения. Использование краски с показателями токсической опасности продуктов горения в несколько раз хуже, чем у обрабатываемого материала (базовой отделки) приводит увеличению общей токсической опасность системы при пожаре.

Таким образом, оценка возможности изменения токсической опасности продуктов горения листов из гипсокартона при нанесении на их поверхность финишных покрытий, показала, что в зависимости от свойств финишного покрытия использование жидких отделочных материалов может привести как к ее уменьшению, так и к ее увеличению.

Наиболее сильное влияние отделки на изменение токсической опасности базового материала наблюдается для стандартного гипсокартона при использовании финишных покрытий, уменьшающих токсическую опасность продуктов горения, и для огнестойкого – при использовании полимерных покрытий, ухудшающих показатели.

Сопоставление результатов, полученных при оценке уменьшения токсической опасности базовых материалов (в данном случае, гипсокартона),

показало, что, эффект от применения минеральной штукатурки существенно превосходит эффект от краски ВД АК 1 (сопоставимых по исходной токсичности продуктов горения), что объясняется более высокой долей негорючих минеральных компонентов, ограничивающих доступ кислорода к базовому материалу и подавляющих образование токсичных газов.

Полимерная штукатурка ШП и краска ВД АК 2, напротив, усиливают токсичность продуктов горения за счет присутствия органических полимеров, дающих дополнительный вклад в образующуюся при горении газовую фазу.

Таким образом, минеральные штукатурки являются наиболее перспективным средством снижения токсической опасности в системе «гипсокартон − финишное покрытие», тогда как применение определенных акриловых красок (типа ВД АК 2) требует дополнительного контроля и, возможно, ограничения в пожароопасных помещениях.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке рекомендаций по безопасной отделке помещений с повышенными требованиями к пожарной безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.1.044-2018. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. Введ. 01.12.19. Переиздание ноябрь 2024 г. с Изменением № 1от 01.04.2025. 220 с

2. Пустовойтов В.Н. Гипсокартон: шаг за шагом. М.: Литагент «Центрполиграф», 2009. 160 с.

3. МВИ 1925-2003. Методика спектрофотометрического определения карбоксигемоглобина в крови подопытных животных. Введ. 11.08.2003. Минск: Белорусский государственный институт метрологии, 2003. 40 с.

© Соколик Г.А., Свирщевский С.Ф., Лейнова С.Л., 2026

УДК 667.281 543.57

Сипилина А.А., Шаталов К.И., Шушпанов А.Н.

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, г. Москва, Российская Федерация

e-mail: shushpanov.a.n@muctr.ru

ТЕРМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ АЗОКРАСИТЕЛЯ «АЛЫЙ»

Аннотация. Методом дифференциального термического анализа и термогравиметрии (ТГ-ДТА) было исследовано термическое разложение азокрасителя «Алый». Установлено, что процесс деструкции протекает в несколько стадий в интервале температур 250-600 °С, сопровождается экзотермическими эффектами, начинающимися при 280 °С, соответствующими разрушению азогруппы и окислению продуктов распада. Установлено, что аэровзвесь красителя пожаровзрывобезопасна.

Ключевые слова: азокрасители, пожаровзрывобезопасность, термический анализ, термодеструкция.

Sipilina A.A., Shatalov K.I., Shushpanov A.N.

Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

THERMAL DECOMPOSITION OF THE CRIMSON AZO DYE

Abstract. The thermal decomposition of the crimson azo dye was studied using differential thermal analysis and thermogravimetry (TG-DTA). It was found that the destruction process occurs in several stages in the temperature range of 250-600 °C, accompanied by an exothermic effect that begin at 280 °C, correspond to the

destruction of the azo group and the oxidation of the decomposition products. It was also found that the dye aerosol does not pose a fire hazard.

Keywords: azo dyes, fire and explosion safety, thermal analysis, thermal destruction

Синтетические азокрасители начали активно развиваться после открытия процесса диазотирования в середине XIX века, и к настоящему времени их производство составляет более половины всего мирового производства красителей [1]. Азокрасители – один из самых массовых классов синтетических органических соединений, применяемых в различных отраслях промышленности, таких как полиграфическая, текстильная, лакокрасочная и др. Актуальность изучения термического поведения таких соединений обусловлена не только их широким промышленным применением, но и необходимостью обеспечения безопасных режимов их сушки в ходе производства, хранения готовой продукции, а также утилизации отходов, содержащих азокрасители [2]. Метод термического анализа (ТГ-ДТА) является наиболее информативным и эффективным для изучения термической стабильности органических соединений, в том числе и азокрасителей. Он позволяет точно регистрировать как изменение массы, так и тепловые эффекты, сопровождающие деструкцию. В случае моноазокрасителей особый интерес представляет определение температуры начала разложения азогруппы –N=N–. Этот фрагмент молекулы не только является сильным хромогеном, оказывающим прямое влияние на красящую способность азокрасителей, но и к тому же он – наиболее слабое звено с точки зрения термической устойчивости [3].

В настоящей работе исследовался азокраситель «Алый». На рис. 1 приведена структурная формула пигмента данного красителя. Его молярная масса составляет 480 г/моль. Строение молекулы пигмента включает азогруппу, связывающую два ароматических фрагмента: с одной стороны – нафталиновое кольцо с одной гидроксогруппой (–OH) и двумя сульфогруппами ($–SO_3Na$), с

другой стороны – бензольное кольцо с двумя метильными группами (–CH_3). Как отмечено в некоторых трудах по химии синтетических красителей и органической химии красителей [4,5], именно характер заместителей в ароматических ядрах определяет как цветовые характеристики, так и термическое поведение азосоединений.

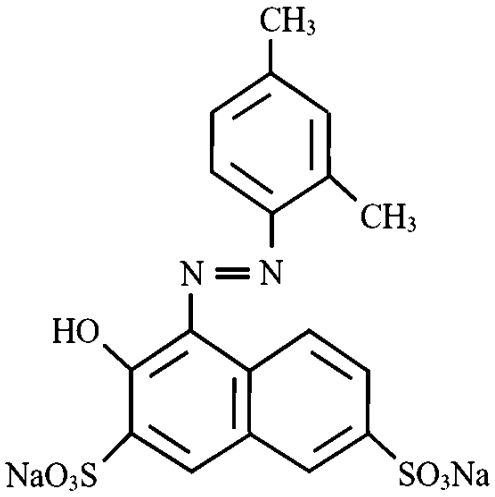


Рис. 1. Структурная формула пигмента «Алый»

Термическое разложение изучали на дериватографе типа С при нагревании навески массой 20 мг до 600 °С со скоростью 10 °С/мин в окислительной атмосфере (воздух). Полученные кривые ТГ и ДТА, приведенные на рис. 2, позволили выделить четыре температурных интервала, в которых происходят последовательные изменения образца.

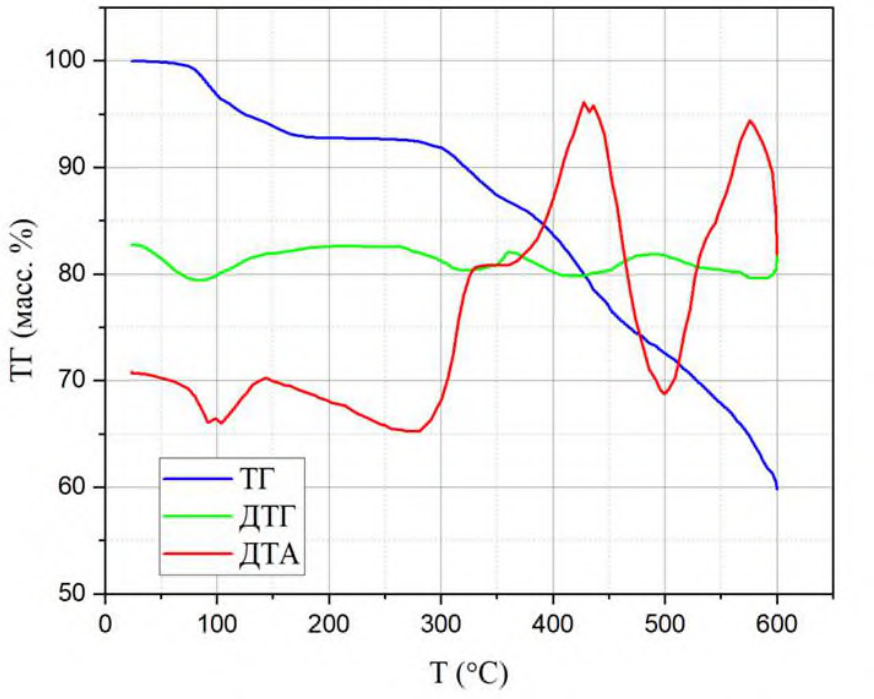


Рис. 2. ТГ-ДТА кривые красителя «Алый»

На первом этапе в интервале 60-170 °C наблюдается потеря массы около 7 %, сопровождающаяся эндотермическим эффектом на кривой ДТА. Этот процесс связан с удалением физически адсорбированной влаги и, вероятно, части кристаллизационной воды. В отличие от ранее изученных пигментов, у которых дегидратация иногда затягивается до 250 °C, у красителя «Алый» этот этап завершается при более низкой температуре, что объясняется присутствием гидрофобных метильных групп на бензольном кольце.

Второй этап охватывает диапазон 280-350 °C. Потеря массы составляет около 6 %. На кривой ДТА происходит переход в экзотермическую область, однако вместо классического острого пика фиксируется выход на плато – то есть кривая поднимается вверх и некоторое время идет горизонтально, без выраженного максимума. Это не вполне обычное для азокрасителей поведение указывает на начало деструкции азогруппы, но с одновременным образованием относительно стабильных промежуточных продуктов, которые временно тормозят дальнейшее окисление. Иными словами, разрыв связи –N=N–

инициирует экзотермический процесс, однако образующиеся ароматические радикалы вероятно частично рекомбинируют или стабилизируются за счет сульфогрупп.

Третий этап (350-500 °C) характеризуется потерей массы около 14 % и сопровождается резким экзотермическим пиком на кривой ДТА с максимумом при 425 °C. Это основная стадия окислительной деструкции. В данном интервале происходит разрушение нафталинового и бензольного колец, окисление органического углерода до CO и CO_2, а также, вероятно, выделение SO_2 из сульфогрупп. Температура пика составила 425 °C, и это заметно выше, чем у некоторых других азосоединений, что связано с присутствием двух сульфогрупп $–SO_3Na$, которые, как показано в работе [6], оказывают ингибирующее действие на воспламенение ароматических систем.

Четвертый, заключительный этап протекает в интервале 500–600 °C. Потеря массы составляет около 13 %. На кривой ДТА регистрируется второй экзотермический пик с максимумом при 575 °C. Этот пик соответствует глубокому дожиганию карбонизованного углеродсодержащего остатка, который не успел окислиться на предыдущей стадии. Двухпиковый экзотермический профиль характерен для соединений с сильно окисленными заместителями, где сначала сгорает «легкая» органика, а затем – более конденсированные или графитоподобные структуры. Общая потеря массы к 600 °C составила около 40 %.

Такое количество негорючего остатка объясняется тем, что исследованный образец представляет собой конечную товарную форму красителя. Помимо собственно органического красителя, в состав товарного продукта традиционно входят различные технологические добавки: наполнители (например, сульфат натрия или хлорид натрия), диспергаторы, стабилизаторы и увлажнители [4]. Кроме того, сами сульфогруппы $–SO_3Na$, входящие в структуру молекулы при термическом разложении трансформируются в термостойкие неорганические

продукты. Совокупность этих факторов и обусловливает высокую зольность образца, что принципиально отличает его от пигментных форм, которые обычно содержат значительно меньше негорючих добавок.

Краситель «Алый» может быть рекомендован для термической утилизации в печах с температурой газового тракта не ниже 600 °C, однако необходимо контролировать выбросы оксидов серы, образующихся при деструкции сульфогрупп. В распоряжении исследователей было недостаточное количество вещества, чтобы провести испытание пыли на пожаровзрывоопасность по ГОСТ 12.1.044-2018, но теоретически можно предположить, что аэровзвесь с высокой долей вероятности окажется пожаровзрывобезопасной, поскольку общая доля сульфогрупп составляет 43 % от молярной массы молекулы [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Christie R.M. Colour Chemistry. 2nd ed. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2015. 360 p.
2. Hunger K. Industrial dyes: chemistry, properties, applications. John Wiley & Sons, 2007. 660 p.
3. Михеев В.В. Химия красителей и крашения: учебное пособие / В.В. Михеев, М.М. Миронов, В.Х. Абдуллина. Казань: Казанский государственный технологический университет, 2009. 89 с.
4. Venkataraman K. The Chemistry of Synthetic Dyes / K. Venkataraman. – New York: Academic Press, 1952. Vol. 1. 803 p.
5. Gordon P.F., Gregory P. Organic Chemistry in Colour. Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo: Springer-Verlag, 1987. 345 p.
6. Васин А.Я., Блохина О.А., Маринина Л.К. Изучение ингибирующего действия групп SO_3Na на воспламенение аэрозолей ароматических сульфокислот натрия // Наука–производству. 2004. №7. С. 26-30.

© Сипилина А.А., Шаталов К.И., Шушпанов А.Н., 2026

УДК 613.6

Назаргулов Р.Р., Терпигорева И.В.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: terpigoreva@mail.ru

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ ЭЛЕКТРОГАЗОСВАРЩИКА

Аннотация. В работе проведен анализ негативных производственных факторов, возникающих при проведении электрогазосварочных работ. Выполнена оценка условий труда на рабочем месте электрогазосварщика. Разработаны мероприятия, направленные на снижение негативного воздействия факторов производственной среды и трудового процесса электрогазосварщика.
Ключевые слова: охрана труда, электрогазосварщик, вредные производственные факторы, профессиональный риск, специальная оценка условий труда, средства индивидуальной защиты

Nazargulov R.R., Terpigoreva I.V.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

ANALYSIS AND ASSESSMENT OF WORKING CONDITIONS AT THE WORKPLACE OF AN ELECTRIC AND GAS WELDER

Abstract. The study analyses the adverse occupational factors arising during electric and gas welding operations. An assessment of the working conditions at the electric and gas welder’s workplace has been carried out. Measures aimed at reducing the negative impact of the production environment factors and the work process on the electric and gas welder have been developed.

Keywords: labor protection, electric and gas welder, harmful production factors, occupational risk, special assessment of working conditions, personal protective equipment.

Сварка является одним из универсальных и надежных методов неразъемного соединения металлов и конструкций. С помощью сварных соединений обеспечивается прочность, герметичность и надежность изделий, от простых до высокотехнологичных. Метод сваривания используется при строительстве, монтаже в ремонте оборудования. На сегодняшний день известно около 150 видов сварки и каждый из них порождает несколько опасных и вредных факторов. Следовательно, исследование условий труда и разработка технических мероприятий по обеспечению безопасных и комфортных условий труда на рабочем месте электрогазосварщика.

Основное оборудование сварочного поста состоит из источника питания дуги, сварочных проводов, электрододержателя и различных приспособлений, необходимых для закрепления свариваемых деталей, а так же сварочный стол.

Рассмотрим опасные и вредные производственные факторы, которые возникают при проведении электросварки.

В числе опасных и вредных производственных факторов, которыми сопровождаются сварочные работы можно назвать следующие:

- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов;
- повышенная температура воздуха рабочей зоны;
- опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- повышенная яркость света;
- повышенный уровень ультрафиолетовой радиации;
- искры, брызги и выбросы расплавленного металла;
- передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;

- взрывоопасность.

Проведем оценку условий труда при воздействии химического фактора.

Сварка генерирует сварочный аэрозоль, содержащий в своем составе мельчайшие частицы оксидов металлов, таких как хром, марганец, железо, никель и другие. В состав газовых выбросов от сварки входят оксиды азота, окись углерода, фтористый водород, и озон. Компоненты сварочного аэрозоля являются токсичными, Так, марганец поражает нервную систему, хром и никель являются канцерогенами, способными вызвать рак легких.

Результаты проведенных измерений концентрации вредных веществ и аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД) в воздухе рабочей зоны электросварки представлены в таблице 1.

Таблица 1

Фактическое состояние условий труда по химическому фактору

Вредное вещество	Фактическое значение концентрации, мг/м^3	ПДКс.с., мг/м^3	Класс опасности	Класс условий труда
Фтористый водород	0,016	0,005	1	3.2
Оксиды азота	0,07	0,1	1	2
Углерода оксид	26	20	3	3.1
Хромовый ангидрид	2,5	1	3	3.1
Марганец в сварочных аэрозолях при его содержании: до 20%	0,28	0,2	2	3.1

Таким образом, можно сделать вывод, что по фтористому водороду, оксиду углерода, хромовому ангидриду и марганцу имеются превышения предельно допустимых концентраций для воздуха рабочей зоны, следовательно, необходимо разработка мер по улучшению условий труда сварщика.

Сварочные работы так же могут сопровождаться повышенным уровнем шума, особенно при сварке в импульсном режиме и плазменной сварке. При электродуговой сварке источником шума является сварочная дуга, элементы

питания, пневмоприводы. Измеренный уровень шума на рабочем месте электросварщика составил 84 дБА, что соответствует классу 3.1.

По шумовому фактору так же требуется проведение защитных мероприятий.

Еще одним вредным и опасным производственным фактором сварочных работ являются электромагнитные неионизирующие, состоящее из ультрафиолетового, инфракрасного и видимого излучения. ультрафиолетовые лучи оказывают негативное влияние на зрение, инфракрасное излучение вызывает перегрев тканей, катаракту, видимое излучение (слепящая яркость дуги) приводит к временному ослеплению и снижению контрастной чувствительности зрительного анализатора.

В таблице 2 приведены измеренные уровни электромагнитных неионизирующих излучений на рабочем месте электрогазосварщика.

Таблица 2

Измеренные уровни электромагнитных неионизирующих излучений

Электромагнитное неионизирующее излучение	Фактическое значение Вт/м^2	ПДУ, Вт/м^2	Класс условий труда
УФ-А	14	1	3.1
УФ-В и УФ-С	18	10	3.1
Интенсивность теплового излучения ($I_{то}$), Вт/м^2	1200	140	3.1

Оценка воздействия электромагнитного неионизирующего излучения на рабочем месте сварщика показала превышение допустимых уровней. Необходимо применение мероприятий по улучшению условий труда.

Сварочное производство отличается наличием множества неблагоприятных факторов производственной среды, среди которых наиболее значимыми являются: химические воздействия, неионизирующее излучение, микроклимат и тяжесть трудового процесса.

По результатам проведенной оценки рабочего места электросварщика класс условий труда с учетом сочетанного действия нескольких вредных факторов составил 3.2.

Для повышения безопасности и комфорта необходим комплекс мероприятий по улучшению условий труда на рабочем месте электрогазосварщика, включающих проектирование общей и местной вентиляционной систем для нормализации качества воздушной среды. Акустическая обработка сварочного участка шумопоглощающими материалами позволит нормализовать уровень шума. Применение эффективных средств индивидуальной защиты, позволит защитить работника от электромагнитного неионизирующего излучения. А также организацию мероприятий, направленных на повышение культуры безопасности труда. Проведённый анализ и предложенные меры обеспечивают снижение рисков для здоровья и жизни работников, что способствует созданию безопасных условий труда и повышению общей эффективности производственных процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бадьянов Б.Н. Сварочные процессы в электронном машиностроении: учеб. пособие / Б.Н. Бадьянов, В.А. Давыдов, С.Г. Паршин. Ульяновск: УлГТУ, 2007. 268 с.
2. Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» // Собрание законодательства Российской Федерации. 2013. № 52. Ст. 6965.
3. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

© Назаргулов Р.Р., Терпигорева И.В., 2026

УДК 614.84.31

Преображенская Е.С., Матюшин Ю.А., Фирсов А.Г.
ФГБУ ВНИИПО МЧС России, г. Балашиха, Российская Федерация
e-mail: otdel-16@vniipo.ru

МОНИТОРИНГ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ, ГРАНИЧАЩИХ С ЛЕСНЫМИ МАССИВАМИ И ПОДВЕРЖЕННЫХ УГРОЗЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В ЛЕТНИЙ ПОЖАРООПАСНЫЙ ПЕРИОД 2022-2025 ГГ.

Аннотация. В статье затронуты важные аспекты, связанные с обеспечением пожарной безопасности объектов защиты расположенных в непосредственной близости к границам лесных массивов. Выявлены основополагающие тенденции в обеспечении пожарной безопасности объектов защиты, граничащих с лесными массивами и подверженных угрозе лесных пожаров. Определены основные причины лесных пожаров и нарушений требований пожарной безопасности объектов защиты. Сформулированы основные направления по дальнейшему обеспечению пожарной безопасности объектов защиты.
Ключевые слова: пожароопасный сезон, объект защиты, лесной пожар, нарушение требований пожарной безопасности, чрезвычайная ситуация, чрезвычайное происшествие, силы и средства.

Preobrazhenskaya E.S., Matyushin Yu.A., Firsov A.G.
FGBU VNIIPO EMERCOM of Russia, Balashikha, Russian Federation

MONITORING THE FIRE HAZARD OF PROTECTED FACILITIES BORDERING FORESTS AND SUBJECT TO THE THREAT OF FOREST FIRES DURING THE SUMMER FIRE PERIOD OF 2022-2025.

Abstract. This article addresses important aspects related to ensuring fire safety at protected facilities located in close proximity to forest boundaries. It identifies

fundamental trends in ensuring fire safety at protected facilities bordering forests and vulnerable to forest fires. The main causes of forest fires and violations of fire safety requirements at protected facilities are identified. Key areas for further ensuring fire safety at protected facilities are outlined.
Keywords: fire season, protected area, forest fire, violation of fire safety requirements, emergency situation, emergency incident, forces and means.

Одно из опасных природных явлений – это лесной пожар. По данным Росстата [1] на территории России зарегистрированы лесные пожары в количестве: 2022 г. – 12,5 тыс. ед., 2023 г. – 12,2 тыс. ед., 2024 г. – 9,4 тыс. ед., 2025 г. – 6,8 тыс. ед. Данными пожарами уничтожена площадь на землях лесного фонда в количестве: 2022 г. – 2,8 млн. га, 2023 г. – 3,2 млн. га, 2024 г. – 7,1 млн. га, 2025 г. – 4,3 млн. га. Как видно из приведенной статистики количество лесных пожаров ежегодно снижается, а их последствия остаются примерно на одном уровне. Для тушения крупных лесных пожаров привлекаются значительные силы и средства МЧС России. В общей сложности за 2022-2025 гг. МЧС России участвовало в ликвидации 240 лесных пожаров [2, 3]. Из них 50 пожаров относятся к категории чрезвычайных ситуации (ЧС). К данной категории относятся лесные пожары площадью более 25 га (средства наземного контроля) и более 200 га (средства авиационного контроля) [4]. Данные лесные пожары распределились по годам следующим образом: 2022 г. – 11ЧС, 2023 г. – 11 ЧС, 2024 г. – 19 ЧС, 2025 г. – 9 ЧС. Анализ статистических данных показывает, что количество крупных лесных пожаров (ЧС) остается постоянным, а их среднее количество за исследуемый период составляет около 12 ЧС в год.

Одной из главных опасностей лесных пожаров является его переход на расположенный рядом объект защиты. Причем переход пожара возможен не только с лесного массива на объекты защиты, но и, наоборот, от объектов защиты на лесной массив. На рис. 1 приведена динамика количества объектов защиты,

граничащих с лесными массивами и подверженных угрозе лесных пожаров (объект защиты). Всего насчитывается более 22,4 тыс. ед. таких объектов защиты. Из них более 18,9 тыс. ед. объектов подвержены угрозе лесного пожара. Протяженность границы с лесом данных объектов составляет порядка 72,6 тыс. км. [5, 6].

Рис. 1. Динамика распределения количества объектов защиты за 2022-2025 гг.

К таким объектам защиты относятся: различные населенные пункты, организации отдыха детей и их оздоровления, места массового отдыха людей на природе, СНТ, объекты транспорта, критически важные объекты, исправительные учреждения ФСИН России, объекты энергетики и др. социально-экономические объекты. В общей сложности, как уже указывалось выше, они составляют от 18,5 тыс. ед. в 2022 г. до 19,8 тыс. ед. в 2025 г. Причем их количество из года в год увеличивается.

Важное место в подготовке к летнему пожароопасному сезону занимают проверки противопожарного состояния объектов защиты. Проверки указанных групп объектов показали, что количество объектов с нарушениями требований пожарной безопасности составляло от 11,6 тыс. ед. в 2022 г. до 16,2 тыс. ед. в 2025 г. (отмечается ежегодный прирост числовых значений). Структура

долевого распределения объектов защиты по группам нарушений выглядит следующим образом:

отсутствие минерализованной полосы на границе объекта с лесным массивом – 40 %;

неисправность (отсутствие) наружного противопожарного водоснабжения – 31 %;

неисправность (отсутствие) подъездов (проездов) к источникам наружного противопожарного водоснабжения – 12 %;

несоблюдение противопожарных разрывов между объектом защиты и границей лесного участка – 11 %;

отсутствие (неисправность) систем оповещения населения о ЧС или пожаре – 6 %.

В целях подготовки объектов защиты к летнему пожароопасному сезону надзорными органами МЧС России (ГПН) проведено от 1 100 плановых контрольных (надзорных) мероприятий (КНМ) по соблюдению требований пожарной безопасности в 2022 г. до 121 КНМ в 2025 г. (тенденция снижения). И от 25 033 внеплановых КНМ в 2022 г. до 40 109 КНМ в 2025 г. (тенденция роста). В ходе указанных КНМ в отношении объектов защиты органами ГПН выявлены нарушения требований пожарной безопасности. Их динамика распределения за рассматриваемый период времени приведена на рис. 2. Из графика видно, что присутствует динамика роста количества выявленных нарушений обязательных требований пожарной безопасности. Структура их долевого распределения по группам имеет следующий вид:

ограничение распространения пожара – 36 %;

создание условий успешного тушения пожара – 34 %;

обеспечение безопасности людей при пожаре – 21 %;

возможная причина возникновения пожара – 9 %.

Рис. 2. Динамика распределения количества выявленных и устраненных требований пожарной безопасности на объектах защиты за период 2022-2025 гг.

Количество устраненных нарушений требований пожарной безопасности также характеризуется тенденцией устойчивого роста (рис. 2). Соответственно структура долевого распределения количества устраненных нарушений требований пожарной безопасности имеет следующий вид:

ограничение распространения пожара – 48 %;

создание условий успешного тушения пожара – 18 %;

обеспечение безопасности людей при пожаре – 22 %;

возможная причина возникновения пожара – 12 %.

За исследуемый период мониторинга расчетный средний процент выполнения предписаний ГПН составил около 42 %. Надо отметить, что это невысокий уровень выполнения обязательных требований пожарной безопасности на объектах защиты. Однако при этом наблюдается четкая тенденция увеличения выполнения предъявленных ГПН требований с 39 % в 2022 г. до 45 % в 2025 г.

Органами ГПН в рамках осуществления пожарных профилактических мероприятий направлено информаций о неудовлетворительном противопожарном состоянии объектов защиты в органы власти и прокуратуру от 5 439 ед. в 2022 г. до 4 063 ед. в 2025 г. (отмечается тенденция снижения).

Проведено заседаний комиссий по обеспечению пожарной безопасности объектов защиты от 6 767 ед. в 2022 г. до 6 002 ед. в 2025 г. (отмечается тенденция снижения). Опубликовано в средствах массовой информации материалов по вопросам обеспечения пожарной безопасности от 223 950 ед. в 2022 г. до 367 666 ед. в 2025 г. (отмечается тенденция роста).

В результате проведенной пожарно-профилактической работы собственниками объектов защиты очищено территории прилегающей к лесу от сухой травы и мусора от 66,8 тыс. км в 2022 г. до 55,0 тыс. км в 2025 г., обустроено границ объектов защиты минерализованной полосой на расстоянии от 19,2 тыс. км в 2022 г. до 11,6 тыс. км в 2025 г., обустроено границ населенных пунктов минерализованной полосой от 296,8 тыс. км в 2022 г. до 86,8 тыс. км в 2025 г. В целом также наблюдается снижение числовых значений показателей.

Общий запас земель лесного фонда составляет более 1 188 млн га. Его сохранность является важной задачей жителей России. По статистике источниками более 90 % лесных пожаров является деятельность людей: непотушенный костер или окурок, детская шалость с огнем, бесконтрольное выжигание сухой травы и др. действия людей. Для обеспечения пожарной безопасности лесов и в целом для снижения количества пожаров на объектах, находящихся в границах с лесными массивами, необходимо осуществлять постоянное информирование населения о правилах поведения в лесу. Для детей организовывать в период учебного процесса специальные занятия по соблюдению требований пожарной безопасности в жилье и на прилегающей территории. С этой целью возможна организация специальных практических занятий по соблюдению требований пожарной безопасности и обучению использования доступных средств пожаротушения. Органам ГПН необходимо осуществлять более пристальный контроль за соблюдением требований пожарной безопасности и добиваться выполнения предложенных к исполнению противопожарных мероприятий. Также необходимо к началу пожароопасного

сезона нарастить необходимые силы и средства для целей пожаротушения. Осуществить проверку источников водоснабжения. В период введения пожароопасного периода должны быть организованы совместно с МВД России мобильные группы для контроля за пожарным состоянием лесов и объектов, прилегающих к ним. В целом перечисленные мероприятия помогут повысить уровень пожарной безопасности лесов и объектов защиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основные показатели охраны окружающей среды. Статистический бюллетень / Федеральная служба государственной статистики (Росстат). М., 2025. 108 с. URL: www.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/oxr_bul_2025.pdf (Дата обращения 11.03.2026).

2. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025623119 Российская Федерация. База данных «Чрезвычайные Происшествия 2022-2025» (БД «ЧП 22-25»): заявл. 01.07.2025: опубл. 25.07.2025 / А.Г. Фирсов, М.В. Загуменнова, Е.Н. Малемина, О.В. Надточий; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

3. Чрезвычайные ситуации и их последствия в Российской Федерации за 2022-2023 гг: статистический сборник / А.Г. Фирсов, А.А. Порошин, А.М. Арсланов [и др.]. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2025. 100 с.

4. Приказ МЧС России от 5 июля 2021 г. № 429 «Об установлении критериев информации о чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера» / Документы ленты ПРАЙМ: ГАРАНТ.РУ URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402707588/ (Дата обращения 11.03.2026).

5. Государственный надзор МЧС России в 2024 г: информационно-аналитический сборник / М. В. Загуменнова, К. В. Домрачев, Е. Н. Малемина [и др.]. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2025. 276 с.
6. Государственный надзор МЧС России в 2023 г: информационно-аналитический сборник / М. В. Загуменнова, К. В. Домрачев, Е. Н. Малемина [и др.]. – Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2024. 258 с.

© Преображенская Е.С., Матюшин Ю.А., Фирсов А.Г., 2026

УДК 614.8:69

Мзокова Е.А., Луговской Р.Д.
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация
e-mail: soprunovakate @mail.ru

ПРОМЫШЛЕННАЯ И ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГЭС И АЭС

Аннотация. В статье рассматриваются особенности обеспечения промышленной и пожарной безопасности на этапе строительства гидроэлектростанций (ГЭС) и атомных электростанций (АЭС). Проведен сравнительный анализ опасных факторов, характерных для каждого типа объектов. Проанализированы инженерные решения и организационные меры, направленные на предотвращение аварий и пожаров. Выделены критические зоны контроля и предложены пути совершенствования систем безопасности.

Ключевые слова: промышленная безопасность, пожарная безопасность, строительство ГЭС, строительство АЭС, гидротехнические сооружения, ядерно-опасные объекты.

Mzokova E.A., Lugovskoy R.D.

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation

INDUSTRIAL AND FIRE SAFETY DURING THE CONSTRUCTION OF HYDROELECTRIC POWER PLANTS AND NUCLEAR POWER PLANTS

Abstract. The article discusses the features of ensuring industrial and fire safety during the construction of hydroelectric power plants (HPPs) and nuclear power plants (NPPs). A comparative analysis of the hazardous factors specific to each type of facility is conducted. Engineering solutions and organizational measures aimed at preventing accidents and fires are analyzed. Critical control areas are identified, and ways to improve safety systems are proposed.

Keywords: industrial safety, fire safety, hydroelectric power plant construction, nuclear power plant construction, hydraulic structures, and nuclear hazardous facilities.

Введение. Строительство объектов энергетики, таких как гидроэлектростанции и атомные электростанции, достаточно долгий и сложный процесс. Сроки возведения обычно варьируются и составляют в среднем 5-10 лет, в зависимости от сложности и масштабности проекта. Специфика таких объектов требует особого внимания и дифференцированного подхода к управлению промышленной и пожарной безопасностью. Так как последствия различного рода могут выходить за пределы строительной площадки и отразиться на природе и городской постройке рядом с такими объектами.

Тема является актуальной по причине того, что в стране происходит модернизация и обновление мощностей, генерирующих энергию. В которую входит модернизация гидроагрегатов и других составных частей гидроэлектростанций, а также строительство новых блоков АЭС. Также стоить

отметить, что после страшных аварий на Саяно-Шушенской ГЭС в 2009 году, Фукусима-1 в 2011 году, требования ожесточились и требования стали более серьезными, так как во время этих аварий были не только материальные потери, но и человеческие.

Промышленная безопасность сфокусирована на отказе оборудования и травматизма. Пожарной безопасности выделяется особое внимание из-за того, что пути эвакуации ограничены, такие как подземные выработки ГЭС и гермооболочки АЭС, а также наличии горючие и особо горючих материалов.

Цель работы – найти различия в подходе к обеспечению и контролю безопасности при строительстве ГЭС и АЭС. Также попробовать предложить рекомендации для интегрирования системы управления рисками.

Характеристика опасных факторов при строительстве ГЭС

Строительство ГЭС начинается с масштабных земляных работ, далее возводятся бетонные плотины, устаиваются туннели и подземные машинные залы. Выделим основные группы промышленных рисков:

1. Гидродинамические

Во время перекрытия русла и возведения временных сооружений возможен прорыв воды и затопление данной территории. Промышленная безопасность на высочайшем уровне. Необходим контроль за скоростью бетонирования и контроль качества противофильтрационных завес.

2. Обрушение горных пород

При разработке деривационных туннелей для отвода воды и камер гидроагрегатов, глубина которых может достигать 100 метров, высоки риски горных ударов и обрушений. Решение – применение особого бетона и анкерной крепи. Должно строго соблюдаться и контролироваться.

3. Работа с грузоподъемными механизмами

Монтаж затворов, турбин, генераторов и других составных частей ГЭС, где требуется использование кранов большой грузоподъемности в стесненных условиях котлована. Необходимо контролировать качество и осторожность при перемещении и установки приборов. Выбор квалифицированных и ответственных за эту работу людей.

Пожарная безопасность на стройплощадке ГЭС имеет специфику:

Подземные сооружения. В туннелях и камерах затруднено дымоудаление. Горючими являются опалубка (дерево и различные полимеры), кабельные трассы временного электроснабжения, смазочные материалы. При монтаже или демонтаже опалубки может произойти возгорание путем попадания искры на поверхность и дальнейшее возгорание.

Сварочные и огневые работы. Насыщенность арматурой и закладными деталями требует постоянного присутствия человека, который будет контролировать опасность возгорания. Наиболее частые причины пожаров – искры при резке арматуры и короткое замыкание временных сетей. Поэтому нужно уделить тщательное и особо осторожное обращение с данным электроинструментом.

Бетонный комплекс. Химические добавки в бетон (ускорители твердения, пластификаторы) могут быть горючими. Кроме того, системы подогрева бетона в зимнее время, такие как электроды и тепловые пушки создают дополнительную нагрузку на электропроводку.

Рассмотрим пример критического инцидента, который случился на Нижегородской ГЭС в 2025 году. Во время строительно-монтажных работ 9 января 2025 года произошло возгорание утеплителя крыши. Возгорание удалось потушить до приезда пожарных.

Особенности промышленной и пожарной безопасности при строительстве АЭС

При строительстве АЭС нужно также обращать внимание на то, что помимо общих рисков накладываются еще требования к ядерной и радиационной безопасности. Тем самым добавляются дополнительные ограничения на промышленные и противопожарные мероприятия.

Промышленные риски:

1. Герметичность реакторного отделения.

Бетонирование этой части конструкции требует непрерывного контроля температуры и влажности. Возможно образование трещин, которое недопустимо.

2. Монтаж оборудования первого класса безопасности.

Корпуса реакторов, парогенераторы, циркулярные насосы устанавливают с максимально точными допусками без люфта и подгона. Падение какого-либо груза при строповке можно приравнять к аварии.

3. Ограничение по совмещению работ.

На площадке АЭС категорические запрещается совмещать огневые работы с монтажом важных конструктивных узлов без особого, усиленного наряда-допуска.

Сравним и выделим отличия особенностей пожарной и промышленной безопасности ГЭС от АЭС:

1. Зонирование по пожарной нагрузке.

Выделяют зоны: контролируемого доступа (реакторный зал), периметра защиты, АБК. В гермозоне используются только негорючие и самозатухающие материалы.

2. Системы пассивной защиты.

На ГЭС доминируют активные системы, на АЭС широко применяются огнестойкие кабельные проходки, огнезадерживающие клапаны с пределом огнестойкости EI 180.

3. Противопожарная вентиляция.

При пожаре в реакторном зале система локализации аварий обязана обеспечить давление для предотвращения поступления радиоактивных продуктов в смежные помещения. На ГЭС такой задачи нет.

Таблица 1

Сравнительный анализ рисков и нормативных требований

	Строительство ГЭС	Строительство АЭС
Основной промышленный риск	Прорыв воды, обрушение выработок	Падение груза на оболочку реактора, дефекты бетона гермозоны
Ключевой пожарный риск	Возгорание опалубки и кабелей в туннелях	Пожар в кабельных помещениях под гермообъемом
Допустимая пожарная нагрузка	До 800 МДж/м² в машзале	До 300 МДж/м² в зоне контроля
Требование к системам дымоудаления	Противодымная защита шахт и тоннелей	Дополнительная фильтрация от радиоактивных аэрозолей
Особенности эвакуации	Выход на дамбу или в портал	Выход через саншлюзы, дозиметрический контроль
Надзорный орган	Ростехнадзор	Ростехнадзор + Росатом
Периодичность проверок	1 раз в квартал (плановая)	Ежемесячно + внеплановые при каждом изменении схемы

Требования по пожарной безопасности к АЭС в несколько раз жестче, чем для ГЭС. Это обусловлено сложностью эвакуации при аварии. Для ГЭС главным является предотвращения затопления котлована и обрушение конструкции.

Организационные и технические решения по снижению рисков

Для ГЭС:

Мониторинг деформаций на стадии строительства

Противопожарные рассечки в кабельных тоннелях, на каждые 50 м которых ставится огнестойкая перегородка с автоматической заслонкой.

Обучение персонала работе в условиях быстрого затопления

Организация временных пожарных депо на нижнем и верхнем бьефе с доступом к любой точке котлована за 3 и менее минуты.

Для АЭС:

Отметим, что это дополнительные требования. Основные должны выполняться несомненно.

1. Система «сухой колодец».

Служит для гидроизоляции фундамента реактора – исключает скопление горючих жидкостей.

2. Применение роботизированных комплексов для тушения в недоступных зонах.

3. Автоматический учет огневых работ с геопозиционированием:

Возможно нарушение зоны допуска – отключение сварочного аппарата по радиоканалу.

Заключение

Строительство ГЭС и АЭС, несмотря на визуальное сходство масштабных бетонных работ, отражает кардинально принципиально разные требования к промышленной и пожарной безопасности.

Вывод.

1. Для ГЭС доминируют гидродинамические риски и риски обрушения, для АЭС – риски потери герметичности и распространения пожара в зонах с ядерной опасностью.

2. Пожарная нагрузка на АЭС нормируется в несколько раз жестче.

3. Организационно безопасность на АЭС требует многоуровневого контроля (Ростехнадзор + внутренний аудит + независимая инспекция заказчика), тогда как на ГЭС допустим стандартный строительный контроль.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ПНАЭ Г-01-011-97. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций. М.: Ростехнадзор, 1998.

2. СП 484.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. М.: МЧС РФ, 2020.

3. Технический отчет о причинах аварии на Саяно-Шушенской ГЭС. – М.: Ростехнадзор, 2010 URL: https://ru.wikisource.org/wiki/Акт_технического_расследования_причин_аварии_на_Саяно-Шушенской_ГЭС_17_августа_2009_года
4. Safety of Nuclear Power Plants: Design. IAEA Safety Standards Series No. SSR-2/1. Vienna, 2016.

© Мзокова Е.А., Луговской Р.Д., 2026

УДК 331.45:621.791:665.6

Каюмова К.И., Бондарь К.Е.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: kamillakayumova370@gmail.com

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СВАРОЧНЫХ РЕМОНТНЫХ РАБОТ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА

Аннотация. Актуальность статьи обусловлена необходимостью обеспечения безопасных условий труда электросварщиков при ремонтных работах на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ). Нефтепереработка относится к отраслям с высоким уровнем травматизма и профзаболеваний, а сварочные работы – один из наиболее опасных видов деятельности из-за воздействия аэрозолей, ультрафиолетового излучения, токсичных веществ (пары нефтепродуктов, H_2S, CO), шума, а также рисков пожаров и взрывов. Введение с 2021 года обновлённых правил по охране труда при сварочных и огневых работах (Приказ № 884н) и обязательной оценки профессиональных рисков (ФЗ № 311-ФЗ) делает актуальным комплексный анализ условий труда сварщиков

НПЗ и разработку риск-ориентированных мероприятий для снижения профессиональных рисков до допустимого уровня.
Ключевые слова: охрана труда, сварочные работы, нефтеперерабатывающий завод, специальная оценка условий труда, профессиональные риски, аэрозоль сварочного происхождения, средства индивидуальной защиты.

Kayumova K.I., Bondar K.E.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

ENSURING SAFE WORKING CONDITIONS DURING WELDING REPAIRS ON TECHNOLOGICAL INSTALLATIONS OF AN OIL REFINERY

Abstract. The relevance of the article is due to the need to ensure safe working conditions for electric welders during repair work at oil refineries (ORF). Oil refining is one of the industries with a high level of occupational injuries and diseases, and welding is one of the most dangerous activities due to exposure to aerosols, ultraviolet radiation, toxic substances (oil vapors, H_2S, CO), noise, and the risk of fires and explosions. The introduction of updated rules on occupational safety and health for welding and fire-related work (Order No. 884n) and mandatory assessment of occupational risks (Federal Law No. 311-FZ) since 2021 makes it relevant to conduct a comprehensive analysis of the working conditions of refinery welders and develop risk-oriented measures to reduce occupational risks to an acceptable level.
Keywords: occupational safety and health; welding work; oil refinery; special assessment of working conditions; occupational risks; welding-related aerosol; personal protective equipment.

Нефтеперерабатывающая промышленность относится к отраслям с высоким уровнем производственного травматизма и профессиональной заболеваемости. Сварочные ремонтные работы на технологических установках НПЗ – один из наиболее опасных видов деятельности: они сопряжены с

воздействием аэрозолей сварочного происхождения (АСП), ультрафиолетового излучения (УФИ), паров нефтепродуктов, повышенных уровней шума, а также риском пожара и взрыва [3].

С 2021 г. введены обновлённые Правила по охране труда при сварочных и огневых работах [3]. Трудовой кодекс РФ [1] обязал работодателей проводить регулярную оценку профессиональных рисков (ОПР). Это актуализирует задачу комплексного анализа условий труда сварщиков НПЗ и разработки риск-ориентированных мероприятий.

На НПЗ работники подвергаются воздействию комплекса вредных и опасных производственных факторов (ОВПФ), классифицированных согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [2]. Для рабочего места электросварщика ручной дуговой сварки (код ОКЗ 7212) характерно сочетание источников сварочного процесса и специфических загрязнений рабочей зоны НПЗ.

Идентификация ОВПФ выполнена в соответствии с Приказом Минтруда России от 24.01.2014 № 33н [2]. Основные факторы и их нормативы приведены в таблице 1.

Таблица 1

Идентифицированные ОВПФ и нормативы

№	Фактор	Источник	НПА
1	АСП (марганец, хром, железо)	Сварочная дуга, плавление электрода	ГН 2.2.5.3532-18 [6]
2	Пары нефтепродуктов, H_2S, CO	Технологические установки, трубопроводы	ГН 2.2.5.3532-18 [6]
3	УФИ сварочной дуги	Сварочная дуга	СП 2.2.3670-20 [5]
4	Шум постоянный и импульсный	Насосы, компрессоры, ВО	ГОСТ 12.1.003-2014 [5]
5	Тепловое облучение	Нагревательные печи, аппараты	СанПиН 1.2.3685-21 [5]
6	Опасность пожара/взрыва	Взрывоопасная атмосфера НПЗ	ФЗ № 123-ФЗ [1]
7	Тяжесть и напряжённость тр. процесса	Стеснённые условия, неудобные позы	Приказ №33н [2]

Оценка условий труда проведена по Методике СОУТ (Приказ № 33н [2]) и СП 2.2.3670-20 [5]. Результаты измерений и присвоенные классы условий труда представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты оценки условий труда (сводная карта СОУТ)

Фактор	ПДК/ПДУ	Факт. уровень	Превышение	Класс УТ	Подкласс
АСП (Mn), мг/м³	0,20	0,58	2,9 ПДК	3	3.2
АСП (Fe_2O_3), мг/м³	6,0	9,4	1,6 ПДК	3	3.1
CO, мг/м³	20	28	1,4 ПДК	3	3.1
H_2S, мг/м³	10	7,2	–	2	–
Шум, дБА	80	87	7 дБА	3	3.1
УФИ, Вт/м²	0,01	0,035	3,5 ПДУ	3	3.2
Тепловое облучение, Вт/м²	140	310	2,2 ПДУ	3	3.1
Тяжесть трудового процесса	–	–	–	3	3.1
ИТОГ				3	3.2

Итоговый класс условий труда – 3 (вредный), подкласс 3.2 [2]. Ведущие факторы, определяющие класс: АСП по Mn (2,9 ПДК) и УФИ сварочной дуги (3,5 ПДУ). Данный класс является основанием для предоставления гарантий и компенсаций по ст. 117, 147 ТК РФ [1].

Основное техническое решение снижения воздействия аэрозолей сварочного происхождения – применение местной вытяжной вентиляции (МВВ). Расчёт требуемого воздухообмена L (м³/ч) выполнен по формуле [5]:

$$L = \frac{G \times 60}{C_{дк} \times C_0}, \quad (1)$$

где G – интенсивность выделения АСП по Mn, г/мин; $C_{дк}$ = 0,20 мг/м³ [6]. При I = 180 А, марка УОНИ-13/45, G = 0,16 г/мин:

$L = 0{,}16 \cdot 60 / 0{,}20 \cdot 10^{-3} = 48\,000$ м³/ч.

Применение МВВ с приёмником на расстоянии 100–150 мм от дуги обеспечивает эффективность захвата 85-95 % и снижает потребный воздухообмен в 5-7 раз. Рекомендован ФВА типа «Тромбон» (2000-4000 м³/ч,

HEPA H14, очистка 99,9 %). Дополнительно: переход на электроды с пониженным содержанием MnO в покрытии (< 2 %); при технической возможности – механизированная сварка в среде CO_2/Ar+CO_2 (снижение АСП в 3-5 раз) [3].

Допустимое расстояние от дуги до незащищённого наблюдателя из условия непревышения ПДУ УФИ = 0,01 Вт/м² [5] определяется по формуле:

$$r = \sqrt{\frac{W \times \eta \times \text{УФИ}}{4 \times \pi \times E_{\text{пду}}}} \quad (2)$$

При I = 180 А, $U_д$ = 26 В, $\eta_{УФИ}$ = 0,07: W = 4680 Вт, r ≈ 51 м. Без ограждений опасная зона УФИ охватывает радиус ~51 м. Обязательна установка светопоглощающих экранов высотой ≥ 2 м по периметру рабочего места сварщика [4].

Согласно Приказу Минтруда России № 884н [3] и требованиям Ростехнадзора [3], перед началом огневых работ на НПЗ обязательны:

1. Подготовка оборудования: дренаж, промывка, пропарка (≥ 24 ч), продувка;
2. Анализ воздуха: содержание углеводородов ≤ 20 % НКПР; при H_2S > 10 мг/м³ – только изолирующий СИЗОД;
3. Оформление наряда-допуска на огневые работы;
4. Непрерывный газовый контроль (CH_4, H_2S, CO), контроль воздуха не реже 1 раза в 30 мин.

Превышение ПДУ шума составляет ΔL = 87-80 = 7 дБА [5]. Мероприятия: антивибрационные муфты и амортизаторы на насосном оборудовании; регламентированные перерывы (10 мин каждый час) [2]; применение СИЗ органа слуха с SNR ≥ 30 дБ [5].

СИЗ выдаются в соответствии с Едиными типовыми нормами (Приказ Минтруда № 33н [2]) с учётом класса условий труда 3.2 [2].

Сварочные работы на технологических установках НПЗ проводятся строго по наряду-допуску (НД) на огневые работы [3]. НД выдаётся на одну рабочую смену и содержит: место и вид работ, меры безопасности, состав ответственных лиц, результаты анализа воздушной среды, перечень СИЗ.

Согласно Трудовому кодексу РФ [1]: вводный инструктаж – при приёме; первичный – до начала работы; повторный – не реже 1 раза в 3 месяца; обучение и проверка знаний в учебном центре – не реже 1 раза в год (при классе УТ 3.2); аттестация в Ростехнадзоре – 1 раз в 5 лет [3].

Периодические медицинские осмотры – 1 раз в год по Приказу Минздрава № 29н [1] (пп. 3.1, 5.1, 9.1 Перечня).

Класс условий труда 3.2 является основанием для предоставления гарантий в соответствии с ТК РФ [1]:

1. Повышение оплаты труда – не менее 4 % тарифной ставки (ст. 147 ТК РФ [1]).

2. Дополнительный оплачиваемый отпуск – не менее 7 календарных дней (ст. 117 ТК РФ [1]).

3. Молоко – 0,5 л/смену при воздействии H_2S (класс опасности 2) (Приказ № 45н [1]).

4. Лечебно-профилактическое питание – рацион № 3/5 (Приказ № 46н [1]).

По данным Роструда, в 2018-2023 гг. при проведении огневых (сварочных) работ на НПЗ ежегодно фиксировалось от 38 до 51 несчастного случая (НС). Коэффициент частоты Кч варьировал от 3,1 до 4,1 ‰; коэффициент тяжести Кт – от 21,5 до 26,8 дней. Рост показателей в 2022 г. обусловлен увеличением объёма ремонтных работ.

Структура причин НС: нарушения при подготовке оборудования к огневым работам – 34 %; несоблюдение требований НД – 28 %; неприменение СИЗ – 18 %; недостаточная квалификация – 12 %; неисправность оборудования – 8 %.

Среди профессиональных заболеваний сварщиков НПЗ преобладают: хронические бронхиты (37,2 %), нейросенсорная тугоухость (24,5 %), вибрационная болезнь (12,3 %), электроофтальмия (11,8 %), пневмокониоз (8,6 %).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 04.08.2023). М.: КонсультантПлюс, 2023.
2. Приказ Минтруда России от 24.01.2014 № 33н «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов». М.: Минтруд России, 2020.
3. Приказ Минтруда России от 11.12.2020 № 884н «Об утверждении правил по охране труда при выполнении сварочных и других огневых работ». М.: Минтруд России, 2021.
4. Приказ Минтруда России от 28.12.2021 № 796 «Об утверждении Рекомендаций по выбору метода оценки уровня профессионального риска». М.: Минтруд России, 2022.
5. СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда». М.: Роспотребнадзор, 2020.
6. ГН 2.2.5.3532-18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны». М.: Роспотребнадзор, 2018.

© Каюмова К.И., Бондарь К.Е., 2026

УДК 613.6.027

Арсенев Н.А., Попов К.Ф., Хайруллина Л.Б.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Российская Федерация

e-mail: arsenev_kolya90@mail.ru

АНАЛИЗ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТНИКОВ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация. Обеспечение безопасности работников на нефтеперерабатывающих объектах является немаловажной задачей в функционировании всего производства предприятия. Нефтеперерабатывающие заводы – это опасные объекты и для обеспечения их безопасного функционирования необходимо создавать комфортные условия труда для работников. Обеспечение защиты персонала, обслуживающих технологические установки и оборудование, связаны с наличием специфических факторов, требующих соблюдения мер безопасной эксплуатации и функционирования производства в целом. Опасности, возникающие при работе с оборудованием и технологическими установками у работников, создают профессиональные риски. Режим работы и особые климатические условия труда, также, влияют на эмоциональное состояние человека. Впоследствии, все это ведет к возникновению профессиональных заболеваний. Изучение таких последствий и требует дополнительных исследований при проведении специальной оценки условий труда.

Ключевые слова: профессиональные риски, напряженность, тяжесть труда, эмоциональное состояние.

Arsenev N.A., Popov K.F., Khairullina L.B.
Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation

ANALYSIS OF SAFETY OF WORKERS NEFTEPRODUCING ENTERPRISE

Abstract. Ensuring the safety of workers at oil refineries is an important task in the functioning of modern production facilities. Oil refineries are hazardous facilities, and to ensure their safe operation, it is necessary to create comfortable working conditions for employees. The protection of personnel who operate technological installations and equipment is related to specific factors that require adherence to safe operating practices and process control. These factors involve occupational risks from the hazards of the work environment and the labor process. Special attention should be paid to physical and mental stress, as the emotional state of employees during their work can also lead to the development of occupational diseases. The study of such consequences requires additional research during the special assessment of working conditions.
Keywords: occupational risks, stress, work intensity, and emotional state.

Обеспечение безопасности работающего персонала на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) напрямую зависит от безопасного функционирования технологических установок и оборудования, влияющих на устойчивость производства. Продукция НПЗ широко применяется в различных отраслях современных производств. Технологические цепочки изготовления продукции НПЗ включает в себя множество опасных операций, которые связаны с высоким давлением, изменением температурного режима процессов, взрывоопасными и токсичными веществами. Любая ошибка, со стороны работающего персонала, может привести к катастрофическим последствиям, т.к. нефтеперерабатывающие заводы относятся к категории опасных объектов. Особую роль необходимо уделять вопросам обеспечению безопасности

специалистов и работников, которые выполняют и руководят на заводе сложными технологическими установками. В процессе функционирования НПЗ, существуют риски возникновения опасностей негативно воздействующие на персонал, обслуживающий оборудование и технологические линии [1]. У большинства работников, условия труда на рабочих местах относятся к третьему классу от 1 до 3 степени вредности. Это рабочие места, которые характеризуются, как вредные с интенсивностью производственных факторов. В комплексе, воздействие всех вредных и опасных факторов усиливается и присутствие профессиональных рисков является неизбежным. При этом, необходимо учитывать вид производственной деятельности объекта и профессию самого работника. В современных условиях, на НПЗ – 16 % работников отрасли трудятся в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим требованиям. Из которых, около 6,2 % – под воздействием повышенного уровня шума, ультразвука и инфразвука, а 6,5 % – в условиях повышенной загазованности воздуха рабочей зоны [1, 2].

Для каждого рабочего места характерны свои риски возникновения профессиональных заболеваний. Они могут присутствовать у работников одного и того же производства, когда их рабочие места характеризуются сочетанием преобладающего (наиболее интенсивного) фактора. Например, рабочие места аппаратчиков характеризуются напряжённостью труда, у машинистов компрессорного и насосного оборудования преобладающим фактором является шум, для слесарей и работников производств резинотехнических изделий (РТИ) – это тяжесть труда. Использование углеводородного сырья в технологических процессах приводит к повышенному содержанию в рабочей зоне типичного комплекса вредных веществ [3]. При проведении ремонтных работ, при возникновении аварийных ситуаций, также сопровождается выброс вредных веществ и, возможны, случаи превышения предельно- допустимых концентраций (ПДК) в несколько раз, все это оказывает неблагоприятное воздействие на здоровье работающего персонала.

Обеспечение защиты персонала, обслуживающих технологические установки и оборудование связаны с рядом специфических факторов, требующих соблюдения мер безопасности, контроля технологических процессов.

Несмотря на то, что на современных нефтеперерабатывающих предприятиях используются процессы автоматизации, механизации трудоемких операций, замкнутые технологические циклы, все же сохраняется воздействии комплекса производственных факторов малой интенсивности. Но, как отмечают исследователи [2] в своих работах, на производственных объектах среди работающего персонала растет социальная напряженность, в результате сокращения штатного расписания, использования практики вынужденных отпусков, многие руководители предприятий отказываются оплачивать реабилитацию и лечение рабочих. Такая обстановка создает напряженность в коллективе и, также, приводит к ухудшению здоровья работников. У работников предприятий нефтеперерабатывающей промышленности наблюдается значительное расхождение между клиническими признаками и, относительно благоприятными условиями труда (класс 2 - 3.1) [3].

Таким образом, учитывая особые условия труда работников НПЗ, необходимо уделять внимание факторам трудового процесса. Эмоциональное состояние человека, оказывает значительное влияние на состояние его здоровья. Последствия этих факторов проявляются позже и усугубляют развитие профессиональных заболеваний. Изучение таких последствий требует дополнительных исследований и должны рассматриваться при проведении специальной оценки условий труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мовергоз С.В. Оценка профессиональных рисков здоровью операторов нефтехимического производства и их физиолог гигиеническая обусловленность / Мовергоз С.В., Сетко Н.П., Сетко А.Г., Булычева Е.В. // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 10. С. 1002–1007.

2. Новикова Т.А. Профессиональный риск развития производственно-обусловленной патологии у работников современного производства нефтепродуктов/ Новикова Т.А., Безрукова Г.А., Кочетова Н.А., Макаревская Д.М. // Здоровье население и среда обитания – ЗниСО. 2024. Том 32. № 10.

3. Хайруллина Л.Б. Состояние производственного травматизма на нефтегазодобывающих объектах/ Хайруллина Л.Б., Мамаева Н.Л., Копытова Е.В. // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2025. № 4 (172). С. 41-49.

© Арсенев Н.А., Попов К.Ф., Хайруллина Л.Б., 2026

УДК 614.849

Исрафилов Н.В., Абдуллин Н.А.

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация

e-mail: niaz.israfilov@yandex.ru

ПРОМЫШЛЕННАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НЕФТЕГАЗОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА: СИСТЕМНЫЕ ПРОТИВОРЕЧИЯ И НЕОБХОДИМЫЕ СДВИГИ

Аннотация. В статье анализируется противоречие современного нефтегазового строительства между формальными требованиями промышленной безопасности и реальным качеством технологических решений, а именно цементирования скважин. Показано, что дефектная заизоляция стволов превращает их в неуправляемые дренажные каналы для межпластовых переносов флюидов. В работе предложена количественная оценка «эффекта отсроченного ущерба»,

введено понятие институциональной ловушки техрегулирования и представлена авторская классификация скважин по степени экологической опасности. Сделан вывод, что без перехода от штрафной модели реагирования к предиктивной инженерной культуре любые изменения останутся имитационными.

Ключевые слова: цементирование скважин, межпластовая миграция, институциональные ловушки, техногенный ущерб, экологический мониторинг, промышленная безопасность.

Israfilov N.V., Abdullin N.A.
Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation

INDUSTRIAL AND ENVIRONMENTAL SAFETY IN OIL AND GAS CONSTRUCTION: SYSTEMIC CONTRADICTIONS AND NECESSARY SHIFTS

Abstract. This article analyzes the contradiction in modern oil and gas construction between formal industrial safety requirements and the actual quality of technological solutions, specifically well cementing. It is shown that defective wellbore sealing turns them into uncontrollable drainage channels for inter-layer fluid transfer. The paper proposes a quantitative assessment of the "delayed damage effect," introduces the concept of an institutional trap in technical regulation, and presents the author's classification of wells by degree of environmental hazard. It is concluded that without a transition from a punitive response model to a predictive engineering culture, any changes will remain imitative.

Keywords: well cementing, inter-reservoir migration, institutional traps, man-made damage, environmental monitoring, industrial safety.

Нефтегазовое строительство относится к числу наиболее регламентированных видов деятельности. По объёму действующих нормативных документов (СНиПы, СанПиНы, ведомственные инструкции) оно сопоставимо с атомной энергетикой. Однако фактический уровень экологических рисков не снижается пропорционально росту числа требований. Более того, как показывает анализ аварийности за 2015–2025 гг., ужесточение штрафных санкций и учащение проверок сопровождаются лишь краткосрочным снижением инцидентов, после которого следует отложенный рост [3,7].

В этом проявляется классический институциональный разрыв, обусловленный тем, что формальные нормы существуют, но механизмы их превращения в реальные технологические практики либо отсутствуют, либо подменяются отчётностью. Парадокс в том, что скважина, принятая в эксплуатацию по всем актам, через год может оказаться источником хронического загрязнения подземных вод. Это происходит из-за скрытых дефектов цементного камня, которые не были выявлены при стандартной геофизике.

Современные методы первичного и вторичного цементирования колонн ориентированы на достижение показателя сплошности цементного кольца по данным акустической цементометрии. Однако сам по себе этот критерий не гарантирует долговременной герметичности. Причина заложена в разнице физико-химических свойств цементного раствора и пластовых флюидов [2].

В процессе эксплуатации, под воздействием термобарических циклов (пуски-остановки), агрессивных сред (сероводород, минерализованные воды), вибраций от работающего оборудования, в цементном камне закономерно образуются микротрещины. Через них начинается переток пластовых флюидов из высоконапорных горизонтов в низконапорные. Формально скважина числится исправной, реально она работает как искусственный дренажный канал.

Ниже приведена классификация скважин по степени экологической опасности с учётом латентного периода (таблица 1).

Таблица 1

Типология скважин по риску межпластовых перетоков

Тип скважины	Характеристика цементирования	Вероятность перетока через 3 года	Необходимый метод контроля
A эталонная	Полное заполнение, стабильный камень	<2 %	Стандартная цементометрия
B технологическая	Микрозазоры (50–200 мкм)	15-30 %	Ежегодный акустический мониторинг
C рисковая	Каверны, пропуски цемента	60-80 %	Ремонтно-изоляционные работы
D фактически открытый ствол	Цементное кольцо отсутствует на интервале >20 м	>90 %	Ликвидация скважины

По оценкам на основе косвенных данных по 120 скважинам в Волго-Уральском регионе, доля скважин типа C и D достигает 18-25 % от общего фонда. Это означает, что каждая четвёртая-пятая скважина потенциально участвует в неконтролируемом переносе загрязнителей между горизонтами [1,5].

Допустим, через дефектную скважину происходит переток пластовой воды с минерализацией 80 г/л и содержанием фенолов 5 мг/л из нижележащего горизонта в вышележащий пресноводный горизонт (минерализация до 0,5 г/л). При дебите перетока всего 0,5 м³/сут (что для трещиноватых пород является нижней оценкой) за один год будет перенесено:

- объём воды: $0{,}5 \times 365 = 182{,}5$ м³;
- соли: $182{,}5 \times 80 = 14600$ кг;
- фенолы: $182{,}5 \times 5 = 912{,}5$ г.

При нормативном разбавлении до ПДК (фенолы – 0,001 мг/л) этот объём загрязнителя способен сделать непригодной для питья минимум 9×10^5 м³

чистой воды. Реальный ущерб наступает не сразу, а спустя 1-3 года, когда фронт загрязнения достигает водозабора. Это и есть эффект отсроченного ущерба: виновные уже не работают на предприятии, скважина формально действует, а последствия ложатся на будущие поколения и бюджет [4].

Одна из главных причин воспроизводства дефектов сложившийся в компаниях создание видимости безопасности. Инструкции пишутся, планы утверждаются, внеплановые проверки проводятся но их о их главной целью является закрыть предписание. Это подтверждается тем, что после крупных аварий в 90 % случаев в отчётах пишут о нарушениях требований, но не о том что они не выполняются.

Международный опыт (норвежский NORSOK, британский HSE) показывает иной подход: акцент на предиктивных индикаторах (качество бурового раствора, время цементирования, профиль температуры) и публичной отчётности по каждому отказу.

Сравнительный анализ приведён в таблице 2.

Таблица 2

Сравнение моделей управления безопасностью

Параметр	Российская модель (фактическая)	Норвежская модель (эталонная)
Ключевой индикатор	Количество нарушений	Количество предупредительных сигналов
Основа стимулирования	Штрафы и увольнения	Страховые премии, репутация
Отношение к отказу	Сокрытие или минимизация	Открытый разбор с публикацией
Периодичность пересмотра норм	5-10 лет	Ежегодно по фактам отказов
Ответственность	Должностная (формальная)	Инженерная и корпоративная

На данный момент подготовка специалистов по промышленной безопасности сводится к краткосрочным курсам повышения квалификации (обычно 72 часа) с последующей аттестацией в территориальных органах.

Эффективность такого подхода близка к нулю, зачастую обучаемый запоминает типовые билеты, а не причинно-следственные связи. В результате на объекте может работать аттестованный специалист, который не понимает, почему цементирование с перерывами подачи раствора недопустимо [3,6].

Целесообразно ввести обязательный двухстадийный входной фильтр:

1. Письменный экзамен по физике процесса (без билетов, с расчётными задачами).

2. Практический допуск на симуляторе (виртуальное цементирование с нештатными ситуациями).

Без этого формальное наличие разрешений лишь создаёт иллюзию безопасности.

Принципиальная схема воспроизводства дефектов выглядит следующим образом:

Экономия на материалах → Упрощённый контроль качества → Скрытые дефекты цементирования → Отсроченные перетоки → Загрязнение вод → Штраф (оплачивается из бюджета компании, не влияя на технологию) → Новая экономия.

Выход из этого цикла возможен только через:

- переход на систему длительных испытаний скважин (не менее 6 месяцев под наблюдением датчиков давления в межколонном пространстве);

- введение персональной инженерной ответственности за качество цемента (аналогично ответственности сварщика за шов);

- создание открытого реестра скважин с хроническими дефектами.

Таким образом, современная система промышленно-экологической безопасности нефтегазового строительства содержит неустранимые внутренние противоречия. Пока основным способом реагирования остаются штрафы и оргвыводы, коренные причины (несовершенство технологий, низкая квалификация) не исчезают.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов С.Г., Семёнов С.И. Анализ пожарной безопасности на объектах нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности: стратегии, вызовы и инновации // Экономика строительства. 2023. №. 11. С. 214-217.

2. Аксенов С.Г., Ирниченко О.А. Обеспечения пожарной безопасности нефтяных и газовых скважин // Экономика строительства. 2023. № 7. С. 41-45.

3. Магадеева Е.С. Современные решения по обеспечению экологической безопасности при строительстве нефтегазовых скважин // Вестник магистратуры. 2023. № 1-2 (136). С. 13-14.

4. Высоцкая Н.В. Идентификация и оценка рисков при строительстве нефтегазопроводов // Безопасность труда в промышленности. 2014. № 11. С. 60.

5. Костина Е.А. Совершенствование методов экспертного исследования причин и обстоятельств несчастных случаев при эксплуатации объектов газового и нефтяного комплекса, вызванных ошибками проектирования // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2020. № 3. С. 269-278.

6. Тетельмин В.В., Язев В.А., Совольянов А.А. Попутный нефтяной газ. Технологии добычи, стратегии использования: учебное пособие. Москва: ИД Интеллект, 2013. 208 с.

© Исрафилов Н.В., Абдуллин Н.А., 2026

УДК 614.8:669.791.33

Вашутина К.В., Шаповалова Е.А.
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Российская Федерация
e-mail: *vashutina02@mail.ru*

АНАЛИЗ РИСКА АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ РТУТИ

Аннотация. Анализ рисков является важным этапом в совершенствовании систем безопасности на промышленных предприятиях. Он позволяет эффективно реагировать в экстренных ситуациях и принимать взвешенные разумные решения. В частности, в статье рассматриваются риски в процессе утилизации ртути (ртутьсодержащих отходов).
Ключевые слова: риски, аварийные ситуации, утилизация, ртутьсодержащие отходы.

Vashutina K.V., Shapovalova E.A.
Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation

ANALYSIS OF THE RISK OF ACCIDENTS DUTING MERCURY DISPOSAL

Abstract. Risk analysis is an important stage in improving safety systems at industrial enterprises. It enables effective response in emergency situations and making well-considered, reasonable decisions. In particular, the article examines risks in the process of mercury disposal (mercury-containing waste).
Keywords: risks, emergency situations, disposal, mercury-containing, waste.

Утилизация ртути, на сегодняшнее время, является процессом необходимым для минимизации вреда окружающей среде и человеку. В частности, утилизации подвергаются ртутьсодержащие отходы – лампы и термометры, которые отработали свой срок службы.

В процессе используется различное оборудование, которое может повлечь риски возникновения аварийных ситуаций, как от разгерметизации или поломки, так и от человеческого фактора.

В данном случае, возможны следующие типы аварийных происшествий:

Во-первых, рассеяние опасного вещества без воспламенения – процесс, возникающий при разгерметизации оборудования, в следствие которого происходит распространение аварийно химически опасных веществ (АХОВ) [1]. Ртуть, по своей природе, является высокотоксичным и легко испаряющимся веществом.

Во-вторых, горение облака газопаровоздушной смеси, с возможным взрывом – процесс образования избыточной энергии из-за изменения параметром состояния опасного вещества – физических, химических или физико-химических [2]. В частности, рассматривается оборудование под давлением – возможно избыточное давление.

В-третьих, пролив опасного вещества – явление, которое возникает при разгерметизации различных емкостей для хранения или оборудования, и сопровождающееся вытеканием большого объема химического вещества. Последствием аварии является заражении окружающей среды и персонала, работающего на данном технологическом устройстве [3].

При проведении анализа рисков аварийных ситуаций в процессе утилизации ртутьсодержащих отходов для оборудования Экотром-2У были рассчитаны следующие показатели (таблица 1).

Таблица 1

Расчет частоты аварий, количества опасного вещества и радиуса поражения

Наименование оборудования	*Экотром-2У*	
Наименование сценария (фактор)	Рассеяние без воспламенения (токсическое воздействие)	
Масса опасного вещества, участвующего в аварии, т	1,311	
Масса опасного вещества, участвующая в образовании опасных факторов аварии, т	1,311	
Частота разгерметизации оборудования, 1/год	$1{,}00 \times 10^{-6}$	
Частота сценария аварии, 1/год	$1{,}00 \times 10^{-6}$	
Возможный радиус поражения токсическим воздействием (токсодоза 25 кг, $м^3 \cdot с$), м	По ветру: диаметр 116, ширина 175	Против ветра: диаметр -25, ширина -65
Возможный радиус поражения токсическим воздействием (токсодоза 45 кг, $м^3 \cdot с$), м	По ветру: диаметр 72, ширина 130	Против ветра: диаметр 0, ширина 0
Наименование сценария (фактор)	Горение облака газопаровоздушной смеси (взрыв) (избыточное давление)	
Опасное вещество	Ртуть	
Масса опасного вещества, участвующего в аварии, т	0,861	
Масса опасного вещества, участвующая в образовании опасных факторов аварии, т	0,024	
Частота разгерметизации оборудования, 1/год	$2{,}00 \cdot 10^{-6}$	
Частота сценария аварии, 1/год	$3{,}20 \cdot 10^{-6}$	
Возможный радиус поражения избыточным давлением, м	0,5 кПа – 962; 1 кПа – 538; 1,5 кПа – 357; 2 кПа – 289; 3 кПа – 119; 5 кПа – 47; 12 кПа – 40	
Наименование сценария (фактор)	Пролив опасного вещества (загрязнение окружающей среды)	
Масса опасного вещества, участвующего в аварии, т	0,212	
Масса опасного вещества, участвующая в образовании опасных факторов аварии, т	0,830	
Частота разгерметизации оборудования, 1/год	$2{,}00 \times 10^{-6}$	
Частота сценария аварии, 1/год	$4{,}00 \times 10^{-6}$	
Возможный радиус пролива опасного вещества, м	110,552	

Расчеты производились с использованием программного обеспечения TOXI+Risk с учетом нахождения 2-х человек из персонала, обслуживающего данную установку [2, 3]. При проведении расчетов индивидуальный риск составил 0,00011% в год, что является не критичным малым риском.

По первому сценарию можно сделать вывод, что риск рассеяния опасного вещества без воспламенения также не велик и составляет 0,00011% в год при массе вещества 1,311 т. Токсическое же воздействие максимально может распространяться в зоне диаметром 116 м и шириной 175 м по ветру.

По второму сценарию – риск разгерметизации устройства уже выше и составляет 0,0002% в год. Радиус поражения при давлении от 2 кПа составит 289 м. Если данное событие произойдет, то оно сможет повлечь к потенциальным человеческим жертвам в непосредственной близости к установке.

По третьему сценарию риск пролива ртути из-за разгерметизации установки или поломки составляет 0,0002 % в год. Радиус пролива составит почти 111 м – большая зона, которая может повлечь за собой загрязнение окружающей среды и высокий токсикологический риск для персонала и близлежащих территорий.

В связи с данными расчетами можно сделать заключение. При утилизации ртути, в частности ртутьсодержащих отходов процент возникновения аварийных ситуации минимален, но при возможном его осуществлении может как повлечь жертвы, так и оказать негативное воздействие на окружающую среду.

Для исключения всех возможных рисков можно предпринять некоторые меры – внедрить системы автоматизации работы оборудования, что позволит исключить человека из данного процесса, а также проводить регулярные инструктажи для лучшего реагирования в чрезвычайных ситуациях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рахимова Н.Н. Основы безопасности при авариях на химически опасных объектах: учебное пособие – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2017. 138 с.
2. ГОСТ Р 12.3.047-2012. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2012 г. №1971-ст: введен взамен ГОСТ Р 12.3.047-98: дата введения – 2014-01-01: разработан Федеральным государственным бюджетным учреждением «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны» МЧС России (ФГБУ «ВНИИПО» МЧС России). Москва: Стандартинформ, 2014. 62 с.
3. Приказ МЧС России от 26 июня 2024 г. № 533 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах»: Зарегистрирован в Минюсте России 2 сентября 2024 г. Москва. 78 с.

© Вашутина К.В., Шаповалова Е.А., 2026

УДК 331.45

Макарова А.Д., Кусова И.В.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская федерация
e-mail: Arinamakarova05@mail.ru

ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ ОПЕРАТОРА АЗС

Аннотация. В работе представлена оценка профессиональных рисков оператора автозаправочной станции. Выполнен анализ условий труда оператора АЗС и проведена количественная оценка профессиональных рисков с использованием

методов Файна-Кинни и Эльбона. Разработан комплекс мероприятий по минимизации профессиональных рисков. Предложены технические, и организационные мероприятия, позволяющие снизить уровень профессионального риска до приемлемого.

Ключевые слова: АЗС, сжиженный углеводородный газ, оператор АЗС, производственный травматизм, профессиональный риск, технологические мероприятия, средства индивидуальной защиты.

Makarova A.D., Kusova I.V.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

ASSESSMENT OF THE PROFESSIONAL RISKS OF THE GAS STATION OPERATOR

Abstract. This paper presents an assessment of the professional risks of a gas station operator. An analysis of the gas station operator's working conditions was conducted, and a quantitative assessment of the professional risks was conducted using the Fine-Kinney and Elbon methods. A set of measures to minimize professional risks was developed. Technical and organizational measures were proposed to reduce the level of professional risk to an acceptable level.

Keywords: gas station, liquefied petroleum gas, gas station operator, industrial injuries, professional risk, technological measures, personal protective equipment.

Автозаправочные станции (АЗС), особенно объекты, осуществляющие заправку сжиженным углеводородным газом (СУГ), относятся к категории повышенной опасности. Ежегодно в России регистрируется более 200 аварийных ситуаций на АЗС, при этом около 15 % из них сопровождаются

травмированием персонала различной степени тяжести. Предприятия топливно-энергетического комплекса стабильно входят в тройку отраслей с наиболее высокими показателями производственного травматизма. В связи с этим, возникает необходимость системной оценки профессиональных рисков оператора АЗС, поскольку их игнорирование или неполный учет напрямую связаны с высоким уровнем аварийности и травматизма на данных объектах. Без своевременной идентификации и количественной оценки таких рисков невозможно разработать эффективные профилактические мероприятия. На основании вышеизложенного рассмотрение данной темы является актуальным.

Целью данной работы является анализ профессиональных рисков и разработка мероприятий по обеспечению безопасности оператора АЗС, осуществляющего заправку автомобилей сжиженным углеводородным газом.

Рабочее место оператора АЗС характеризуется комплексным воздействием опасных факторов. Повышенная взрывопожароопасность обусловлена свойствами СУГ: пропан-бутановая смесь тяжелее воздуха, при утечке скапливается в низких точках, образуя взрывоопасную концентрацию. Заправка газом осуществляется из резервуаров под давлением до 1,6 МПа. Постоянное воздействие паров углеводородов оказывает наркотическое действие на центральную нервную систему. Предельно допустимая концентрация паров СУГ составляет 300 мг/м^3 [1]. Труд оператора отличается высокой напряженностью и тяжестью: физическая нагрузка связана с переноской заправочных пистолетов массой до 7 кг.

Анализ статистических данных показывает, что 40% несчастных случаев на АЗС связаны с воздействием пламени, 20% – с отравлениями парами топлива. Основные причины – организационные (60-70 %): формальные инструктажи, нарушения требований безопасности. Значительное влияние на аварийность на

АЗС оказывает человеческий фактор, обусловленный отсутствием специальной подготовки и недостаточной обученностью персонала [2]. Динамика травматизма за 2019-2025 гг. демонстрирует пик в 2021 году, что свидетельствует о системных проблемах в организации охраны труда [3].

Для количественной оценки профессиональных рисков применены методы Файна-Кинни и Эльбона. Метод Файна-Кинни основан на перемножении трёх параметров: вероятности наступления опасного события, подверженности работника воздействию опасности и тяжести возможных последствий. Полученный интегральный показатель позволяет ранжировать риски по степени их значимости. Метод Эльбона, в свою очередь, ориентирован на оценку потенциального ущерба с учётом частоты реализации риска и числа пострадавших, что особенно важно для анализа событий с возможными тяжёлыми последствиями [3]. Результаты количественной оценки профессиональных рисков представлены в таблице 1.

Таблица 1

Оценка профессиональных рисков для оператора АЗС

Риск	Файна-Кинни	Эльбона	Уровень риска
Взрыв	30	120	Высокий
Пожар	135	24	Средний
ДТП на территории	480	8,3	Высокий
Отравление парами	192	1,2	Средний
Подскальзывание	144	1,7	Средний

Метод Файна-Кинни выявил высокий уровень повседневных рисков (ДТП, пары, подскальзывание). Метод Эльбона показал высокий риск взрыв, способного привести к массовым жертвам. Критическими являются взрыв, пожар и дорожно-транспортное происшествие на территории.

На рис. 1 представлена структура наиболее вероятных сценариев аварийных ситуаций на АЗС, которая наглядно иллюстрирует доминирование рисков, связанных с разгерметизацией оборудования и человеческим фактором.

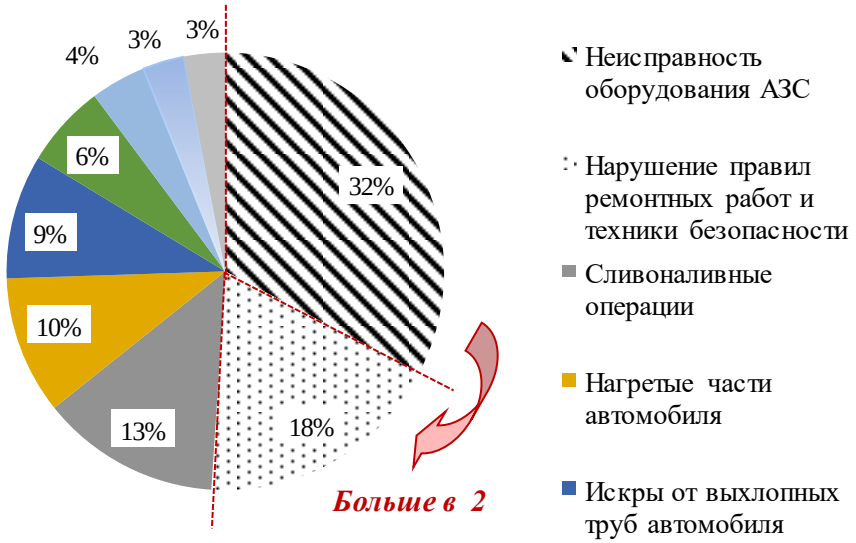


Рис. 1. Распределение аварийных ситуаций на АЗС по видам инициирующих событий

На основе выполненного анализа количественной оценки профессиональных рисков и выявленных критических событий разработан комплекс мероприятий по снижению профессиональных рисков на рабочем месте оператора АЗС.

Так, в качестве технических мероприятий предлагается установить стационарную систему аварийной вытяжной вентиляции в зоне заправки СУГ для снижения концентрации паров углеводородов; оснастить заправочные колонки системой аварийного отключения с отсечными клапанами.

Подобраны средства индивидуальной защиты с учётом выявленных опасных факторов. Для защиты органов дыхания от паров углеводородов используется противогаз ПФМ-1 с фильтрующей коробкой (ресурс коробки – 60 смен). Защиту головы обеспечивает каска со сроком носки 2 года. Руки защищают маслобензостойкие перчатки и диэлектрические перчатки (испытания

каждые 6 месяцев). Спецодежда из огнестойкой ткани (срок носки 1 год) защищает от пламени, а противоскользящая спецобувь (1 год) предотвращает падения.

Организационные мероприятия предусматривают установление гарантий и компенсаций в соответствии с ТК РФ: сокращенная продолжительность рабочего времени, дополнительный оплачиваемый отпуск не менее 7 дней, доплата за вредность не менее 4% оклада.

Для повышения эффективности контроля за соблюдением требований охраны труда предлагается внедрение поведенческого аудита безопасности с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). БПЛА с видеокамерой и тепловизором позволяют дистанционно контролировать соблюдение требований охраны труда, выявлять утечки газа и нарушения. Также рекомендуется проведение противоаварийных тренировок не реже 1 раза в квартал, внедрение системы ежесменного инструментального контроля с портативными газоанализаторами [2].

Таким образом, в ходе исследования был выполнен анализ профессиональных рисков оператора автозаправочной станции. Установлено, что критические риски связаны с возможностью взрыва, пожара и дорожно-транспортных происшествий на территории. Реализация предложенного комплекса технических и организационных мероприятий, а также применение современных средств индивидуальной защиты позволит создать многоуровневую систему защиты, снизить вероятность аварийных ситуаций и обеспечить сохранение жизни и здоровья работников автозаправочной станции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. М.: Главный государственный санитарный врач РФ, 28.01.2021. 1029 с.
2. Кузьменок, И.Н. Проблемы обеспечения безопасности при обращении с нефтепродуктами на автозаправочных станциях / И.Н. Кузьменок, Ю.А. Булавка // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. 2021. С. 86-91.
3. Статистические данные о производственном травматизме в Российской Федерации / Федеральная служба по труду и занятости. М., 2024.

© Макарова А.Д., Кусова И.В., 2026

УДК 331.45

Бочкарев А.П., Бовина Ю.А., Завьялов Г.В.
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация
e-mail: bochkarev@rgau-msha.ru

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОПАСНОСТИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ И МЕТОДЫ ИХ ОЦЕНКИ

Аннотация. В статье представлен комплексный анализ биологических опасностей, возникающих в различных производственных сферах. Детально рассмотрены современные подходы к оценке микробиологических рисков и эффективные стратегии их минимизации. Особое внимание уделено инновационным методам контроля и профилактики, а также нормативно-

правовым аспектам обеспечения биологической безопасности на рабочих местах.

Ключевые слова: биологическая безопасность, производственные риски, патогенные микроорганизмы, охрана труда, промышленная гигиена, микробиологический контроль.

Bochkarev A.P., Bovina Yu.A., Zavyalov G.V.
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

BIOLOGICAL HAZARDS IN PRODUCTION AND ASSESSMENT METHODS

Abstract. This article presents a comprehensive analysis of biological hazards arising in various industrial sectors. It examines in detail modern approaches to assessing microbiological risks and effective strategies for their mitigation. Particular attention is paid to innovative methods of control and prevention, as well as regulatory aspects of ensuring biological safety in the workplace.

Keywords: biological safety, industrial risks, pathogenic microorganisms, occupational safety, industrial hygiene, microbiological control.

Современные производственные процессы в различных отраслях промышленности неизбежно связаны с потенциальным воздействием на работников широкого спектра биологических факторов, представляющих серьезную угрозу для здоровья человека. Как отмечают эксперты ВОЗ, биологические опасности включают не только патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, грибы, простейшие), но и их токсины, аллергены и другие биологические агенты, способные вызывать инфекционные заболевания, аллергические реакции или интоксикации различной степени тяжести. Эта

проблема приобретает особую актуальность в условиях продолжающихся пандемий и активного развития биотехнологических производств, где работа с микроорганизмами становится повседневной практикой [1].

Согласно данным последних исследований, около 15-20 % всех профессиональных заболеваний связаны именно с воздействием биологических факторов. В Российской Федерации ситуация осложняется тем, что многие предприятия, особенно в агропромышленном секторе, продолжают использовать устаревшие технологии и оборудование, не обеспечивающие должного уровня биологической защиты персонала.

Наиболее уязвимыми являются работники таких отраслей, как сельское хозяйство (особенно животноводство и птицеводство), пищевая промышленность, медицинские учреждения всех уровней, фармацевтические предприятия, объекты по переработке отходов и специализированные лаборатории, работающие с патогенными микроорганизмами [2,3].

Главную опасность представляют микроорганизмы, присутствующие в воздухе рабочей зоны - бактерии, вирусы, споры грибов, которые могут попадать в организм работников преимущественно через дыхательные пути. Как показали исследования [2,4] на предприятиях по переработке органических отходов, в птицеводческих комплексах и животноводческих фермах регистрируется повышенная концентрация в воздухе *Legionella pneumophila, Aspergillus fumigatus, Clostridium perfringens* и других. Особую опасность представляют вирусы гриппа различных штаммов, коронавирусы (включая SARS-CoV-2), вирус птичьего гриппа H5N1, которые могут передаваться воздушно-капельным путем на значительные расстояния.

В медицинских учреждениях и специализированных лабораториях основную угрозу представляет непосредственный контакт с биологическими материалами - кровью, слюной, тканями пациентов, что многократно повышает риск заражения гепатитом В и С, ВИЧ-инфекцией и другими особо опасными

заболеваниями. По данным CDC (Centers for Disease Control and Prevention - центры по контролю и профилактике заболеваний в США), ежегодно только в США регистрируется около 385000 случаев профессионального заражения медицинских работников через чрескожные травмы, при этом около 40% таких инцидентов связаны с потенциально опасными патогенами.

Не менее серьезную проблему представляют загрязненные поверхности и инструменты, особенно в пищевой промышленности, где недостаточная санитарная обработка оборудования приводит к размножению *Salmonella spp., Listeria monocytogenes, Escherichia coli* и других патогенов, способных вызывать массовые пищевые отравления. Исследования Королёва А.А. показали, что до 70% случаев пищевых отравлений на производстве связаны именно с нарушением санитарно-гигиенических норм при обработке оборудования [2,5].

Отдельного внимания заслуживают животные и насекомые как переносчики различных инфекций – эта проблема особенно актуальна для сельскохозяйственных предприятий, ветеринарных клиник, зоопарков и других объектов, где работники находятся в постоянном контакте с животными. По данным European Biosafety Standards (Европейские стандарты биобезопасности), около 25% работников животноводческих ферм ежегодно сталкиваются с зоонозными инфекциями различной степени тяжести [6].

Для эффективного управления биологическими рисками на производстве необходимо проводить их систематическую оценку с использованием современных методов. Ключевым методом является микробиологический мониторинг, включающий регулярный отбор проб воздуха, воды, смывов с поверхностей и биологических материалов с последующим комплексным лабораторным анализом, проводимых с помощью полимеразной цепной реакции (ПЦР) в реальном времени, масс-спектрометрии , иммуноферментного анализа (ИФА). Данные методы позволяют в короткие сроки идентифицировать патогены и определять их концентрацию в различных средах.

Особое значение имеет оценка экспозиции, проводимая методом математического моделирования. Это позволяет определить уровень воздействия биологических агентов на работников с учетом продолжительности контакта, путей проникновения в организм (ингаляционный, пероральный, перкутанный) и индивидуальной восприимчивости персонала. Например, для работников птицефабрик установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) микроорганизмов в воздухе рабочей зоны на уровне 50 000 КОЕ/м^3 для общей бактериальной обсемененности и 500 КОЕ/м^3 для грибковой микрофлоры.

Важным инструментом оценки биологических рисков является использование матриц рисков, который позволяет проводить как качественную, так и количественную оценку вероятности возникновения инфекции и тяжести ее последствий. В этом контексте особого внимания заслуживают методы FMEA (Failure Mode and Effects Analysis – анализ видов и последствий отказов) и HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points - анализ рисков и критические контрольные точки), которые успешно применяются не только на пищевых производствах, но и в фармацевтической промышленности, медицинских учреждениях и исследовательских лабораториях. ГОСТ Р 51705.1-2001 детально регламентирует применение этих методов в российских условиях.

Снижение биологических рисков на производстве требует внедрения комплексных мер профилактики, включающих инженерно-технические решения, использование средств индивидуальной защиты и организационные мероприятия. Среди инженерно-технических решений особое значение имеют системы вентиляции и очистки воздуха, включая HEPA-фильтры (High Efficiency Particulate Air) класса H13-H14, установки ультрафиолетового обеззараживания с длиной волны 254 нм, системы инактивации микроорганизмов с использованием озона или холодной плазмы. Как показали исследования, правильное проектирование вентиляционных систем позволяет

снизить концентрацию микроорганизмов в воздухе производственных помещений на 85-90 % [4].

Автоматизация производственных процессов с использованием роботизированных систем и закрытых технологических линий позволяет минимизировать контакт персонала с потенциально опасными биоматериалами, что особенно важно на фармацевтических и биотехнологических предприятиях. В медицинских учреждениях и микробиологических лабораториях широко применяются биологические безопасные шкафы (ББШ) II и III класса защиты, изоляторы с ламинарным потоком воздуха и другое специализированное оборудование, обеспечивающее надежную защиту персонала при работе с патогенами различных групп опасности [3].

Не менее важную роль играют средства индивидуальной защиты (СИЗ), правильный подбор и использование которых должны основываться на тщательной оценке рисков. Современный арсенал СИЗ включает респираторы различных классов защиты (FFP1-FFP3), маски медицинские и хирургические, перчатки (нитриловые, неопреновые), защитные костюмы (включая костюмы химической и биологической защиты), очки и защитные экраны. Федеральный закон № 52-ФЗ устанавливает обязательные требования к обеспечению работников СИЗ при работе с биологическими агентами.

Особое внимание должно уделяться правильному подбору СИЗ в зависимости от конкретных условий труда и характера биологической опасности. Например, при работе с особо опасными инфекциями (вирус Эбола, оспа обезьян и др.) требуется использование костюмов биологической защиты 4-го класса, обеспечивающих полную изоляцию работника от окружающей среды. При этом, как отмечают специалисты OSHA (Occupational Safety and Health Administration - Управление по безопасности и гигиене труда США), эффективность СИЗ напрямую зависит от правильности их применения и регулярности обучения персонала [1].

Организационные меры профилактики включают регулярное обучение персонала правилам биологической безопасности (не реже 1 раза в год с практическими тренировками), проведение обязательной и добровольной вакцинации работников (например, против гриппа, гепатита В, клещевого энцефалита), разработку и строгое соблюдение санитарно-гигиенических нормативов и регламентов. Особое значение имеет создание эффективной системы эпидемиологического надзора на предприятии, позволяющей оперативно выявлять случаи профессиональных заболеваний и принимать соответствующие меры [3].

Подводя итоги, следует отметить, что в последние годы все большее внимание уделяется разработке новых технологий обеззараживания, включая использование наночастиц серебра и меди, фотокаталитических материалов на основе диоксида титана, холодной плазмы атмосферного давления. Перспективным направлением является создание «умных» систем мониторинга биологической обстановки на производстве, способных в реальном времени отслеживать концентрацию патогенов в воздухе и на поверхностях с автоматической передачей данных в систему управления безопасностью [4].

Очевидно, что проблема биологической безопасности на производстве требует комплексного подхода, включающего современные методы оценки рисков, внедрение инновационных технологий защиты и постоянное совершенствование нормативной базы. Особую важность приобретает междисциплинарный подход, объединяющий усилия микробиологов, гигиенистов, инженеров по охране труда и эпидемиологов. Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на разработку более эффективных методов идентификации патогенов, создание новых средств защиты и совершенствование систем управления биологическими рисками с учетом особенностей различных отраслей промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мигунова Ю.В. Особенности профессиональной заболеваемости медицинских работников в условиях пандемии COVID-19 (по материалам социологического исследования в Республике Башкортостан) // Теория и практика общественного развития. 2022. № 4. С. 34–38. https://doi.org/10.24158/tipor.2022.4.4.

2. Руководство Р 2.2.2006-05 «Гигиена труда. Оценка профессиональных рисков»

3. Ильина Г.В., Ильин Д.Ю., Гришина А.А., Дашкина А.Р. Приемы микробной конверсии отходов птицеводства как способ экологизации отрасли // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024 №2 (66). С. 127-135. doi:10/18186/1816-4501-2024-2-127-135

4. Королев А.А. Гигиена питания: учебник 5-е изд., перераб. и доп. М.: Издательский центр «Академия», 2017. 544 с. http://www.academiamoscow.ru/catalogue/4896/128096/

5. Биологические, эпидемиологические, санитарно-гигиенические, медицинские и поведенческие факторы профессиональных рисков здоровью у животноводов, ветеринарных работников и работников мясоперерабатывающей промышленности, контактирующих с бруцеллезными животными и зараженным сырьем / С.И. Ерениев, О.В. Плотникова, В.Г. Демченко, Н.В. Рудаков // Анализ риска здоровью. 2017. № 2. С. 102–112. DOI: 10.21668/health.risk/2017.2.11

6. Шкундина Ф.Б., Захарова Е.А. Водоросли как индикатор загрязненности территории предприятия // Экология и промышленность России. 2002. № 6. С. 26-27.

© Бочкарев А.П., Бовина Ю.А., Завьялов Г.В., 2026

УДК 614.84

Виноградова О.Н., Лапшина А.М.

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, г. Великий Новгород, Российская Федерация

e-mail: Olga.Vinogradova@novsu.ru

АНАЛИЗ ОПЕРАТИВНОЙ ОБСТАНОВКИ ПО ПОЖАРАМ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В статье представлен анализ оперативной обстановки по пожарам в Ленинградской области, выявлены основные тенденции и причины возникновения возгораний, а также предложены меры по снижению пожарной опасности. Исследование основано на статистических данных Главного управления МЧС России по Ленинградской области, региональных отчетах и результатах полевого мониторинга.

Ключевые слова: пожарная безопасность, оперативная обстановка, статистический анализ, профилактика пожаров.

Vinogradova O.N., Lapshina A.M.

Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russian Federation

ANALYSIS OF THE OPERATIONAL SITUATION ON FIRES IN THE LENINGRAD REGION

Abstract. The article presents an analysis of the operational situation on fires in the Leningrad Region, the main trends and causes of fires have been identified, and measures to reduce fire danger have been proposed. The study is based on statistics

from the Ministry of Emergency Situations Russia, regional reports, and field monitoring results.

*Keywords: fir*e safety, operational situation, statistical analysis, fire prevention.

Пожары представляют собой серьезную угрозу для жизни и здоровья людей, наносят ущерб экономике и окружающей среде. Ленинградская область, в которой большое количество лесов, промышленных объектов и густонаселенная территория, ежегодно сталкивается с проблемой возгораний различного происхождения. Проведя анализ статистических данных, можно определить основные причины, а так же предложить эффективные меры по предотвращению и ликвидации пожаров.

Пожарная обстановка является одним из ключевых показателей региона. Она зависит от климатических условий, эффективности работы противопожарной службы, от уровня осведомленности и подготовки населения.

Проведенный анализ статистики пожаров в Ленинградской области в период с 2022 по 2025 год позволяет выявить определенные тенденции и причины возникновения возгораний, выявить динамику изменений, проблемные зоны, а так же оценить эффективность профилактических мероприятий и предложить меры по снижению пожарных рисков в регионе.

За 2025 год в Ленинградской области зафиксировано 4650 пожаров, погибли 136 человек, 102 человека получили ранения. Статистика показывает снижение числа пожаров на 15% в сравнении с 2024 годом. В 2024 году на пожарах в Ленинградской области погибло 4 ребенка, а в 2025 смертельные травмы получили 9 детей.

За первые два месяца 2025 года зафиксировано значительное снижение числа пожаров с 761 до 529 по сравнению с аналогичным периодом 2024 года. Снижение составило 30,49%. Также с 31 до 26 уменьшилось число погибших (на 16,1%), а среди детей смертей не зафиксировано (в 2024 году погиб один

ребенок). Количество пострадавших снизилось на 66,7% (с 21 до 7 человек), а число спасенных уменьшилось на 37% (с 108 до 68 человек), что может быть связано с более быстрой ликвидацией возгораний и снижением числа пожаров [1].

Материальный ущерб от пожаров в 2025 году так же уменьшился, тогда как в 2024 году за этот же период он составил более 4,2 млн. рублей. Это свидетельствует об эффективности профилактической работы, улучшении противопожарных мер и повышении оперативности реагирования служб.

Основными причинами положительной динамики могут быть усиленные профилактические мероприятия, повышение уровня осведомленности населения, внедрение современных систем обнаружения возгораний и улучшение качества работы пожарных подразделений.

Каждое лето область превращается в пороховую бочку, и виноваты в этом люди. Брошенный окурок, оставленный костёр или стеклянная бутылка на солнце, из-за таких «мелочей» ежегодно горят гектары лесов и гибнут дома. В прошлом году под Выборгом из-за одной сигареты выгорел лес площадью с десяток футбольных полей, а в Гатчинском районе «безобидный» костёр оставил три семьи без жилья. Простой осторожностью можно было предотвратить 90% пожаров. Но одна искра превращает беспечность в трагедию. Необходимо помнить, что пожарные рискуют своими жизнями, туша последствия чьей-то халатности.

Современные технологии стали нашими главными помощниками. В домах появляются «умные» датчики, которые чуют дым раньше человека. На предприятиях устанавливают автоматические системы, способные подавить огонь за секунды [2]. Но техника без людей не справится. Поэтому люди должны постоянно учиться, повышать квалификацию. Жители области на практике отрабатывают, как вести себя в экстренной ситуации, потому что теории в критический момент становится недостаточно.

Но самое важное то, что безопасность начинается не с проверок и не с датчиков, а с каждого из нас.

Огромные нефтехимические комплексы, газовые терминалы, производства – здесь каждая искра может стоить сотен жизней. Каждую неделю инспекторы буквально «прочесывают» предприятия, проверяя каждый клапан, каждую систему безопасности. Это не просто формальность. В прошлом году такие рейды предотвратили 17 потенциальных катастроф. На крупных нефтегазовых предприятиях устанавливают датчики утечки газа нового поколения, автоматические блокираторы, «умные системы пожаротушения», которые срабатывают мгновенно. В то же время персонал до автоматизма отрабатывает действия при чрезвычайной ситуации.

В образовательных учреждениях не реже двух раз в год проводят учения по пожарной безопасности, где дети на практике учатся правильно эвакуироваться из здания. В больницах и поликлиниках врачи отрабатывают навыки спасения пациентов, в том числе с ограниченными возможностями. В деревнях и сёлах волонтеры разыгрывают сценки, чтобы наглядно показать, как одна брошенная спичка или окурок может уничтожить целое селение. Технологии не стоят на месте. В области появились «умные дома», где датчики не только реагируют на дым, но и могут самостоятельно вызвать помощь. Это просто необходимая функция для пожилых людей. В настоящее время на улицах устанавливают интерактивные стенды, на которых в игровой форме показаны правила безопасности, что немаловажно для детского восприятия. А мобильное приложение «Антипожар» уже скачали более 100 тысяч жителей. Оно не только предупреждает об опасности, но и пошагово объясняет, что делать при возгорании.

Но настоящим прорывом являются «Дни живой безопасности». Раз в месяц в разных районах области разворачиваются целые учебные городки, где любой может потрогать руками пожарное оборудование, попробовать потушить

реальный огонь (контролируемый, конечно) и даже пообщаться с теми, кто пережил пожар.

Дачи и частные дома – это не просто уютные уголки отдыха, а зона особой ответственности. Один непотушенный камин или старая проводка могут за считанные минуты уничтожить то, что строилось годами. Поэтому в области не просто раздают огнетушители, а создают целую культуру безопасности. В 2025 году уже более 3 тысяч дачников получили современные противопожарные комплекты, а в отдаленных деревнях появились «красные уголки» с самым необходимым оборудованием на случай чрезвычайной ситуации.

Производится замена ветхих электросетей в садоводствах, устанавливаются новые гидранты, создаются противопожарные разрывы между участками. В поселке Рощино после такой модернизации количество возгораний сократилось на 40%. А еще проходит обучение соседей помогать друг другу, так как когда беда приходит, первыми на помощь приходят именно те, кто рядом.

Картина с пожарами в регионе наконец-то начала меняться в лучшую сторону. Цифры говорят сами за себя: меньше возгораний, меньше жертв, меньше разрушенных домов. Огненных чрезвычайных происшествий стало на треть меньше. Это не просто случайность, а результат реальной работы: пожарные бригады теперь реагируют быстрее, а профилактика стала точечнее.

Но угрозы всё же не перестали существовать. Это и поджог, и непотушенный костёр, и молния. Значит, нужно идти дальше: вкладываться в современные системы слежения, ставить датчики в лесах и на предприятиях, а главное, информировать людей. Уже тестируют дроны с тепловизорами. Прогресс есть, но это только начало. Чтобы пожары перестали быть бедой, нужно не снижать темп. Тогда и статистика будет год от года улучшаться. Работа по предотвращению пожаров должна идти постоянно, и здесь без активного информирования людей и регулярных учений не обойтись. Это не просто формальность, а реально работающие инструменты, которые уже дали результат.

Если посмотреть на цифры, то очевидно, что Ленинградская область действительно стала безопаснее.

Управление пожарным риском представляет собой многоступенчатый процесс, который обладает своей целью сократить либо компенсировать ущерб в результате пожара. Задача управления пожарным риском является комплексной проблемой со сложной внутренней структурой и внешними взаимосвязями [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ обстановки с пожарами и их последствиями на территории Российской Федерации за 12 месяцев 2025 г. / МЧС России. URL: https://vdpo64.ru/uploadedFiles/files/Analiz_obstanovki_s_pozharami_RF_za_2025.pdf (Дата обращения: 26.03.2026 г.).

2. Макарова А.О. Современные методы и технологии, способствующие улучшению пожарной безопасности в местах массового скопления людей. // В сборнике: Вопросы науки и образования: новые подходы и актуальные исследования. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Чебоксары, 2025. С. 165-166.

3. Пинчук В.И. Обеспечение пожарной безопасности субъекта хозяйствования как фактор достижения его экономической безопасности / В.И. Пинчук, К.Б. Капля, Н.Г. Щукина // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2020. № 1 (5). С. 485-490.

© Виноградова О.Н., Лапшина А.М., 2026

УДК 331.45

Хасанова К.Р., Терпигорева И.В.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: karinahasanova94@gmail.com

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ ФРИЗЕРЩИКА В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. В статье представлены результаты комплексного исследования условий труда на предприятиях пищевой промышленности на примере профессии фризерщика. Актуальность исследования обусловлена комплексным воздействием на организм работника вредных производственных факторов физической, химической, биологической и психофизиологической природы. Цель исследования – обеспечение безопасных условий труда на рабочем месте фризерщика.

Ключевые слова: охрана труда, фризерщик, пищевая промышленность, вредные производственные факторы, профессиональный риск, специальная оценка условий труда, средства индивидуальной защиты.

Khasanova K.R., Terpigoreva I.V.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

ENSURING SAFE WORKING CONDITIONS AT THE WORKPLACE OF A FREEZER OPERATOR IN THE FOOD INDUSTRY

Abstract. This article presents the results of a comprehensive study of working conditions in food processing plants, using the profession of freezer operator as an example. The relevance of the study stems from the complex impact of harmful

occupational factors of physical, chemical, biological, and psychophysiological nature on the worker's body. The purpose of the study is to ensure safe working conditions in the freezer operator's workplace.

Keywords: labor protection, freezer operator, food industry, harmful production factors, professional risk, special assessment of working conditions, personal protective equipment.

Фризерщик (оператор фризерной установки) является ключевой фигурой в производстве мороженого и других замороженных десертов на предприятиях пищевой промышленности. Его рабочая зона включает фризерные машины (цилиндрические установки с лопастями для омывания и замораживания), пастеризаторы, дозаторы, насосы и конвейеры для подачи готового продукта. Процесс включает загрузку смеси (молоко, сахар, стабилизаторы), контроль температуры (от +4°C до -5°C в фризере), регулировку вязкости и выгрузку мягкого мороженого. Сменная продолжительность – 8-12 часов, с перерывами на гигиену.

В ходе идентификации потенциально вредных и опасных производственных факторов на рабочем месте фризерщика выявлены физические, химические, биологические и психофизиологические факторы, оказывающие негативное воздействие на организм работника.

К физическим факторам относится:

- повышенный уровень шума, источником которого являются фризеры, которые генерируют широкополосный шум 80-90 дБ (лопасти, компрессоры) и вибрацию 0,4-0,6 м/с², влияющие на нервную систему и опорно-двигательный аппарат;
- пониженная температура воздуха в рабочей зоне обусловлена работой фризера (воздух в зоне фризера охлаждается до +10°C), контакт с

замороженной смесью (-18°С в накопителях) вызывает обморожения и "холодовые" травмы;

- повышенная влажность воздуха возникает вследствие образования конденсата и проведения мокрых процессов мойки оборудования;
- повышенная подвижность воздуха связана с функционированием систем охлаждения и вентиляции;
- вращающиеся валы (300-500 об/мин) и конвейеры создают риск механического травмирования.

Химические факторы представлены парами аммиака (NH_3), который используется в качестве хладагента в системе охлаждения фризера (концентрация до 0,3 мг/м³) вызывает раздражение дыхательных путей. Аммиак относится к веществам 4-го класса опасности, обладает резким раздражающим действием и при аварийных утечках может представлять угрозу для жизни и здоровья работников. При санитарной обработке оборудования фризерщик контактирует с парами моющих и дезинфицирующих средств на основе хлорактивных соединений и щелочей, которые при недостаточной вентиляции могут вызывать раздражение слизистых оболочек и аллергические реакции. Кроме того при производстве мороженого используются пищевые добавки: стабилизаторы (желатин, агар), эмульгаторы и красители которые способны раздражать кожу и слизистые.

Биологические факторы включают патогенные и условно-патогенные микроорганизмы, присутствующие в молочном сырье и полуфабрикатах, а также плесневые грибы, которые могут развиваться в конденсате систем охлаждения и на влажных поверхностях при нарушении санитарно-гигиенических норм.тПсихофизиологические факторы характеризуются физическими динамическими и статическими нагрузками. Работник осуществляет подъем и перемещение емкостей со смесью массой до 20 кг, а также находится в вынужденной рабочей позе «стоя» в течение большей части смены. Сенсорные

нагрузки связаны с необходимостью постоянного контроля технологических параметров по приборам, что требует напряжения внимания и зрительного анализатора. Эмоциональные перегрузки обусловлены высоким уровнем ответственности за соблюдение технологического процесса и риском возникновения аварийных ситуаций, связанных с утечкой хладагента.

Полученные данные указывают на необходимость разработки и строгого выполнения комплекса профилактических и защитных мероприятий по улучшению условий труда, включая применение средств индивидуальной защиты и регулярного мониторинга производственной среды в соответствии с требованиями охраны труда.

Специальная оценка условий труда проводится в соответствии с Федеральным законом от 28.12.2013 № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» [1]. Установлено, что на рабочем месте фризерщика пищевого производства присутствуют вредные производственные факторы, отнесенные к следующим классам условий труда:

- химический фактор (класс 3.2);
- физический фактор (класс 3.1);
- биологический фактор (2);
- психофиологический фактор (класс 3.1).

Итоговый класс условий труда на рабочем месте фризерщика установлен как 3.2 (вредный) в соответствии с наиболее высоким классом (подклассом) вредности, выявленным среди присутствующих факторов, а именно – по химическому фактору.

Для снижения вредного воздействия приведенных выше вредных и опасных производственных факторов предлагаются инженерные мероприятия:

- установка защитных ограждений на фризерах с блокировкой, аварийных кнопок и датчиков уровня;
- местная вытяжная система для удаления паров;

- использование шумопоглощающих материалов;
- регулярное обслуживание холодильных систем предотвращает утечки аммиака.

На основании результатов СОУТ и требований Приказа Минтруда России от 29.10.2021 № 766н для фризерщика установлен перечень средств индивидуальной защиты (таблица 1) [2].

Таблица 1

Средства индивидуальной защиты фризерщщика согласно, типовым нормам выдачи специальной одежды

Наименование СИЗ	Норма выдачи на год (штук, пар, комплектов)	Примечания
Костюм хлопчатобумажный	1	Для защиты от общих производственных загрязнений
Фартук из полимерных материалов с нагрудником	2	Для защиты от влаги и охлажденных продуктов
Нарукавники из полимерных материалов	4	Для защиты рук при работе с охлажденными поверхностями
Сапоги резиновые	1	Для защиты от влаги и низких температур
Перчатки с полимерным покрытием	12	Для защиты рук при контакте с охлажденными поверхностями
Наушники противошумные	1	При уровне шума выше 80 дБА
Беруши	до износа	При уровне шума выше 80 дБА
Костюм утепленный	1	Для работы в условиях пониженных температур
Мыло	400 гр в месяц	По установленным нормам
Регенерирующий крем	100 мл в месяц	Для восстановления кожи рук

Помимо обеспечения средствами индивидуальной защиты, для фризерщика необходимо проводить регулярное обучение по технике безопасности и правилам применения СИЗ. Работник должен быть обучен

правильному использованию защитных средств, а также действиям в аварийных ситуациях, связанных с утечкой хладагента или поломкой оборудования.

Обеспечение безопасности фризерщика требует комплексного подхода: от технического совершенствования оборудования до строгого соблюдения инструкций. Снижение рисков до 2 класса СОУТ возможно при инвестициях в автоматику и вентиляцию, что повысит производительность и здоровье персонала. Реализация мер позволит минимизировать профессиональные заболевания на молокоперерабатывающем комбинате.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда». – URL: http://pravo.gov.ru (дата обращения: 20.05.2026).
2. Приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 766н «Об утверждении Правил обеспечения работников средствами индивидуальной защиты и смывающими средствами»: зарегистрирован в Минюсте России 31.12.2021 № 66715. URL: http://pravo.gov.ru (дата обращения: 20.05.2026).
3. Тагиров И.Ф. Производственный травматизм на рабочем месте маляра-строителя / И.Ф. Тагиров, И.В. Терпигорева // Наука, образование, производство для противодействия техногенным угрозам и решения экологических проблем (Техносферная безопасность-2025): материалы XXII Международной научно-практической конференции, Уфа, 06 мая 2025 года. Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2025. С. 78-83.

© Хасанова К.Р., Терпигорева И.В., 2026

УДК 614.8

Реймер В.В., Ибрагимова Н.И.
Сургутский государственный университет, г. Сургут, Российская Федерация
e-mail: rejmer_vv@edu.surgu.ru

АНАЛИЗ МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ОПОР ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ В КРИОЛИТОЗОНЕ

Аннотация. В районах Крайнего Севера большинство опор линий электропередач установлены на вечномерзлых грунтах. Изменение температуры грунта, его морозное пучение или оттаивание приводят к деформации опор, что создает техногенную угрозу. В работе проведен анализ основных методов мониторинга состояния опор в криолитозоне: тепловизионный контроль, вибродиагностика, системы термометрических скважин и георадарное зондирование. Показано, что внедрение таких систем позволяет своевременно выявлять опасные деформации и предотвращать аварии. Так же предложены рекомендации по организации мониторинга.
Ключевые слова: вечная мерзлота, опоры ЛЭП, мониторинг, георадар, криолитозона, техногенная авария.

Reimer V.V., Ibragimova N.I.
Surgut State University, Surgut, Russian Federation

MONITORING THE CONDITION OF POWER LINE POLES IN THE PERMAFROST ZONE AS A MEANS OF PREVENTING MAN-MADE ACCIDENTS

Abstract. In the Far North, most power line supports are installed on permafrost soils. Changes in soil temperature, frost heave, or thaw lead to support deformation, posing

a man-made hazard. This paper analyzes the main methods for monitoring support conditions in the permafrost zone: thermal imaging, vibration diagnostics, thermometric borehole systems, and ground-penetrating radar. It is shown that the implementation of such systems enables the timely detection of dangerous deformations and the prevention of accidents. Recommendations for organizing monitoring are also proposed.

Keywords: permafrost, power transmission line supports, monitoring, ground penetrating radar, cryolithozone, man-made accident.

Долгое время считалось, что если грунт замерз, то он надежен, поэтому в районах Крайнего Севера тысячи опор построены на вечной мерзлоте. Для мерзлоты характерно, что зимой вода в грунте замерзает и расширяется, выталкивая опоры вверх. Такое явление называется морозным пучением. Летом наоборот, из-за повышения температуры и тепла, выделяющегося оборудованием, грунт оттаивает и опора проседает [1]. В результате опоры наклоняются, провода в одних пролетах начинают провисать, в других перетягиваются (рис. 1).

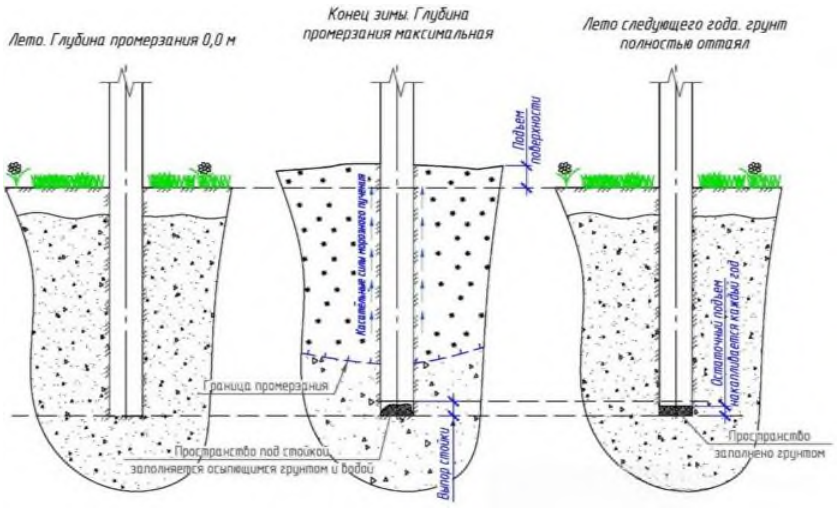


Рис. 1. Схема деформации опоры при морозном пучение грунта

Для производственных предприятий в районах Крайнего Севера бесперебойное снабжение электричеством является основным критерием, влияющим на безопасность технологических процессов. Внезапное разрушение опоры ЛЭП или обрыва провода может привести к остановке производств и создать прямую угрозу системам жизнеобеспечения населения северных территорий. Таким образом, мониторинг опор ЛЭП становится неотъемлемой частью техносферной безопасности, позволяющей от ликвидации последствий произошедшей аварии перейти к их прогнозированию и предотвращению.

Для предупреждения чрезвычайных ситуаций, связанных с состоянием линий электропередач, продуманы процедуры мониторинга. Требования, к ним представлены в СП 25.13330.2020 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах», в разделе «Геотехнический мониторинг», где говорится, что для объектов, эксплуатируемых в криолитозоне, нужно организовывать наблюдения за температурой грунта, осадками и выпучиванием фундаментов.

Анализ источников показывает, что мониторинг состояния опор ЛЭП в криолитозоне проводят несколькими методами. Самым надежным признается метод термометрических скважин. Рядом с опорой бурят скважину глубиной 10-15 метров и опускают в нее датчики температуры. Многолетние исследования в западном секторе Российской Арктики показали, что деградация вечной мерзлоты напрямую связана с потеплением климата. Всего выделяют три стадии устойчивости мерзлоты: устойчивая, неустойчивая (переходная) и стадия активной деградации [1]. Если датчики фиксируют устойчивый рост температуры, нужно принимать меры – ставить термостабилизаторы или усиливать фундамент.

Так же используют методы, которые дают высокую точность при применении неразрушающих методов контроля состояния грунтов и пород один из них – георадарное зондирование. Этот метод основан на электромагнитном зондировании среды и регистрации отраженных сигналов от границ слоев с

различными диэлектрическими свойствами. Это позволяет отслеживать динамику положения кровли многолетних мерзлых пород и выявлять участки с аномальным строением [4].

Находит применение в электроэнергетике для определения состояния поверхности опор, проводов, арматуры и тепловизионный контроль. Он позволяет за счет регистрации инфракрасного излучения от элементов ЛЭП найти проблемные контакты в соединениях проводов, повышенное механическое напряжение элементов металлоконструкций опор.

Для фиксации собственной частоты вибрации опоры, как показателя надежности конструкции, находят применение датчики, которые крепятся на опору и измеряют ее микровибрацию, помогая определить жесткость системы опора-фундамент-грунт. Если частота вибрации меняется, значит нужно принимать меры по предупреждению аварийной ситуации. Этот метод позволяет вести непрерывный мониторинг в реальном времени и отслеживать изменения, связанные с воздействиями группы факторов на линии электропередач.

Современный уровень развития беспилотных технологий позволяют их использовать для труднодоступных объектов, на длинных участках линий. Они позволяют проводить визуальный осмотр с фото и видеофиксацией состояния опор и ЛЭП, тепловизионную съемку с воздуха и лазерное сканирование для создания 3D-моделей. Этот метод сокращает время осмотра линий в несколько раз, переводит его в дистанционный режим и тем самым снижает риски для персонала. Использование данного метода с рекомендованными технологиями геотехнического мониторинга позволил бы получить более объективные данные для построения прогноза состояния линий электропередач [3].

Часто выбор метода зависит от важности линии и бюджета. Для магистральных линий, где отключение ведет к серьезным последствиям, ставят термометрические скважины и датчики вибрации. Для распределительных сетей применяют георадар, осмотры с БПЛА, тепловизионный контроль.

В настоящее время методы мониторинга, представленные в работе, применяются на объектах разных компаний. Например, опыт ПАО «ФСК ЕЭС». В 2018 году на ЛЭП 110 кВ «Оленья-Ямбург» протяженностью 107 км, проходящей по районам вечной мерзлоты, начали тестирование цифрового комплекса мониторинга российского производства. Датчики контроля, установленные на опорах в грунте, позволяют непрерывно отслеживать температуру, влажность, изморозившие отложения и положение опор. Вся информация в онлайн режиме передается в центр управления сетями филиала ФСК ЕЭС – МЭС Западной Сибири [6]. Крупные нефтегазовые компании также развивают собственные системы мониторинга состояния сетей.

Параллельно с корпоративными системами в России создается государственная система фонового мониторинга многолетней мерзлоты. В качестве оператора выступают Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (ААНИИ) Росгидромета. На конец 2024 года введено в эксплуатацию 78 пунктов наблюдения в 12 регионах России – от Шпицбергена и Земли Франца-Иосифа до Забайкалья и Алтая. Пункты оснащены скважинами глубиной до 25 метров с 32 датчиками температуры на каждой, данные в режиме онлайн поступают в Центр мониторинга ААНИИ. Планируется довести количество пунктов до 140. С 1 января 2026 года данные фонового мониторинга открыты для всех пользователей – органов госвласти, организаций и граждан [5].

Таким образом, в стране существует целый ряд систем мониторинга: государственная и ведомственные. В качестве решения предлагается единая информационно-аналитическая платформа «Мониторинг Криолитозоны». Она собирает данные со всех источников, стандартизирует форматы, прогнозирует изменение состояния опор с помощью моделей машинного обучения. Архитектура платформы включает периферийный уровень такие как: логгеры, мобильное приложение для полевых бригад; серверный уровень: облачное

хранение и обработка, и пользовательский уровень: веб-интерфейс с картой состояний и прогнозами. Аппаратная база для такой платформы уже существует – например, комплекс «МиР 555», который на российских предприятиях показывает эффективность предиктивной диагностики на частоте до 300 000 измерений в секунду [4].

Внедрение такой системы позволило бы перейти от разрозненных локальных решений к единому мониторингу всей инфраструктуры криолитозоны, снизить аварийность линий энергопередач и перейти к обслуживанию по фактическому состоянию.

Внедрение подобной системы необходимо начать с анализа карт вечной мерзлоты и выбора участков, где грунт нестабилен или опоры уже давали осадку. Здесь необходима установка термометрических скважин и датчиков вибрации для обеспечения непрерывного контроля. На более стабильных участках достаточно проведение георадарного зондирования, частотой один раз в год, и периодические осмотры с применением беспилотников и тепловизионного контроля. Сбор данных в единую базу позволил бы отслеживать динамику и предупреждать риск аварий.

Как итог, можно сказать, что мониторинг сам по себе проблему не решает, не останавливает оттаивание грунта и не укрепляет опоры. Он дает самое главное – время. Время, чтобы заметить опасность и принять меры до того, как авария произойдет. В районах Крайнего Севера, где зима является самым длинным временем года, а добраться до места повреждения можно только на вездеходе или вертолете, это время становится самым ценным ресурсом [1,2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев А.А. Деградация мерзлоты: результаты многолетнего геокриологического мониторинга в западном секторе Российской Арктики / А.А. Васильев, А.Г. Гравис, А.А. Губарьков [и др.] // Криосфера Земли. 2020.

Т. XXIV, № 2. – С. 15–30. – URL: https://earthcryosphere.ru/archive/2020_2/02.Vasiliev_2_2020.pdf (дата обращения: 20.05.2026).

2. Прохоров Д.В. Надежность систем энергетики Крайнего Севера / Д.В. Прохоров, В.А. Прохоров, Н.А. Петров (электронный ресурс). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/nadezhnost-sistem-energetiki-kraynego-severa (дата обращения: 20.05.2026).

3. Мясоедова Л.А. Оценка эффективности использования беспилотных авиационных систем при мониторинге линий электропередачи / Л.А. Мясоедова, А.Е. Козырева // Вестник Амурского государственного университета. 2022. № 99. С. 46-50. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-ispolzovaniya-bespilotnyh-aviatsionnyh-sistem-pri-monitoringe-liniy-elektroperedachi (дата обращения: 20.05.2026).

4. Российские технологии предиктивной диагностики: программно-аппаратный комплекс «МиР 555» // IT Russia. 2025. 12 сентября. URL: https://itrussia.media/ru/article/rossiya-sovershaet-proryv-v-prediktivnoy-diagnostike-promysh (дата обращения: 20.05.2026).

5. Шумаков И.А. О государственной системе фонового мониторинга многолетней мерзлоты: интервью Председателю Правительства РФ / И. А. Шумаков // МИР 24. 2025. 5 февраля. URL: https://mir24.tv/news/16624526/glava-rosgidrometa-rasskazal-mishustinu-ob-innovacionnom-proekte-po-modelirovaniyu-klimata (дата обращения: 20.05.2026).

6. На самой северной ЛЭП Западной Сибири началось тестирование цифрового комплекса мониторинга // УралБизнесКонсалтинг. 2018. 24 декабря. URL: https://urbc.ru/1068084062-na-linii-elektroperedachi-fsk-ees-olenya-yamburg-nachalos-testirovanie-cifrovogo-kompleksa-monitoringa.html (дата обращения: 20.05.2026).

© Реймер В.В., Ибрагимова Н.И., 2026

УДК 614.849

Ахмеров В.В.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: vilea86@mail.ru

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УЩЕРБ В МЕТОДИКАХ ОЦЕНКИ ПОЖАРНОГО РИСКА

Аннотация. Рассмотрены нормативно-правовые акты по пожарной безопасности и методики оценки пожарного риска, действующие в Российской Федерации. Показано, что в определениях понятиям пожарная безопасность, пожарная безопасность объекта защиты и пожарный риск предусматривается необходимость защиты от пожара людей и имущества, а в действующих методиках оценки пожарного риска, на основании которых определяются условия обеспечения пожарной безопасности объектов защиты, ущерб имуществу (материальным ценностям) как критерий пожарного риска не учитывается. Предложено рассмотреть вариант включения в действующие методики оценки пожарного риска критериев экономического ущерба имуществу от пожара.

Ключевые слова: безопасность, имущество, нормативные акты, социально-экономический аспект

Akhmerov V.V.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

ECONOMIC DAMAGE IN FIRE RISK ASSESSMENT METHODS

Abstract. The regulatory legal acts on fire safety and fire risk assessment methods, which are in force in the Russian Federation, are considered. It is shown that the definitions of the concepts of fire safety, fire safety of the object of protection and fire

risk provide for the need to protect people and property from fire, and in the current fire risk assessment methods, on the basis of which the conditions for ensuring fire safety of objects of protection are determined, damage to property (material assets) as a fire risk criterion is not taken into account. It is proposed to consider the option of including the criteria of economic damage to property from fire in the current fire risk assessment methods.

Keywords: security, property, regulations, socio-economic aspect

В соответствии с Федеральным законом от 21.12.1994 № 69-ФЗ (ред. от 31.07.2025) «О пожарной безопасности» [1], пожарная безопасность – это состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров. Согласно такому определению, защите при пожаре подлежат:

- личность, то есть здоровье человека, его дееспособность;

- имущество – в данном случае, это совокупность материальных объектов (ценностей), к которым относятся непосредственно земельные участки, здания, сооружения, оборудование, транспорт, мебель, ценные бумаги и прочее;

- общество – система взаимодействия людей, объединенных по определенным признакам, на определенной территории;

- государство – социальный институт, обеспечивающий поддержание порядка в отношениях между членами общества, опирающегося на законы и традиции.

Важно отметить, что пожарная безопасность, по определению, предусматривает защиту каждого из вышерассмотренных объектов, субъектов.

Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 31.07.2025) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (Технический регламент) [2] устанавливает понятие «пожарная безопасность объекта защиты» и определяет его как состояние объекта защиты, характеризуемое возможностью предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара.

Как видно из определения, пожарная безопасность объекта защиты предусматривает необходимость предотвращения опасных факторов пожара на людей и имущество. То есть пожарная безопасность объекта защиты [2], так же как и пожарная безопасность [1], предусматривает защиту людей и имущества.

Согласно Техническому регламенту, ст. 6, ч. 1, п. 2 и п. 5 (с отсылкой на ч. 7), предусматриваются условия обеспечения пожарной безопасности объекта защиты, где в качестве критерия безопасности применяется пожарный риск. В статье 2, п. 28 [2], указано, что пожарный риск – это мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей.

То есть в определении пожарного риска также предусматривается необходимость защиты людей и материальных ценностей от пожаров.

Следует отметить, что в определении пожарного риска не используется такая категория, как имущество, вместо этого применено понятие материальной ценности. Автор предполагает, что понятия имущество и материальная ценность рассматриваются в законодательстве о пожарной безопасности как тождественные.

В настоящее время оценка пожарного риска в отношении объектов защиты на территории Российской Федерации проводится по методикам:

1. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, утв. приказом МЧС России от 26 июня 2024 г. № 533 [3].

2. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности, утв. приказом МЧС России от 14 ноября 2022 г. № 1140 [4].

В методике [3] указано, что количественной мерой возможности реализации пожарной опасности объекта является риск гибели людей в результате воздействия опасных факторов пожара, в том числе риск гибели

работника объекта, риск гибели посетителей объекта, риск гибели людей, находящихся в жилой зоне, общественно-деловой зоне или зоне рекреационного назначения вблизи объекта. Риск гибели людей согласно методике [3] характеризуется числовыми значениями индивидуального и социального пожарных рисков.

В методике [4] написано, что определение расчетной величины пожарного риска заключается в расчете индивидуального пожарного риска для людей, находящихся в здании.

Из определения индивидуального и социального пожарных рисков [2] видно, что в качестве критерия риска рассматривается только гибель человека или группы людей. Экономический ущерб или ущерб имуществу (материальным ценностям) в качестве критерия пожарного риска в методиках [3, 4] не применяется.

Таким образом, в определениях понятиям пожарная безопасность [1], пожарная безопасность объекта защиты [2] и пожарный риск [2] предусматривается необходимость защиты людей и имущества (материальных ценностей), а в действующих методиках расчета пожарного риска [3, 4], на основании которых оцениваются условия обеспечения пожарной безопасности объектов защиты, приведенные в Техническом регламенте (ст. 6, ч. 1, п. 2 и п. 5), отсутствуют критерии оценки риска потерь имущества (материальных ценностей).

Возможно, экономический аспект как один из критериев пожарной безопасности, в том числе пожарной безопасности объекта защиты, уже учтен в нормах (в Техническом регламенте, ст. 6 и регламентирован либо в ч. 1 без 5-ти условий (пунктов) либо в ч. 1 и одновременно в п. 1) на основе отдельных экономических обоснований на этапе выработки этих норм. Но важно понимать, что пожарный риск, как правило, проводится при отступлении от требований

пожарной безопасности, которые, в свою очередь, повышают пожарный риск, как риск гибели человека, так и риск потери имущества.

В работе [5] предложена методика расчёта интегрального социально-экономического показателя пожарного риска, которая как раз учитывает риски гибели и травмирования человека, а также риск материального ущерба. Методика использует интегральный показатель, рассчитываемый для определенной территориальной единицы как сумма произведений показателей риска (риск гибели человека, риск травмирования человека, риск материального ущерба) на весовой коэффициент показателя, где наибольший вес присваивается показателю риска гибели человека, наименьший – показателю риска материального ущерба.

Для расчета риска материального ущерба в работе [5] используются минимальные и максимальные значения материального ущерба при пожаре в субъектах исследуемой территориальной единицы за определенный промежуток времени, например, год. Такой подход дает достаточно содержательную оценку пожарного риска на исследуемой территории, позволяет оценивать и сравнивать социально-экономические риски отдельных регионов и своевременно планировать мероприятия по повышению пожарной безопасности. Однако важно отметить, что такой подход имеет свою область и цель применения и не уточняет важность и критичность отдельных объектов защиты, пожары на которых могут приводить к нарушению функционирования крупных производственно-технологических и торговых цепочек, что, в свою очередь, может привести к ухудшению экономического благосостояния отдельных регионов или государства в целом.

По мнению автора, в условиях запроса государства и общества на повышение темпов экономического роста, улучшение условий жизни и благосостояния населения внедрение методов оценки вероятности ущерба имуществу объектов защиты при пожаре как одного из критериев оценки

пожарного риска является актуальной стратегической задачей, направленной на устойчивое развитие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О пожарной безопасности: Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ: в ред. от 31.07.2025.
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ: в ред. от 31.07.2025.
3. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, утв. приказом МЧС России от 26 июня 2024 г. № 533.
4. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности, утв. приказом МЧС России от 14 ноября 2022 г. № 1140.
5. Присяжнюк Н.Л., Малько В.А. Интегральный социально-экономический показатель пожарного риска и методика его оценки // Технологии техносферной безопасности. 2018. № 3. С. 47-54.

© Ахмеров В.В., 2026

УДК 622.691

Утарбаева Д.С., Попова Е.В.

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация

e-mail: utarbaeva20@mail.ru

ПРОБЛЕМЫ АВАРИЙНОСТИ, КОРРОЗИЯ И ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Аннотация. В статье предлагается институционально-техническая диагностика проблемы. Показано, что старение основных фондов само по себе не является первопричиной катализатором выступает рассогласование между формальными нормативами, реальными сроками замены и цифровым разрывом. Введено понятие квази-защитных покрытий, оценён скрытый период зарождения питтингов. Предложена классификация участков по коэффициенту институциональной уязвимости.

Ключевые слова: магистральный газопровод, коррозионный квази-стационар, институциональные барьеры безопасности, транзакционные издержки мониторинга, футлярная усталость.

Utarbaeva D.S., Popova E.V.

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation

ACCIDENT RISK, CORROSION, AND IMPROVING THE SAFETY OF MAIN GAS PIPELINES

Abstract. This article offers an institutional and technical diagnosis of the problem. It is shown that the aging of fixed assets per se is not the root cause; the catalyst is the

misalignment between formal standards, actual replacement schedules, and the digital divide. The concept of quasi-protective coatings is introduced, and the latent period of pitting initiation is estimated. A classification of sections based on an institutional vulnerability coefficient is proposed.

Keywords: main gas pipeline, corrosion quasi-stationary, institutional security barriers, transaction costs of monitoring, enclosure fatigue.

Согласно данным Ростехнадзора за 2016-2025 гг., коррозия устойчиво лидирует среди прямых причин аварий на магистральных газопроводах 47% инцидентов. Однако подобная агрегированная статистика, может скрывать такой феномен, что в подавляющем большинстве случаев коррозионному разрушению предшествовал длительный (от 3 до 11 лет) период неэффективного мониторинга. То есть отклонения параметров уже фиксировались, но по разным причинам не переводились в ремонтные решения.

Общая протяжённость магистральных газопроводов в России достигает 180,6 тыс. км, причём более 65% этих сетей были построены ещё в 1970-1980-х годах [3]. Высокий уровень физического износа (более 60%) сам по себе является фоном, а не непосредственной причиной аварий. Основным барьером для защиты является рассогласование между требованиями нормативных документов и реальной практикой эксплуатации, включая периодичность инструментального контроля и скорость принятия решений [1,6].

Как показано в работах по газоснабжению населённых пунктов, около 40% отключающих устройств эксплуатируются более 30 лет [1]. При этом контакт элементов арматуры с водой провоцирует электрохимическую коррозию, особенно при наличии блуждающих токов или локальных катодно-анодных зон [2]. Интенсивность коррозии усиливается в присутствии растворённого кислорода и ионов хлора (например, в талых водах после обработки дорог

противогололёдными реагентами), что ведёт к образованию питтингов и потере функциональности запорных механизмов [2, 3].

Основным барьером безопасности становятся транзакционные издержки согласования ремонтных мероприятий между собственником газопровода, подрядчиками, землепользователями и контролирующими органами. Без учёта этих издержек любые технологические решения дают не более 40% потенциальной эффективности.

В отличие от формального перечисления факторов, разграничим два типа коррозионных режимов:

- равномерная коррозия;

- питтинговая (локальная) коррозия [3,4].

Для магистрального газопровода диаметром 1200 мм и рабочим давлением 7,5 МПа (типичные параметры для сетей 1-й категории) критическая глубина питтинга, приводящая к разрыву, составляет 3,2 мм (для стали класса К60). При средней скорости локальной коррозии в южных районах (высокая минерализация почв, Поволжье) 0,4 мм/год скрытый период аварийной готовности равен 8 годам [5].

Однако, как показывают исследования вероятности аварий на сетях газораспределения, реальные междиагностические интервалы для участков 3-4 категории могут достигать 12 лет [4]. Это означает, что 33% потенциально опасных питтингов оказываются вне зоны контроля, то есть возникают и прогрессируют в период, когда инструментальный контроль уже не проводится, а очередная диагностика ещё не начата.

Таблица 1

Сравнение формальных и фактических параметров диагностики

Параметр	Норматив (согласно [1, 6])	Фактическое значение (по данным [3,4,7])	Рассогласование, %
Междиагностический интервал, лет	5–8	9–14	+55
Доля отключающих устройств с дистанционным контролем, %	не менее 60 (целевой ориентир)	42	–30
Время реакции на падение изоляции, сут	3 (внутренние регламенты)	11 (полевые данные [5])	+267

В местах пересечения газопроводов с другими коммуникациями используются защитные футляры, которые должны исключать контакт основной трубы с грунтом и водой [1, 6]. Однако, как показывает анализ причин инцидентов [3], деформация и разгерметизация футляров вызваны термодинамическими и механическими воздействиями.

Замерзание воды в полости футляра приводит к увеличению её объёма примерно на 9%, что создаёт критические напряжения в материале оболочки (полимерной или металлической). Возникает пластическая деформация, появляются микротрещины, герметичность теряется [3]. При последующем оттаивании цикл повторяется, накапливаются усталостные повреждения. Для полимерных футляров критическое число циклов «замерзание–оттаивание» составляет 10–12, после чего защитная функция практически утрачивается.

Последствия потери герметичности футляров:

- утрата защиты трубопровода от внешних нагрузок (давления грунта, подвижек);

- проникновение влаги к основному трубопроводу, ускорение коррозии;

- риск смещения или заклинивания запорных элементов из-за деформации футляра.

Согласно действующей редакции СП 62.13330.2011, для магистральных газопроводов высокого давления (1-я категория, давление от 0,6 до 1,2 МПа) охранная зона составляет 50 метров в каждую сторону от оси трубы. Для сжиженного газа 100 метров. Для распределительных газопроводов 10 метров. Нарушения охранного режима (несанкционированная вырубка леса, строительство, земляные работы) являются значимым фактором аварийности.

Как отмечается в работах по прогнозированию рисков отказов, несоблюдение требований к охранным зонам напрямую связано с частотой инцидентов [5]. Более того, на участках прокладки подземных и надземных газопроводов любые строительные или земляные работы должны проводиться только по согласованию с эксплуатирующей организацией [1, 6]. Однако реальная практика иная.

Коэффициент институциональной уязвимости (КИУ) можно найти по следующей формуле:

$$КИУ = \frac{T_{обнаружения} \cdot Ш_{санкции}}{N_{патрулирования}} \quad (1)$$

где $T_{обнаружения}$ – среднее время выявления нарушения, сут;

$Ш_{санкции}$ – максимальный штраф для юридического лица, тыс. руб.;

$N_{патрулирования}$ – число выездов (или дроно-часов) мониторинга в месяц.

Таблица 2

Расчёт для двух регионов (на основе экспертных оценок и данных [3, 5])

Регион	Т, сут	Ш, тыс. руб.	N
Ленинградская область	46	400	4
Ямало-Ненецкий АО	18	400	8

Чем выше КИУ, тем слабее реальная защищённость газопровода при формально одинаковых нормах. Целевым ориентиром является снижение КИУ

до уровня <2000 для всех регионов за счёт увеличения частоты патрулирования и автоматизации фиксации нарушений [5].

В последние годы активно внедряются композитные материалы для ремонта газопроводов без остановки транспортировки газа [2]. Однако, как показывает анализ системы газоснабжения, около 40% отключающих устройств эксплуатируются более 30 лет, а колодцы нередко затоплены грунтовыми водами, что ведёт к коррозии механизмов [6].

Ремонт линейного участка композитными материалами устраняет дефект на конкретном отрезке трубы, но не снижает общую уязвимость системы, если смежное оборудование (задвижки, краны, футляры) остаётся в прежнем состоянии. Более того, затопление колодцев и разрушение изоляции из-за сезонных подвижек грунта [6] продолжают генерировать новые очаги коррозии. В результате риск аварии не исчезает, а перемещается на соседние элементы туда, где контроль слабее, а арматура старше.

Для газопроводов большого диаметра (1200-1400 мм) характерны протяжённые разрушения (свыше 50 м) с образованием двух независимых приземных факельных струй [1, 3]. Для магистралей меньшего диаметра типичным является формирование вертикального огненного столба. Ни композитные муфты, ни катодная защита не предотвращают эти сценарии, если институциональные разрывы (задержки ремонта, слабый контроль, устаревшая арматура) сохраняются.

На основе проведённого анализа и авторских расчётов предлагаются следующие меры:

1. Стратификация сетей не только по рабочему давлению [1], но и по коэффициенту институциональной уязвимости (КИУ), что позволит ранжировать участки по реальной, а не формальной опасности.

2. Актуализация проектных решений для футляров и колодцев с учётом 30-летних рядов климатических аномалий (рост числа циклов замерзания–оттаивания).

3. Пересмотр штрафных санкций за нарушения охранных зон Минимальный штраф должен превышать экономию нарушителя от незаконных работ. Ориентир может стать стоимость 30 часов лидарного патрулирования (≈1,2 млн. руб.).

4. Цифровизация с обратной связью. Внедрение систем искусственного интеллекта для прогнозирования аварий должно сопровождаться сокращением времени от обнаружения дефекта до выдачи ремонтного задания. Без этого «умные» алгоритмы остаются декоративными.

5. Ускоренная замена арматуры старше 30 лет с переходом на надземные «умные устройства» с функцией дистанционного контроля и встроенными датчиками давления.

Как показывает мировая практика, в том числе трансформация постсоциалистических экономик, без синхронизации формальных норм и реальных процедур исполнения любые инвестиции в технологии дают существенно меньший эффект, чем ожидается. В газотранспортной отрасли это означает, что борьба с коррозией и аварийностью должна начинаться не с трубы, а с правил её обслуживания, мониторинга и обновления. Особое внимание следует уделять не только техническому состоянию, но и фактической работе институциональных механизмов от штрафов до междиагностических интервалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ким А.Ю. Анализ работы системы газоснабжения населенного пункта // Вестник магистратуры. 2021. № 1-5 (112). С. 48-54.

2. Аксенов С.Г., Киселева Е.А. Мероприятия по обеспечению пожарной

безопасности газовой котельной // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2022. № 10. С. 118-129.

3. Услугина А.С. Основные причины возникновения аварий и инцидентов на газопроводах // Вестник науки. 2024. № 11 (80). С. 1537-1541.

4. Медведева О.Н., Чиликин А.Ю. Определение вероятности возникновения аварий на сетях газораспределения и газопотребления // Вестник МГСУ. 2021. № 10. С. 1363-1377.

5. Лепеш Г.В. Прогнозирование рисков отказов в газораспределительных сетях // ТТПС. 2020. № 1 (51). С. 23–33.

6. Сазанов В.В., Шеногин М.В. Прокладка полиэтиленовых газопроводов среднего давления, их нормативные требования и особенности // Вестник магистратуры. 2025. № 5-3 (164). С. 9-12.

© Утарбаева Д.С., Попова Е.В., 2026

УДК 678

Галлямова Э.Л., Заманова Н.А.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация

e-mail: elinagallymova2005@yandex.ru

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ ЛИТЕЙЩИКА ПЛАСТМАСС НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. В работе приведены итоги анализа условий труда специалиста по литье пластмасс, функционирующего в рамках нефтехимического производства. Значимость темы продиктована совокупным влиянием на персонал таких вредных аспектов, как химические агенты, физические перегрузки и психофизиологические факторы. Цель – предложить комплекс организационно-

технических решений, направленных на создание безопасной среды для литейщика пластмасс.

Ключевые слова: охрана труда, литейщик пластмасс, вредные производственные факторы, специальная оценка условий труда, профессиональный риск, средства индивидуальной защиты.

Gallyamova E.L., Zamanova N.A.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

ENSURING SAFE WORKING CONDITIONS AT THE PLASTICS MOLDING WORKPLACE IN THE PETROCHEMICAL INDUSTRY

Abstract. The paper presents the results of an analysis of the working conditions of a plastic molding specialist working in a petrochemical production facility. The significance of the topic is driven by the combined impact of harmful factors such as chemical agents, physical stress, and psychophysiological factors on the workforce. The goal is to propose a set of organizational and technical solutions aimed at creating a safe environment for plastic molding specialists.

Keywords: occupational safety, plastic mold maker, harmful production factors, special assessment of working conditions, professional risk, personal protective equipment.

Специалист по литью пластмасс считается одной из центральных профессий в сфере переработки полимеров. Его трудовая деятельность неразрывно связана с эксплуатацией термопластавтоматов – сложного оборудования, функционирующего под высоким давлением и при повышенных температурах. Технологический цикл литья под давлением сопровождается выделением летучих вредных соединений, интенсивным шумом, избыточным

тепловыделением, а также требует от работника физической выносливости и устойчивого внимания.

Обеспечение безопасных условий для таких сотрудников – важная задача, так как продолжительное воздействие неблагоприятных факторов способно провоцировать возникновение профессиональных патологий и производственных травм [3].

Актуальность исследования подтверждается стабильным спросом на подобных специалистов на региональном рынке труда. Так, по данным сервисов по поиску работы в Республике Башкортостан предприятия активно ищут литейщиков пластмасс и родственных профильных работников – прессовщиков, наладчиков, термопластавтоматов. В г. Уфа требуются сотрудники для работы на гидравлических прессах, в АО «Уфимское агрегатное производственное объединение», а г. Бирск – наладчики литьевых машин для выпуска пластиковых изделий.

Значительное количество вакансий от прямых работодателей говорит не только о востребованности данной профессии, но и о необходимости регулярного совершенствования рабочих условий с целью привлечения и закрепления квалифицированных кадров в региональном нефтехимическом комплексе.

На объектах нефтехимической отрасли стандартный набор опасных (вредных) производственных факторов включает: химические (токсичные вещества, пары, аэрозоли), физические (шум, вибрация, перепады температур, электромагнитные поля), а также факторы, связанные с механизацией, перемещением грузов и высотой (падение предметов, термические или химические ожоги, поражение током, ДТП, падение с высоты, обрушение конструкций) [4].

Химические факторы представлены токсичными компонентами – парами и газами, содержащими сероводород, углеводороды и прочие опасные соединения, способные вызывать острые отравления либо хронические болезни;

а также аэрозолями, например мелкодисперсными системами, которые проникают в дыхательные пути [3].

Физические факторы включают: шум и инфразвук – высокий уровень шума обусловлен работой насосов, компрессоров, турбин. По имеющимся данным, инфразвук может провоцировать нарушения слуха и сбои в работе сердечно-сосудистой системы. Следующий фактор – вибрация (общая и локальная), возникающая при работе механизмов и ведущая к патологиям опорно-двигательного аппарата. Также к физическим относят температурный фактор: работа в условиях перегрева (вблизи печей) или на холоде (в зимний период на открытом воздухе) чревата тепловым ударом либо обмороженным. Отдельно стоит выделить – воздействие электромагнитных полей технологического оборудования, а также ионизирующего излучения, появляющиеся при неразрушающем контроле оборудования, что требует особых мер предосторожности.

Изложенные сведения подчеркивают необходимость разработки и неукоснительного выполнения комплекса профилактических и защитных мероприятий по оптимизации условий труда, включая использование СИЗ и регулярный мониторинг производственной среды в соответствии с требованиями охраны труда. Специальная оценка условий труда регламентируется Федеральным законом от 28.12.2013 № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» [1].

Таблица 1

Результаты оценки условий труда по вредным (опасным) производственным факторам

Наименование факторов производственной среды и трудового процесса	Класс (подкласс) условий труда	Эффективность СИЗ, +/-/не оценивалась	Класс (подкласс) условий труда при эффективном использовании СИЗ
Химический	2	не оценивалась	
Биологический	-		
Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия	3.1	не оценивалась	

Окончание табл. 1

Шум	3.1	не оценивалась	
Инфразвук	-		
Ультразвук воздушный	-		
Вибрация общая	-	не оценивалась	
Вибрация локальная	-		
Неионизирующие излучения	-		
Ионизирующие излучения	-		
Параметры микроклимата	3.1	не оценивалась	
Параметры световой среды	2	не оценивалась	
Тяжесть трудового процесса	-	не оценивалась	
Напряженность трудового процесса	2	не оценивалась	
Итоговый класс (подкласс) условий труда	3.2	*не заполняется*	3.2

Из данных таблицы 1 видно: по итогам спецоценки рабочему месту литейщику пластмасс присвоен итоговый класс вредности 3.2

Для минимизации негативного воздействия перечисленных вредных и опасных производственных факторов предлагаются следующие инженерные решения: модернизация вентиляционной системы; расчет потребного воздухообмена для удаления вредных примесей (пластмассовая пыль) и избыточного тепла; уменьшение уровня шума; обеспечение персонала средствами индивидуальной защиты; а также организационные мероприятия.

Согласно Приложения к Приказу Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 11.08.2011 № 906н, литейщику пластмасс полагается следующий бесплатный комплект средств индивидуальной защиты, приведенный в таблице 2 [2].

Таблица 2

Перечень СИЗ, полагающихся литейщику пластмасс

Наименование СИЗ	Количество
Костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий	3
Куртка суконная	3 на 2 года
Белье нательное	3 комплекта
Ботинки кожаные с защитным подноском	2 пара на 2 года
Перчатки резиновые	6 пар
Перчатки с полимерным покрытием	12 пар
Перчатки трикотажные с точечным покрытием	12 пар
Каска защитная	1 на 2 года
Подшлемник под каску	1
Очки защитные	До износа
Наушники противошумные	До износа
Маска со сменными фильтрами	До износа
Костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий (утепленный)	3
Белье нательное утепленное	2 комплекта

Помимо выдачи средств индивидуальной защиты, для литейщика пластмасс необходимо регулярно проводить инструктажи по технике безопасности и правилам эксплуатации СИЗ. Работник должен быть обучен корректному использованию защитных средств (включая респираторы со сменными фильтрами и противошумные наушники), а также действиям в аварийных ситуациях – при разгерметизации оборудования, возгорании полимеров или отказе вентиляции.

Резюмируя, обеспечение безопасности литейщика пластмасс требует комплексного подхода: от модернизации термопластавтоматов и внедрения автоматического контроля загазованности до неукоснительного соблюдения технологических инструкций. Снижение класса условий труда с 3.2 до допустимого (2 класса) возможно при условии инвестиций в локальную вытяжную вентиляцию и совершенствование систем шумопоглощения.

Реализация этих мер позволит свести к минимуму риск профессиональных патологий органов дыхания и слуха на предприятиях по переработке пластмасс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О специальной оценке условий труда: Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ // Собрание законодательства РФ. 2013. № 52. Ст. 6965.
2. Об утверждении Типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам нефтяной промышленности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда : приказ Минздравсоцразвития России от 11.08.2011 № 906н. Москва, 2011.
3. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. М.: Изд-во стандартов, 2018. 14 с.
4. Девисилов В.А. Охрана труда: учебник для вузов. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. 512 с.

© Галлямова Э.Л., Заманова Н.А., 2026

УДК 351.78

Байгутлина Д.Х., Багаутдинова Г.Г.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: bagau85@mail.ru

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТРАВМАТИЗМ В МЕТАЛЛУРГИИ: РИСКИ ДЛЯ СЛЕСАРЯ ПО СБОРКЕ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ И СПОСОБЫ ИХ СНИЖЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные проблемы производственного травматизма в металлургической отрасли, внимание уделяется анализу рисков

для слесаря по сборке металлоконструкций. Металлургическое производство, являясь одной из наиболее технологически сложных отраслей, характеризуется наличием множества опасных и вредных производственных факторов. Статистический анализ выявил основные причины травматизма, которые включают технические, организационные, санитарно-гигиенические и психофизиологические факторы. В работе изучались методы снижения производственного травматизма, включая совершенствование технического оснащения, повышение безопасности и улучшение условий труда. Предложены мероприятия по минимизации производственных рисков.

Ключевые слова: металлургия, профессиональные риски, опасные факторы, производственная защита, условия труда, слесарь.

Baigutlina D.Kh., Bagautdinova G.G.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

OCCUPATIONAL INJURIES IN METALLURGY: RISKS FOR A FITTER ASSEMBLING METAL STRUCTURES AND WAYS TO REDUCE THEM

Abstract. The article discusses current problems of occupational injuries in the metallurgical industry, focusing on the analysis of risks for a fitter assembling metal structures. Metallurgical production, being one of the most technologically complex industries, is characterized by the presence of numerous hazardous and harmful occupational factors. Statistical analysis has identified the main causes of injuries, which include technical, organizational, sanitary-hygienic, and psychophysiological factors. The study examined methods for reducing occupational injuries, including improving technical equipment, enhancing safety, and improving working conditions. Measures to minimize occupational risks are proposed.

Keywords: metallurgy, occupational risks, hazardous factors, industrial safety, working conditions, fitter.

Металлургическое производство относится к отраслям с повышенным уровнем производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, это связанно с высокой концентрацией опасных производственных объектов, интенсивностью технологических процессов и воздействующих на работников вредных факторов [1, 2]. В структуре механосборочных производств одной из наиболее распространенных, но в то же время уязвимых с позиции охраны труда профессией является слесарь по сборке металлоконструкций, выполняющий комплекс операций по подготовке, обработке, подгонке и монтажу деталей.

Целью работы является анализ производственного травматизма, определение профессиональных рисков и разработка инженерно-технических и организационных мероприятий, направленных на снижение рисков и улучшение условий труда на рабочем месте.

Согласно данным статистики за 2024 год, при средней численности работников металлургической отрасли 567 561 человек было зарегистрировано 843 несчастных случая на производстве, из которых 35 – со смертельным исходом, 19 случаев профессиональных заболеваний [3]. При сравнение с общероссийскими показателями, коэффициент частоты травматизма для металлургии составил 1,485, а коэффициент частоты травматизма со смертельным исходом – 0,062, что значительно ниже средних значений по всем отраслям промышленности (1,98 и 0,320). Таким образом, отрасль не является лидером по производственному травматизму, однако это не отменяет наличие вредных производственных факторов, характерных для металлургии (шум, пыль, вибрация), это требует пристального внимания к условиям труда.

Для более детальной оценки реального состояния охраны труда в металлургии необходимо рассмотреть показатели травматизма на конкретном

предприятии – ПАО «ЕВРАЗ НТМК», производственную зону слесаря по сборке металлоконструкций. Анализ данных за период 2019-2024 гг. показал, что количество несчастных случаев на производстве на данном предприятии находится на крайне низком уровне, а случаи профессиональной заболеваемости также носят единичный характер. Данные показатели свидетельствуют о высоком уровне функционирования системы управления охраной труда на предприятии, это выражается в эффективной профилактике травматизма и контроля за условиями труда. Но даже при таких показателях, статистические показатели на отдельных рабочих местах слесаря по сборке металлоконструкций сохраняют вредные производственные факторы, которые требуют дополнительных мер защиты.

Деятельность слесаря по сборке металлоконструкций сопряжена с воздействием факторов, способных привести к механическим повреждения различной степени тяжести. В таблице 1 приведены фактические и нормативные показатели основных производственных факторов, влияющих на уровень травматизма.

Таблица 1

Уровни травмоопасных факторов на рабочем месте слесаря по сборке металлоконструкций

Наименование факторов производственной среды	Фактическое значение фактора	Нормативное значение фактора	Класс (подкласс) условий труда
Химический	-	-	3.1
Пыль неорганическая (пыль металлов)	10 мг/м3	12,3 мг/м3	3.1
Шум	87 дБА	80 дБА	3.1
Инфразвук	-	-	-
Ультразвук воздушный	-	-	-
Вибрация общая	-	-	-
Вибрация локальная	-	-	-
Неионизирующие излучения	-	-	-
Ионизирующие излучения	-	-	-
Параметры микроклимата:	-	-	-

Окончание табл. 1

Наименование факторов производственной среды	Фактическое значение фактора	Нормативное значение фактора	Класс (подкласс) условий труда
температура	-	-	-
относительная влажность воздуха	-	-	-
скорость движения воздуха	-	-	-
Параметры световой среды:			2
освещенность рабочей поверхности при искусственном освещении	320 лк	300 лк	2

Таким образом, проанализировав условия труда на рабочем месте слесаря по сборке металлоконструкций, установили, что основными ОВПФ являются химический фактор (пыль металлов) с превышение ПДК в 1,23 раза. Со стороны шума превышения составляет 7 дБА. Превышение шумовой нагрузки снижает слуховой контроль за производственной обстановкой [4]. Таким образом, по результатам СОУТ рабочее место слесаря по сборке металлоконструкций отнесено к классу условий труда 3.1.

Следующим этапом являлась оценка профессиональных рисков травматизма на рабочем месте слесаря по сборке металлоконструкций с применение матричного метода. Данный метод основан на соотношение двух параметров: вероятности наступления травматирующего события и тяжести его последствий, каждому из которых присваивается соответствующий балл, а итоговый уровень риска определяется их произведением [5]. В таблице 2 представлены результаты идентификации опасностей с оценкой вероятности и тяжести возможных травм, а также предложены мероприятия по снижению выявленных *рисков.*

Таблица 2

Оценка профессиональных рисков травматизма и мероприятия по их снижению на рабочем месте слесаря по сборке металлоконструкций

Опасность	Вероятность (балл)	Тяжесть последствий (балл)	Уровень риска	Класс риска	Мероприятия по снижению
Воздействие движущихся частей оборудования	2 (маловероятно)	4 (тяжелая травма)	8	Средний	Ограждение опасных зон, блокировочные устройства
Порезы острыми кромками и заусенцами	2 (маловероятно)	3 (значительная)	6	Средний	Использование перчаток, своевременная зачистка деталей
Падение с высоты	1 (весьма маловероятно)	4 (тяжелая травма)	4	Низкий	Использование страховочных систем
Поскальзывание на мокром полу	2 (маловероятно)	2 (незначительная)	4	Низкий	Противоскользящие покрытия, своевременная уборка
Травмы при перемещении тяжестей	2 (маловероятно)	3 (значительная)	6	Средний	Механизация погрузочно-разгрузочных работ, грузоподъёмные устройства

Как видно из таблицы 2, наибольший уровень риска (8 баллов) формируют такие опасности, как воздействие движущихся частей оборудования. На основе проведенной оценки были разработаны соответствующие мероприятия по снижению выявленных рисков, которые также приведены в таблице. Таким образом, итоговая оценка профессиональных рисков травматизма для слесаря по сборке металлоконструкций характеризуется как допустимая, однако реализация предложенных мероприятий позволит дополнительно снизить уровень травмоопасности на рабочем месте [6].

Таким образом, металлургическая отрасль демонстрирует средние показатели производственного травматизма, а на ПАО «ЕВРАЗ НТМК» зафиксирован низкий уровень несчастных случаев, что говорит об эффективной системе охраны труда на предприятии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трудовой кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 30.12.2001 № 197 – ФЗ. Москва: Проспект, 2024.
2. О специальной оценке условий труда: Федеральный закон от 28.12.2013 № 426 – ФЗ (ред. от 24.07.2023) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2013.
3. Показатели производственного травматизма в промышленности РФ за 2024 год. / Федеральная служба государственной статистики. Москва: Росстат, 2025.
4. ГОСТ 12.1.003-83 Шум. Общие требования безопасности. Москва: Стандартинформ, 2019.
5. Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков: Приказ Минтруда России от 28.12.2021 № 926.
6. ГОСТ Р 58771-2019. Менеджмент риска. Технологии оценки риска. Москва: Стандартинформ, 2019.

© Байгутлина Д.Х., Багаутдинова Г.Г., 2026

УДК 004.942

Манабаев К.К., Павлов М.С., Холодная Г.Е.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Российская Федерация

e-mail: holodnaya@tpu.ru

ЭКСПЕРТИЗА АВАРИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ: ЛАЗЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ И ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ

Аннотация. Представлена методика экспертизы промышленной безопасности оборудования в аварийных и предаварийных режимах, основанная на совместном использовании данных лазерного сканирования (фактическая

геометрия объекта) и численного моделирования (прочность, гидродинамика, теплоперенос). Методика включает пять последовательных этапов – от подготовки объекта и сканирования до интерпретации результатов.
Ключевые слова: экспертиза аварий, лазерное сканирование, численное моделирование, фактическая геометрия, остаточный ресурс.

Manabaev K.K., Pavlov M.S., Kholodnaya G.E.
National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation

EXAMINATION OF INDUSTRIAL ACCIDENTS: LASER SCANNING AND ENGINEERING ANALYSIS

Abstract. A methodology for the examination of industrial safety of equipment in emergency and pre-emergency conditions is presented, based on the combined use of laser scanning data (the actual geometry of the object) and numerical modeling (strength, hydrodynamics, heat transfer). The technique includes five consecutive stages – from object preparation and scanning to interpretation of the results.
Keywords: accident expertise, laser scanning, numerical modeling, actual geometry, residual resource.

Обеспечение техносферной безопасности в условиях эксплуатации потенциально опасных производственных объектов требует мониторинга состояния оборудования и прогнозирования его поведения в штатных и аварийных режимах. Своевременный контроль геометрии опасных производственных объектов, включая мониторинг деформированного состояния в процессе эксплуатации, позволяет выявлять критические отклонения на ранних стадиях и предотвращать развитие аварийных состояний. Решить задачу оперативного и точного получения реальной геометрии позволяют средства

лазерного сканирования. Существующие стандартные методики расчета конструкции, как правило, основаны на использование проектной геометрии, имеющей номинальные размеры. Реальные конструкции имеют отклонения от проектной формы и номинальных размеров, что может привести к снижению несущей способности, но также содержать различные дефекты. Учёт этих отклонений и дефектов позволяет уточнить результаты расчёта. В настоящее время нет единой процедуры, связывающей облако точек, полученного при сканировании объекта с последующим комплексным инженерным анализом.

Цель настоящего доклада – представить вариант методики экспертизы промышленной безопасности оборудования, работающего в аварийном и предаварийном режимах. Методика основана на совместном использовании данных лазерного сканирования (фактическая геометрия объекта) и численного моделирования, включающего прочностные, гидравлические и тепловые расчёты. Представленная методика ориентирована на специалистов служб промышленной безопасности, проектных организаций и может быть использована в учебном процессе.

В исследовании авторов работы [1] применялось наземное лазерное сканирование для диагностики стенок вертикальных стальных резервуаров. По облаку точек строилась 3D-модель, затем в Ansys Mechanical выполнялся анализ напряжённо-деформированного состояния. Выявлены локальные зоны превышения допустимых напряжений в местах коррозии. Приведенная методика не учитывает возможности проведения гидравлического и теплового анализа.

Авторы работы [2] выполнили 3D-моделирование участка магистрального газопровода с различными дефектами (вмятины, овальность) в ANSYS Fluent. Решались уравнения Навье–Стокса с моделью турбулентности Лаундера – Шармы. Результаты показали локальное ускорение потока и падение давления на 12-15 % по сравнению с идеальным круглым сечением. Однако авторы не

использовали реальные данные лазерного сканирования и сам расчёт не был увязан с прочностной оценкой стенок трубы [2].

В документации ПО Ansys описана следующая методика анализа: данные с 3D-лазерного сканера импортируются в Ansys Mechanical, где выполняется вероятностный анализ малоцикловой усталости для оценки разброса расчетного ресурса, используется метод Монте-Карло. Тем не менее, этот подход не включает гидродинамическую часть [3].

Анализ приведённых примеров показывает, что в настоящее время существует разрыв между лазерным сканированием как средством диагностики и междисциплинарным моделированием. Отсутствует единая, воспроизводимая процедура, которая бы связывала облако точек с расчётами прочности, гидродинамики и теплопереноса.

Предлагаемая методика направлена на устранение разрыва между реальной геометрией объекта, полученной по данным лазерного сканирования, и численным моделированием, которое традиционно использует идеализированную проектную геометрию. Методика включает пять последовательных этапов.

Этап 1 – Подготовка объекта к сканированию. Поверхность очищается от коррозии, окалины и отслаивающихся покрытий, чтобы лазерный сигнал соответствовал именно несущему металлу. На объекте размещаются реперные марки, а для протяжённых объектов дополнительно фиксируются контрольные точки с помощью тахеометра. Контролируются внешние условия (температура, запылённость, вибрации) и выбирается разрешение сканирования: высокое разрешение в зонах предполагаемых концентраторов напряжений, более грубое разрешение для оценки общей геометрии. Данный этап обеспечивает точность сканирования.

Этап 2 – Сканирование и первичная обработка. После завершения подготовки выполняется сканирование. Полученные облака точек фильтруются

статистически (SOR-алгоритм) для удаления шумов. Затем отдельные облака сшиваются в единую модель с помощью ICP-алгоритма по реперным маркам; контролируется, чтобы среднеквадратичная ошибка регистрации укладывалась в требуемый диапазон.

Этап 3 – Преобразование в расчётную геометрию. Облако точек, полученное на этапе 2, передается в специализированное программное обеспечение (ПО) для построения поверхностной геометрии. Полученная поверхность сглаживается. Настройки фильтрации выбираются таким образом, чтобы измеренные дефекты не были удалены. Далее поверхность преобразуется в твердотельную модель.

Этап 4 – Конечно-элементный инженерный анализ. Твердотельная модель разбивается на конечно-элементную сетку. Задаются свойства материала, граничные условия (давление, вес, сейсмика и т.д.). Решается задача напряжённо-деформированного состояния (НДС), по которой оценивается прочность конструкции, остаточный режим и т.д. Для гидравлического анализа к геометрии, полученной 3D-сканированием, достраивается проточная часть, которая разбивается на конечно-элементную сетку, решаются уравнения движения жидкости и газа. В случаи необходимости теплового анализа сначала рассчитывается температурное поле, которое используется для граничных условий при прочностном анализе. Также возможно решения связанных задач.

Этап 5 – Интерпретация результатов. Результаты выводятся в виде таблиц и карт распределения напряжений, деформаций, скоростей, давлений и т.д. Выявляются опасные зоны. Выполняется обязательное сравнение с расчётом по идеализированной (проектной) геометрии того же объекта. На основе этого сравнения формулируется заключение о допустимости дефектов, остаточном ресурсе и рекомендациях.

Описанные выше пять этапов образуют основную идею методики. Каждый этап подразумевает возможность корректировки модели с помощью механизма

обратных связей. Указанный механизм состоит из следующих операций: если обнаруживается несоответствие размеров – возврат к этапу 2. Если в сравнении с идеальной геометрией (этап 5) выявляется высокая чувствительность к мелкому дефекту – возможно, проводится повторное сканирование с более высоким разрешением (возврат к этапу 2).

Приведенная методика апробирована и доработана на серии расследований аварийных ситуаций на объектах нефтяной и нефтехимических отраслей. Опыт применения методики позволяет утверждать, что её использование существенно повышает достоверность экспертизы промышленной безопасности, сокращает время на выявление критических дефектов. Методика может быть использована при расследовании причин аварий как инструмент многовариантного анализа сценариев отказа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ганиев Т.А. Исследование состояния стенок резервуара при помощи технологии наземного лазерного сканирования / Т.А. Ганиев, Т.Б. Минниахметов, С.Л. Сабанов, А.В. Малышева // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2025. №4. С. 115-124.

2. Doroshenko Ya.V. The study of the stress-strain state of trunk gas pipeline sections with defects in the shape of the cross-section of the pipe / Ya.V. Doroshenko, L.D. Pylypiv, K.A. Poliarush, Yu.I. Doroshenko// Journal of Hydrocarbon Power Engineering. 2017. Vol. 4. № 2. P. 68-79.

3. Stalmach O. Conversion of data from the laser scanner to the Ansys Workbench / O. Stalmach, A. Sapietova, V. Dekys, P. Sulka // MATEC Web of Conferences. 2019. Vol. 244. Article number 02003.

© Манабаев К.К., Павлов М.С., Холодная Г.Е., 2026

УДК 613.63:621.51

Левченко Ю.М., Нурутдинов А.А.
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: yulya-levchenko-2021@mail.ru

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ МАШИНИСТА КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация. В работе проведен анализ опасных и вредных производственных факторов, воздействующих на машиниста компрессорных установок нефтехимического предприятия. Выполнена оценка условий труда по результатам специальной оценки условий труда, идентифицированы профессиональные риски матричным методом. Предложены инженерно-технические и организационные мероприятия по снижению уровня шума и улучшению условий труда.
Ключевые слова: компрессорная установка, условия труда, шум, профессиональный риск, звукопоглощающая облицовка, средства индивидуальной защиты.

Levchenko Y.M., Nurutdinov A.A.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

ENSURING SAFE WORKING CONDITIONS AT THE WORKPLACE OF THE OPERATOR OF COMPRESSOR UNITS OF A PETROCHEMICAL ENTERPRISE

Abstract. The analysis of dangerous and harmful production factors affecting the operator of compressor units of a petrochemical enterprise is carried out. An

assessment of working conditions was carried out based on the results of a special assessment of working conditions, and occupational risks were identified using the matrix method. Engineering, technical and organizational measures are proposed to reduce noise levels and improve working conditions.
Keywords: compressor unit, working conditions, noise, occupational risk, sound-absorbing cladding, personal protective equipment.

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [1], идентификация опасностей является первоочередным этапом обеспечения безопасности труда. В данном стандарте установлено, что опасные и вредные производственные факторы подразделяются по природе действия на физические, химические, биологические и психофизиологические. Машинист компрессорных установок ООО «Газпром нефтехим Салават» обеспечивает эксплуатацию поршневых компрессоров марки 5Г-300-42/60, предназначенных для циркуляции водородсодержащего газа в технологической схеме установки синтеза водорода. В круг его должностных обязанностей входят непрерывный контроль основных технологических параметров (давления, температуры и расхода), ведение эксплуатационной технической документации, а также непосредственное участие в выполнении ремонтных и пусконаладочных работ. Трудовой процесс протекает в помещении компрессорной станции, где размещены пять компрессорных агрегатов.

Согласно требованиям ГОСТ 12.0.003-2015 [1] на машиниста компрессорных установок могут оказывать воздействие следующие опасные и вредные производственные факторы: повышенный уровень шума (до 90 дБА), общая и локальная вибрация, химические вещества (диоксид серы, сероводород, пары углеводородов, оксид углерода), движущиеся части механизмов, повышенная температура поверхностей оборудования, опасность поражения

электрическим током, воздействие среды, находящейся под избыточным давлением, а также недостаточная освещённость рабочих зон.

Предприятия нефтехимического комплекса традиционно относятся к категории наиболее опасных объектов экономики. Как подчеркивается в современных гигиенических исследованиях, технологические процессы здесь связаны с обращением взрыво- и пожароопасных, а также высокотоксичных веществ и сопровождаются эксплуатацией мощного компрессорного и энергетического оборудования [4]. Рабочее место машиниста компрессорных установок отличается наличием широкого комплекса вредных производственных факторов, среди которых доминирующее положение занимает производственный шум, уровень которого достигает 90 дБА и существенно превышает установленные санитарные нормативы. Систематическое воздействие шума, превышающего предельно допустимый уровень, обусловливает развитие профессиональной тугоухости, занимающей значительное место в структуре профессиональной заболеваемости работников нефтеперерабатывающей и нефтехимической отраслей [2-4]. В связи с изложенным проблема обеспечения безопасных условий труда на указанном рабочем месте сохраняет высокую актуальность.

Цель и задачи исследования. Основной целью настоящей работы является разработка комплекса инженерно-технических и организационных мероприятий, направленных на обеспечение безопасных условий труда на рабочем месте машиниста компрессорных установок ООО «Газпром нефтехим Салават».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Выявить основные опасные и вредные производственные факторы, действующие на рабочем месте машиниста компрессорных установок, и дать характеристику их влияния на организм человека.

2. Провести оценку условий труда и идентификацию профессиональных рисков.

3. Разработать и обосновать мероприятия по снижению негативного воздействия вредных и опасных производственных факторов.

Характеристика вредных производственных факторов. Источником повышенного уровня шума на рассматриваемом рабочем месте служит работающее компрессорное оборудование, а также системы его охлаждения и газораспределения. Как отмечено в учебном пособии Козловского В.А., Козловского А.В. и Упорова О.Л. [3], шум интенсивностью 90 дБА вызывает выраженные физиологические реакции организма: учащение пульса, повышение артериального давления, спазм периферических сосудов. При продолжительном воздействии наблюдаются функциональные расстройства различных органов и систем: снижение слуховой чувствительности, нарушение деятельности желудочно-кишечного тракта, головные боли, постоянный шум в ушах. Систематическое превышение допустимых нормативов, установленных СанПиН 1.2.3685-21 [2], приводит к формированию профессионального заболевания – нейросенсорной тугоухости.

Поступление химических веществ в воздух рабочей зоны обусловлено наличием сырья – водородсодержащего газа, циркулирующего через компрессорное оборудование, трубопроводы и ёмкости. В составе воздуха рабочей зоны присутствуют пары сырой нефти, сероводород, ароматические углеводороды, диоксид серы и оксид углерода. Фактическая концентрация диоксида серы составляет 12,1 мг/м³ при предельно допустимой концентрации 10 мг/м³, регламентированной гигиеническими нормативами [2]. В статье Галимовой Р.Р., Каримовой Л.К., Мулдашевой Н.А. и соавторов [4] подчеркивается, что данное вещество обладает выраженным раздражающим действием на слизистые оболочки дыхательных путей, способно вызывать как

острые, так и хронические отравления, а также провоцирует развитие воспалительных заболеваний органов дыхания.

Источником общей и локальной вибрации являются работающие компрессорные агрегаты, передающие колебания на строительные конструкции здания и обслуживаемое оборудование. Длительное воздействие общей и локальной вибрации, согласно [3], приводит к развитию вибрационной болезни, проявляющейся нарушениями периферического кровообращения, функций центральной и периферической нервной системы, а также изменениями костно-суставного аппарата.

Таблица 1

Общая оценка условий труда по степени вредности и/или опасности факторов производственной среды и трудового процесса

Наименование факторов производственной среды и трудового процесса	Класс (подкласс) условий труда
Химический	3.1
Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия	3.1
Шум	3.2
Вибрация общая	3.1
Вибрация локальная	3.1
Параметры микроклимата	2
Параметры световой среды	2
Тяжесть трудового процесса	2
Напряженность трудового процесса	2
Итоговый класс (подкласс) условий труда	3.2

Как следует из данных таблицы 1, условия труда на рабочем месте машиниста компрессорных установок не отвечают государственным нормативным требованиям охраны труда. В соответствии с руководством Р 2.2.2006-05, итоговый класс условий труда соответствует вредным условиям труда второй степени (класс 3.2). При длительной экспозиции (15 и более лет) такие условия могут обусловливать развитие начальных форм профессиональных заболеваний либо профессиональных заболеваний лёгкой степени тяжести без утраты профессиональной трудоспособности.

Мероприятия по снижению негативного воздействия факторов. В целях снижения негативного воздействия вредных производственных факторов на машиниста компрессорных установок предлагается следующий комплекс мероприятий. Для снижения уровня шума рекомендуется устройство звукопоглощающей облицовки внутренних поверхностей помещения компрессорной. Расчёт выполнен в соответствии с требованиями СП 51.13330.2011 «Защита от шума» (актуализированная редакция СНиП 23-03-2003) [5]. Данный свод правил устанавливает нормы допустимого шума на территориях и в помещениях различного назначения. Для помещения размерами 30×25×6 м требуется снижение уровня шума на 10 дБА (с 90 до 80 дБА). В качестве звукопоглощающего материала, согласно расчётам, целесообразно применять акустические панели Akustiline Ampir на основе базальтового волокна с коэффициентом звукопоглощения 1,0. Необходимая площадь облицовки составляет 183 м². Внедрение указанного технического решения позволит довести эквивалентный уровень шума до нормативных значений, установленных СанПиН 1.2.3685-21 [2].

Для защиты от химического фактора и запылённости работнику следует обеспечивать средства индивидуальной защиты органов дыхания – маску со сменными фильтрами класса FFP2, а также средства защиты кожи – перчатки с полимерным покрытием, устойчивые к воздействию углеводородов. Согласно Приказу Минтруда России от 29.10.2021 № 767н «Об утверждении Единых типовых норм выдачи средств индивидуальной защиты и смывающих средств» [6] машинисту компрессорных установок полагаются: костюм из хлопчатобумажной ткани с огнезащитной пропиткой, защитная каска, защитные очки, противошумные наушники (SNR ≥ 30 дБ), кожаные ботинки с жёстким подноском, а также зимний комплект средств индивидуальной защиты для выполнения работ на открытом воздухе в холодный период года.

Организационные мероприятия предусматривают проведение всех видов инструктажей по охране труда, обучение безопасным методам и приёмам

работы, организацию предварительных и периодических медицинских осмотров в соответствии с Приказом Минтруда России № 988н и Минздрава России № 1420н, а также систематический контроль уровней шума и содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

В результате проведённого исследования выявлены основные опасные и вредные производственные факторы, воздействующие на рабочем месте машиниста компрессорных установок: повышенный уровень шума (90 дБА), химические вещества (в том числе диоксид серы с превышением ПДК в 1,21 раза) и вибрация. По итогам специальной оценки условий труда рабочему месту присвоен итоговый класс 3.2. Как отмечается в литературе [3, 4], подобные условия без реализации защитных мер способствуют формированию профессиональной патологии. Разработан комплекс мероприятий, включающий устройство звукопоглощающей облицовки внутренних поверхностей помещения общей площадью 183 м², рассчитанной по методике СП 51.13330.2011 [5] и обеспечивающей снижение уровня шума до 80 дБА, применение современных средств индивидуальной защиты в соответствии с действующими нормами [6], а также необходимые организационные меры по управлению профессиональными рисками. Реализация предложенных мероприятий позволит снизить класс условий труда по фактору «шум» с 3.2 до 2 и существенно уменьшить вероятность развития профессиональных заболеваний у машинистов компрессорных установок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. М.: Стандартинформ, 2016. 16 с.

2. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. М., 2021. 636 с.

3. Козловский В. А. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / В. А. Козловский, А. В. Козловский, О. Л. Упоров. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2013. 313 с.

4. Галимова Р.Р. Обоснование профилактики профессиональной заболеваемости работников нефтехимических производств / Р.Р. Галимова, Л.К. Каримова, Н.А. Мулдашева [и др.] // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98, № 9. С. 967-971.

5. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003. М.: Минрегион России, 2011. 46 с.

6. Об утверждении Единых типовых норм выдачи средств индивидуальной защиты и смывающих средств: приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 767н. М., 2021. 213 с.

© Левченко Ю.М., Нурутдинов А.А., 2026

УДК 504.064.36:628.5

Серый С.В., Вендина Т.Н., Жегулина М.А.
ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, Российская Федерация
e-mail: 1953169@bsuedu.ru

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Аннотация. В статье рассмотрена система производственного экологического контроля (ПЭК) на предприятии ЗАО «Русские протеины», специализирующемся на переработке отходов животного происхождения и производстве мясокостной муки. На основе данных инвентаризации 2024 года

представлен анализ 23 стационарных источников выбросов 54 загрязняющих веществ, включая специфические одоранты (меркаптаны, аммиак, сероводород). Обоснована роль ПЭК в минимизации техногенных рисков и обеспечении промышленной безопасности объекта II категории. Приведены результаты сравнительного анализа выбросов с предыдущей инвентаризацией, и оценка эффективности газоочистного оборудования.
Ключевые слова: производственный экологический контроль, промышленная безопасность, инвентаризация выбросов, отходы животного происхождения, одоранты, газоочистное оборудование, санитарно-защитная зона.

Seryy S.V., Vendina T.N., Zhegulina M.A.
Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

ORGANIZATION OF INDUSTRIAL ENVIRONMENTAL CONTROL AS A TOOL FOR ENSURING INDUSTRIAL SAFETY AT AN ANIMAL WASTE PROCESSING ENTERPRISE

Abstract. The article considers the system of industrial environmental control (IEC) at the enterprise CJSC «Russian Proteins», specializing in the processing of animal waste and the production of meat and bone meal. Based on the 2024 inventory data, an analysis of 23 stationary emission sources of 54 pollutants is presented, including specific odorants (mercaptans, ammonia, hydrogen sulfide). The role of IEC in minimizing technogenic risks and ensuring industrial safety of a Category II facility is substantiated. The results of a comparative analysis of emissions with the previous inventory and an assessment of the efficiency of gas cleaning equipment are presented.
Keywords: industrial environmental control, industrial safety, emission inventory, animal waste, odorants, gas cleaning equipment, sanitary protection zone.

Введение. Предприятия по переработке отходов животного происхождения относятся к объектам повышенного экологического риска, что обусловлено спецификой перерабатываемого сырья и образованием широкого спектра загрязняющих веществ, обладающих неприятным запахом (одорантов) [1].

ЗАО «Русские протеины» эксплуатирует комплекс по переработке отходов животного происхождения и выработке мясокостной муки в Прохоровском районе Белгородской области (код объекта НВОС 14-0131-000510-П, II категория) [2]. В 2024 году проведена плановая инвентаризация стационарных источников выбросов в связи с проектированием отделения рафинации жира и реконструкцией цеха по восстановлению протеина из пера и крови.

Целью работы является анализ обновленной системы производственного экологического контроля предприятия как ключевого элемента обеспечения промышленной безопасности.

Материалы и методы. Исследование базируется на анализе отчета по инвентаризации стационарных источников и выбросов загрязняющих веществ ЗАО «Русские протеины» за 2024 год [2], Программы ПЭК, а также протоколов инструментальных измерений аккредитованной лаборатории ООО «ЭКО центр» (№ РОСС RU.0001.514506). Применялись методы системного и сравнительного анализа, статистической обработки данных.

Результаты и обсуждение.

1. Результаты инвентаризации источников выбросов. По итогам инвентаризации 2024 года на предприятии выявлено 23 источника загрязнения атмосферного воздуха (18 организованных, 5 неорганизованных). Суммарный валовый выброс составляет 41,086 т/год по 54 загрязняющим веществам [2].

Структура выбросов по классам опасности: 1 класс – 1 вещество (бенз/а/пирен – 0,000005 т/год), 2 класс – 13 веществ, 3 класс – 21 вещество, 4 класс – 9 веществ. Наибольшую опасность с точки зрения промышленной

безопасности представляют специфические одоранты: дигидросульфид (сероводород) – 0,933 т/год, аммиак – 1,803 т/год, метантиол (метилмеркаптан) – 0,200 т/год, а также пыль мясокостной муки – 0,983 т/год [2].

По сравнению с предыдущей инвентаризацией 2021 года количество источников выбросов увеличилось за счет ввода новых производственных участков (отделение рафинации, цех переработки пера и крови). Соответственно возрос и перечень выбрасываемых веществ – с 45 до 54 наименований.

2. Газоочистное оборудование и его эффективность. Ключевым элементом системы обеспечения промышленной безопасности являются два котла-утилизатора (UMISA CRS-60 и CR-14.1), обеспечивающие термическое окисление газовоздушной смеси при температуре 650-900 °С.

Эффективность очистки, определенная инструментальными измерениями, составляет: по аммиаку – 86,9-89,0%, по сероводороду – 86,7-89,5%, по метилмеркаптану – 81,9-85,2%, по взвешенным веществам – 91,3-92,9% [2].

Фактический коэффициент обеспеченности газоочисткой составляет 100%, что соответствует нормативным требованиям. Дополнительно в цехе переработки пера и крови применяются скрубберы с химической системой очистки воздуха (растворы H_2SO_4, NaOH, NaOCl), соответствующие наилучшим доступным технологиям [3].

3. Производственный контроль и мониторинг атмосферного воздуха. Согласно плану-графику, инструментальные измерения на ключевых источниках (котлы-утилизаторы, вытяжная вентиляция) проводятся аккредитованной лабораторией с периодичностью 1 раз в год (категория 3Б).

Для неорганизованных источников применяются расчетные методы. На границе ориентировочной СЗЗ (1000 м, предприятие 1 класса опасности по СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03) организованы 4 контрольные точки мониторинга атмосферного воздуха. Ближайшая нормируемая территория – с. Жимолостное на расстоянии 905 м [2].

В 2024 году превышений гигиенических нормативов на границе СЗЗ не зафиксировано, что подтверждает эффективность действующей системы ПЭК.

4. Сравнительный анализ выбросов 2021 и 2024 гг. В таблице 1 представлены изменения по основным загрязняющим веществам.

Таблица 1

Сравнение валовых выбросов основных ЗВ, т/год
(составлено автором на основе [2])

Загрязняющее вещество	Код	2021 г.	2024 г.	Изменение, %
Аммиак	303	1,789	1,803	+0,8
Дигидросульфид	333	0,925	0,933	+0,9
Метантиол	1715	0,199	0,200	+0,5
Пыль мясокостной муки	2913	0,960	0,983	+2,4
Взвешенные вещества	2902	2,354	2,354	0

Незначительное увеличение выбросов связано с расширением производства, при этом эффективность газоочистки позволила удержать рост в пределах 0,5-2,4%.

Выводы:

1. Система производственного экологического контроля ЗАО «Русские протеины» соответствует требованиям для объектов II категории НВОС и обеспечивает эффективное управление техногенными рисками.

2. Применение термического окисления в котлах-утилизаторах и химической очистки в скрубберах обеспечивает снижение выбросов одорантов на 82-93%.

3. Регулярный мониторинг на границе СЗЗ подтверждает отсутствие превышений гигиенических нормативов, что гарантирует безопасность для здоровья персонала и населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об охране атмосферного воздуха: Федеральный закон № 96-ФЗ: [принят Гос. Думой 2 апр. 1999 г.: одобр. Советом Федерации 22 апр. 1999 г.]: в ред. от 08.08.2024. М.: Кодекс, 2024. 32 с.

2. Отчет по инвентаризации стационарных источников и выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух для комплекса по переработке

отходов животного происхождения и выработки мясокостной муки ЗАО «Русские протеины». Курск: ООО «ЕЦСИЗ», 2024. 202 с.

3. ИТС 22–2016. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), выполнении работ и услуг на крупных предприятиях. М.: Бюро НДТ, 2016. 198 с.

4. Об утверждении Порядка проведения инвентаризации стационарных источников и выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух: приказ Минприроды России от 19.11.2021 № 871. М.: Минприроды России, 2021. 45 с.

5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов: санитарно-эпидемиологические правила и нормативы: (с изм. на 25.04.2014). М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008. 48 с.

6. ГОСТ Р 56062–2014. Производственный экологический контроль. Общие положения. М.: Стандартинформ, 2015. 12 с.

© Серый С.В., Вендина Т.Н., Жегулина М.А., 2026

УДК 614.8.084

Антонюк А.Б., Ахмеров В.В.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация

e-mail: sayapova-angelina@ya.ru

ОЦЕНКА ВЗРЫВООПАСНОСТИ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В РЕЗЕРВУАРАХ ИЗ СТАЛИ И БАЗАЛЬТОПЛАСТИКА

Аннотация. Рассмотрен базальтопластик как один из перспективных композитных материалов для резервуара хранения нефти и нефтепродуктов. На основе методики В.П. Сучкова проведена сравнительная оценка уровня

взрывоопасности технологической системы резервуар-легковоспламеняющаяся жидкость для стального резервуара и резервуара из базальтопластика. Показано, что уровень взрывоопасности Z снижается с 0,188 (для стали) до 0,0208 (для базальтопластика).

Ключевые слова: нефтепродукты, полимерные композитные материалы, методика расчета, мероприятия.

Antonyuk A.B., Akhmerov V.V.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation,

ASSESSMENT OF THE EXPLOSIVE DANGER OF STORING OIL AND OIL PRODUCTS IN STEEL AND BASALT PLASTIC TANKS

Abstract. Basalt plastic is considered as one of the promising composite materials for oil and petroleum product storage tanks. Based on V.P. Suchkov's methodology, a comparative assessment of the explosion hazard level of the tank-flammable liquid technological system for a steel tank and a basalt plastic tank was conducted. It was shown that the explosion hazard level Z decreases from 0.188 (for steel) to 0.0208 (for basalt plastic) in July.

Keywords: petroleum products, polymer composite materials, calculation methodology, measures.

Стальные вертикальные резервуары (РВС) остаются основным типом емкостей для хранения нефти и нефтепродуктов в России. Однако их эксплуатация сопряжена с рядом неустранимых недостатков: коррозия, образование пирофорных отложений, усталостные разрушения сварных швов, значительные потери продукта от испарения, высокие затраты на ремонт и защиту. По данным Ростехнадзора и ЕМИСС [1], за 2014–2024 гг. произошло 55

аварий на стальных резервуарах, где в 60% случаев аварии сопровождались взрывом и пожаром. Суммарный экономический ущерб от наиболее крупных инцидентов составил сотни миллионов рублей, а человеческие жертвы – десятки человек.

В настоящее время альтернативой стали выступают полимерные композитные материалы (ПКМ) – они обладают высокой химической стойкостью, низкой теплопроводностью, малым весом, в резервуарах из ПКМ не образуются пирофорные соединения. Однако внедрение ПКМ сдерживается отсутствием нормативной базы, необходимостью решения проблем статического электричества и огнестойкости.

Для выбора материала рассмотрены 5 типов ПКМ, которые могут быть использованы в целях изготовления резервуара хранения нефти и нефтепродуктов. В качестве ПКМ рассмотрены: стеклопластики (на эпоксидной и винилэфирной основе), углепластики, органопластики (арамидные), базальтопластики, металлопластики. Выбор материала выполнен на основании следующих критериев: коррозионная стойкость, теплопроводность, прочность, огнестойкость, склонность к пирофорным отложениям, стоимость, технологичность.

Среди рассмотренных материалов наиболее подходящим оказался базальтопластик, который имеет следующие характеристики [2]:

- высокая химическая стойкость (превосходит стеклопластики в щелочных средах);
- низкая теплопроводность (0,46 Вт/(м·К) против 0,4-0,5 у стеклопластиков, но по сравнению со сталью ниже почти в 100 раз);
- механическая прочность $\sigma_в$ до 700 МПа (в 3 раза выше, чем у стали по удельной прочности);
- отсутствие железа – исключение сульфидов железа (пирофоров);
- стойкость к УФ при использовании защитных покрытий;

– более низкая стоимость по сравнению с углепластиками и боропластиками.

Недостатком базальтопластика являются диэлектрические свойства (удельное сопротивление $>10^{12}$ Ом·м) и горючесть полимерной матрицы. Однако эти недостатки преодолимы техническими средствами (заземляющие штанги, антистатические добавки, огнезащитные покрытия).

В работе проведена сравнительная оценка взрывоопасности хранения нефти и нефтепродуктов в резервуарах, изготовленных из стали – резервуары РВС и резервуарах из ПКМ, с разработкой мероприятий по повышению безопасности.

Объектом исследования (расчета) является вертикальный цилиндрический резервуар РВС-2000 (диаметр – 15,18 м, высота – 11,92 м), в котором хранится вещество – автомобильный бензин (плотность – 710 кг/м³, нижний температурный предел распространения пламени $t_{нп}$ = –27 °С). Уровень взлива принят 5 м (степень заполнения ~42%).

Методика расчёта уровня взрывоопасности Z базируется на пособии В.П. Сучкова (2009) [3]. Уровень взрывоопасности – доля времени в сутках, в течение которой концентрация паров легковоспламеняющейся жидкости в газовом пространстве резервуара находится в области взрывоопасных значений (от нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР) до верхнего (ВКПР)). Основные этапы [3]:

1. Определение максимальной температуры наружного воздуха:

$$t_{\text{f–max}} = t_f + \frac{\Delta t_{\text{–max}}}{2}, \qquad (1)$$

где t_f – среднемесячная температура окружающей среды, ^{0}С;

$\Delta t_{f\text{-max}}$ – максимальная амплитуда колебаний температуры окружающей среды, ^{0}C.

2. Расчёт тепловой нагрузки от солнечной радиации

$$q_л = \frac{\varepsilon_w q_c f_л}{f_{об}}. \qquad (2)$$

где ε_w – степень черноты оболочки резервуара, окрашенной алюминиевой краской годичной давности, допускается принимать равной 0,7;

q_c – плотность солнечного потока (формула Бугера-Бертрана),

$f_л$ – проекция резервуара на плоскость, перпендикулярную солнечным лучам, м^2;

$f_{об}$ – площадь оболочки, ограничивающей газовое пространство, м^2.

3. Расчёт максимальной температуры поверхностного слоя жидкости $t_{п.сл\text{-}max}$ по формуле Фурье с учётом теплообмена.

4. Определение параметра

$$\theta = \frac{t_{нп} - t_ж}{t_{п.сл-max} - t_ж}. \qquad (3)$$

где $t_{нп}$ – нижний температурный предел распространения пламени, ^{o}C;

$t_{п.сл\text{-}max}$ – максимальная температура поверхностного слоя легковоспламеняющейся жидкости, °C;

$t_ж$ – температура основной массы легковоспламеняющейся жидкости, °C.

Условие расчета, если:

- $\theta>1$ – взрывоопасная концентрация не образуется;
- $\theta<0$ – взрывоопасная концентрация существует круглосуточно;
- $0<\theta<1$ – продолжительность взрывоопасного периода $\tau_{ВОК} = \tau_{дн}\cdot(1 - (2/\pi)\cdot\arcsin\theta)$.

5. Для резервуаров из композита дополнительно корректируется приведенный коэффициент теплоотдачи от стенки к жидкости $\alpha_{п.w\text{-}ж}$ (снижается пропорционально отношению теплопроводностей материалов).

6. Расчёт уровня взрывоопасности Z

$$Z_i = \frac{N_{с.дн}}{N_{дн}} \frac{\tau_{вок}}{24}, \qquad (4)$$

где $N_{с.дн}$ – число безоблачных дней в июле;

$N_{дн}$ – количество дней;

$\tau_{вок}$ – продолжительность периода существования взрывоопасной концентрации внутри РВС при хранении ЛВЖ.

Расчет взрывоопасности выполнен для двух материалов корпуса резервуара:

- сталь (теплопроводность $\lambda = 50$ Вт/(м·К);
- базальтопластик (базальтовое волокно + эпоксидная матрица, $\lambda = 0{,}46$ Вт/(м·К).

Чем выше температура, тем выше уровень взрывоопасности. Поэтому расчет выполнен для наиболее теплого месяца – июля.

Для наиболее опасного месяца (июль) приняты:

– среднемесячная температура воздуха $t_f = 20{,}8$ °С;

– максимальная суточная амплитуда $\Delta t_{f\text{-}max} = 37$ °С;

– число безоблачных дней $N_{с.дн} = 15$;

– продолжительность светового дня $\tau_{дн} = 17$ ч.

Геометрические параметры РВС-2000:

- площадь зеркала испарения ЛВЖ в резервуаре $f_ж = 181{,}0$ м²;
- площадь оболочки, ограничивающей газовое пространство резервуара $f_{об} = 511$ м²;
- проекция на солнечные лучи $f_л = 172{,}5$ м² (при $\xi = -9{,}6°$);

– плотность солнечного потока $q_c \approx 911{,}8$ Вт/м²;

– тепловая нагрузка $q_л = 215{,}4$ Вт/м² (одинакова для стали и композита, т.к. ε принято 0,7).

Теплотехнические характеристики стали [4]:

- приведённый коэффициент теплоотдачи от стенки к жидкости $\alpha_{п.w\text{-}ж} = 0{,}73$ Вт/(м²·К);

- максимальная температура поверхностного слоя жидкости $t_{п.сл\text{-}max} \approx 39{,}9$°C;

- температура основной массы жидкости $t_ж = t_f = 20{,}8$°C, $\theta \approx -2{,}5$ (отрицательное).

В пособии Сучкова [3] параметр θ определяется для случая, когда $t_{нп} > t_ж$ (холодные жидкости). Для бензина $t_{нп} = -27$°C, $t_ж = 20{,}8$°C, поэтому $t_{нп} < t_ж$.

Подставляя все значения в формулы, получаем для стали:

– из расчётов – $\tau_{ВОК}$(сталь) = 4,5 ч;

– $Z_{сталь} = 0{,}1875$.

Для базальтопластика характерна низкая теплопроводность, что снижает приведенный коэффициент теплоотдачи $\alpha_{п.w\text{-}ж}$. Оценочно $\alpha_{п.w\text{-}ж(композит)} = \alpha_{п.w\text{-}ж(сталь)} \cdot (\lambda_{комп} / \lambda_{сталь}) = 0{,}73 \cdot (0{,}46/50) \approx 0{,}73 \cdot 0{,}0092 = 0{,}0067$ Вт/(м²·К). Это означает, что практически тепло от стенки к жидкости почти не передаётся. Поэтому температура поверхностного слоя жидкости повышается значительно медленнее. По номограммам методики Сучкова при θ=0,30 и малом $\alpha_{п.w\text{-}ж}$ $\tau_{ВОК}$ снижается до 0,5 ч. $Z_{комп} = 0{,}0208$.

Таким образом, по методике В.П. Сучкова выполнен расчёт уровня взрывоопасности резервуара, на примере РВС-2000, как для стального, так и базальтопластикового материала. Получено снижение Z с 0,188 до 0,0208 (в 9 раз) в летний период, что обусловлено крайне низкой теплопроводностью композита, замедляющей прогрев жидкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сведения о наличии резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов : Форма №1-емк / Единая межведомственная информационно-статистическая

система (ЕМИСС). URL: https://www.fedstat.ru/indicator/42629. (дата обращения: 10.11.2025).

2. Бондалетова Л.И. Полимерные композиционные материалы: учебное пособие / Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. 111 с.

3. Сучков В.П. Пособие по применению методов оценки пожарной опасности технологических систем, используемых при анализе пожарных рисков : учебное пособие. М., 2009. 157 с.

4. Голованов В. И. Теплофизические характеристики стали и огнезащитных покрытий при нормированных температурных режимах пожара / В. И. Голованов, Н. С. Новиков, Г. И. Крючков, М. С. Лебедев // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2023. № 4. С. 69-78.

© Антонюк А.Б., Ахмеров В.В., 2026

УДК 614.838

Шалыгина С.С., Булгакова Е.В.
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Российская Федерация
e-mail: shalyginasofi@yandex.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ВЗРЫВОЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ

Аннотация. В статье рассмотрены системы взрывозащиты, применяемые на объектах газораспределения. Анализируются риски, возникающие при нестационарных режимах (в частности, гидравлических ударах), а также их влияние на работу защитных устройств. В промышленности такие ситуации нередки и создают прямую угрозу взрыва или пожара. Поэтому защита

оборудования и персонала требует мер, исключающих саму возможность воспламенения взрывоопасной среды.

Ключевые слова: взрывозащита, инициирование взрывоопасных ситуаций, активные системы защиты, пассивные системы защиты, надежность, промышленная безопасность.

Shalygina S.S., Bulgakova E.V.
Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RELIABILITY OF EXPLOSION PROTECTION SYSTEMS FOR GAS DISTRIBUTION FACILITIES IN THE EVENT OF UNSTEADY GAS DYNAMIC CONDITIONS

Abstract. The article is devoted to the study of the reliability of explosion protection systems at gas distribution facilities. The risks that arise during non–stationary modes, in particular, hydraulic shocks, as well as how they affect the operation of protective devices, are considered. Such situations are not uncommon in industry, and they pose a direct threat of explosion or fire. Therefore, the protection of equipment and personnel requires measures that would eliminate the very possibility of explosion in an explosive environment.

Keywords: explosion protection, initiation of explosive situations, active protection systems, passive protection systems, reliability, industrial safety.

Функционирование объектов газораспределения (ГРП, ГРУ, шкафных регуляторных пунктов) сопряжено с транспортировкой природного газа под избыточным давлением. В современных условиях эксплуатации сетей газораспределения риски возникновения аварийных ситуаций неразрывно связаны с нестационарными газодинамическими процессами. Резкое изменение

расхода газа или срабатывание запорных устройств инициирует волновые явления (гидравлические удары), создающие избыточную нагрузку на оборудование.

Обеспечение надежности систем защиты является приоритетной задачей для снижения вероятности техногенных взрывов на опасных производственных объектах (ОПО). Такой вывод следует из анализа Федерального закона № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [1]. В преамбуле закона указано, что он определяет правовые, экономические и социальные основы безопасной эксплуатации ОПО и направлен на предупреждение аварий.

В свою очередь, авария определяется как неконтролируемый взрыв на ОПО. Таким образом, разработка и применение мер по подавлению взрывов или смягчению их последствий является прямым путем к выполнению требований закона, которые также включают обязательства по обеспечению надежности технических устройств, применяемых на ОПО.

Известные на сегодняшний день стратегии взрывозащиты исходят из анализа физической картины взрыва. Стоит отметить, что большинство существующих стратегий эффективны при стабильных условиях. Фактически, на взрывоопасных объектах газодинамические процессы могут выходить из стационарного режима, и, как следствие, возникают гидравлические удары, резкие скачки расхода, пульсации давления [2]. В таких условиях поведение пламени и волн давления становится трудно предсказуемым, а системы взрывозащиты могут сработать с опозданием или не сработать вовсе.

Нестационарный режим характеризуется резким скачком давления ΔP. В газовой среде этот процесс описывается волновым уравнением. Состояние движущегося газа с известными термодинамическими свойствами определяется заданием скорости – v, плотности ρ и давления – p как функций координат и времени [2].

Для нахождения этих функций служит система уравнений, которая выводится из законов непрерывности, движения и термодинамики.

Уравнение, описывающее изменение скорости движения газа относительно некоторой начальной (колебательной) скорости, имеет вид (1.1):

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \qquad (1.1)$$

Уравнения, описывающие изменения давления и плотности, имеют аналогичный вид. При подробном выводе уравнения (1.1), можно получить адиабатическую производную:

$$c^2 = \frac{\partial p}{\partial p} = \text{const}, \quad (1.2)$$

Она равна квадрату скорости распространения малого возмущения, т.е. скорости звука.

Причины нестационарного течения газа в трубах можно классифицировать следующим образом: изменение температуры окружающей среды; появление на внутренней поверхности трубопроводов и технических устройств твердых отложений (шлам), конденсата, гидратов; простой технологических узлов; перебои во время пуска или отключения оборудования; образование сквозных отверстий, которые нарушают герметичность оборудования (свищи, трещины); малые возмущения (звуковые колебания); гильотинный разрыв трубопровода.

Основная опасность заключается в том, что нестационарные состояния могут приводить к механической деформации запорных узлов, нарушению герметичности фланцевых соединений, инициированию ложных срабатываний автоматики безопасности [2]. Именно поэтому для оборудования, работающего во взрывоопасных средах, разработаны специальные способы взрывозащиты.

Окисление, горение и взрыв относятся к экзотермическим реакциям, которые протекают с разной скоростью [3]. Разница заключается в скорости инициирования реакции и наличия следующих компонентов в определённой пропорции: горючая составляющая (газовоздушная смесь, пыль,

легковоспламеняющиеся пары), окислитель (кислород воздуха), источник воспламенения (тепло, электрическая искра и т.д.).

В зависимости от сценария аварийной ситуации, результатом может быть нормированное горение, волна фронта пламени или взрыв. Все методы защиты, применяемые в настоящее время, пытаются исключить один или более компонентов для того, чтобы уменьшить риск возникновения взрыва до приемлемого уровня [3].

Известно много способов, обеспечивающих безопасную эксплуатацию во взрывоопасных средах. Достижение требуемого уровня взрывозащиты при проектировании системы автоматизации взрывоопасного объекта напрямую зависит от корректного подбора как искробезопасного, так и связанного с ним оборудования. Государственные, а в некоторых случаях международные стандарты, технические нормативные документы, регламенты и правила безопасности (ГОСТ 31610.25-2022, ТР ТС 012/2011 и др.) строго прописывают как применять возможные технические решения, направленные на предотвращение взрывов и/или уменьшение неблагоприятных последствий.

В корректно спроектированной системе возникновение взрыва требует совпадения двух или более независимых неисправностей, каждая из которых имеет низкую вероятность. Данный подход базируется на фундаментальном принципе взрывобезопасности, который находит свое отражение в требованиях к системам противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ) и резервированию технических устройств, регламентируемых, в том числе, Приказом Ростехнадзора № 531 от 15.12.2020 [4].

Согласно Приложения 1 (глава I, пункт 2) к Техническому регламенту Таможенного союза «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах» [5] зоны взрывозащиты делятся на:

1. Зона 0 – зона, где взрывоопасная атмосфера постоянно или длительное время присутствует в виде газовой смеси;

2. Зона 1 – зона, где взрывоопасная атмосфера возникает иногда в нормальных условиях работы;

3. Зона 2 – зона, где в нормальных условиях эксплуатации маловероятно образование опасной газовой смеси. В случае ее появления, это происходит редко и продолжительность ее существования очень короткая.

В соответствии с Приложением 1 (глава IV, пункт 1) Технического регламента Таможенного союза «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах» [5], применяются следующие виды взрывозащиты:

1. Для использования электрического оборудования в средах, где есть риск взрыва от газов, применяются типы защиты: d, e, i, m, nA, nC, nR, nL, o, p, q, s;

2. Для использования электрического оборудования в средах, где есть риск взрыва от пыли, применяются типы защиты: t, i, m, p, s;

3. Для использования неэлектрического оборудования во взрывоопасных средах, применяются типы защиты: c, b, k, d, p, s.

При выборе технических решений по взрывозащите газораспределительных станций необходимо понимать, чем отличаются пассивные и активные системы. Пассивная защита работает постоянно и не требует внешнего сигнала – например, разрывные мембраны или огнепреградители.

Активная защита, напротив, запускается только после обнаружения угрозы (резкий рост или падение давления, загазованность, пламя) и включает в себя быстродействующие отсекатели, системы подавления взрыва, автоматическую вентиляцию.

Пассивная защита включает конструктивные меры, которые постоянно обеспечивают защиту от взрыва, не требуя активации или вмешательства в момент возникновения опасности. Она основана на свойствах материалов,

конструктивных особенностях и планировке объекта, а взрывозащищённость конструкции должна быть подтверждена соответствующими расчётами.

Кроме того, должны применяться технические решения для предотвращения распространения ударной волны. В качестве примеров можно привести пламегасители, взрывозащищенные устройства, разрывные панели, вентиляционные отверстия, дефлекторы, обратные клапаны, запорные клапаны, Q-боксы и т.д. [6].

На протяжении многих лет вентиляция была самой распространённой мерой взрывозащиты. При грамотной реализации она сохраняет свою эффективность и сегодня. Хотя с точки зрения затрат вентиляция обычно выгоднее иных подходов, в некоторых условиях её применение либо невозможно, либо нецелесообразно. В таких случаях предпочтение отдают системам подавления взрыва.

Активная защита включает в себя системы и устройства, которые требуют активации или вмешательства для предотвращения или подавления взрыва. Она основана на обнаружении признаков реализации аварийной ситуации на ранней стадии и автоматическом принятии мер по его нейтрализации.

Суть активных мер безопасности сводится к физическому разделению компонентов, сочетание которых делает возможным мгновенный переход горения в детонационный режим, либо на снижении концентрации до безопасных пределов [3]. Инженерные решения следует ориентировать на герметизацию технологического оборудования и минимизацию выбросов ГВС. При этом концентрация горючих веществ должна поддерживаться ниже нижнего концентрационного предела распространения пламени [3].

В замкнутых системах эффективным методом является флегматизация – замена части кислорода инертными газами (азотом, углекислым газом), что делает химическую реакцию горения невозможной.

Ликвидация инициирующих импульсов представляет собой наиболее комплексную задачу, включающую использование взрывозащищенного электрооборудования [6], контроль статического электричества, исключение искрообразования и строгий регламент проведения огневых работ.

Таким образом, активная взрывозащита представляет собой динамическую систему барьеров, исключающая саму физическую возможность формирования взрывоопасной стехиометрической смеси.

Ниже в таблице 1 приведено сравнение этих двух подходов по ключевым характеристикам.

Таблица 1

Сравнение пассивных и активных систем взрывозащиты

Характеристика	Пассивная защита	Активная защита
Принцип действия	Обеспечивает защиту в любое время, без активации.	Требует активации или вмешательства.
Зависимость от внешних факторов	Не зависит от внешних факторов.	Зависит от работоспособности датчиков, систем управления.
Сложность технического обслуживания	Проста в обслуживании, в основном при визуальном осмотре.	Требует регулярного технического обслуживания и проверок.
Стоимость	Обычно ниже, чем у активных систем.	Обычно выше, чем у пассивных систем.
Применимость	Широкий спектр применения.	Ограничено определенными типами объектов и процессов.

Для объектов газораспределительной инфраструктуры приоритетными являются методы защиты, обладающие высокой степенью автономности [6]. К ним относятся решения на базе герметизации компаундом (тип m), искробезопасных цепей (пассивный тип i), а также взрывонепроницаемых оболочек (усиленный тип d), оснащенных демпфирующими устройствами [6].

Активные методы допустимы только при наличии резервированного питания и вибростойких датчиков, а также с обязательным расчётом времени отклика относительно фронта волны давления. Комбинированные (активно-

пассивные) системы, например сочетание пассивной оболочки типа d с активной продувкой в качестве резерва, способны повышать общую надёжность, но усложняют эксплуатацию.

Окончательный выбор конфигурации взрывозащиты должен базироваться на комплексном анализе условий эксплуатации. Ключевыми факторами здесь выступают специфика оборудования, категория и группа взрывоопасности газовой среды, температурный класс объекта, а также прогнозируемые механические и динамические нагрузки на узлы системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ: в ред. от 08.08.2024 // Собрание законодательства РФ. 1997. № 30.

2. Сухарев М.Г. Исследование феноменологических эффектов нестационарных течений газа по данным пассивного эксперимента на магистральном газопроводе / М.Г. Сухарев, О.Н. Кочуева // Вести газовой науки. 2020. № 1 (42).

3. Орлов Г.Г. Оценка степени интенсификации взрывного горения газовоздушной смеси / Г.Г. Орлов, Д.А. Корольченко // Пожаровзрывобезопасность. 2015. № 5.

4. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности сетей газораспределения и газопотребления»: приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 № 531. Зарегистрирован в Минюсте России 30.12.2020 № 61962. URL: http://pravo.gov.ru (дата обращения: 19.04.2026).

5. ТР ТС 012/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах»: утверждён решением Комиссии Таможенного союза от 18.10.2011 № 825.

6. ГОСТ 31610.25-2022. Взрывоопасные среды. Часть 25. Искробезопасные системы. М.: Российский институт стандартизации, 2022. IV, 24 с.

© Шалыгина С.С., Булгакова Е.В., 2026

УДК 614.841.4

Учаева Г.В., Малышева Е.М.
Уфимский университет науки и технологии, г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: malysheva.em@ugatu.su

ДИНАМИКА ПОЖАРОВ НА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ В РОССИИ

Аннотация. В работе проведен анализ динамики пожаров на транспортных средствах в России и ее взаимосвязи с количественными изменениями автопарка за период 2008-2025 годов. Установлено, что, несмотря на устойчивый рост числа зарегистрированных автомобилей с 38,3 млн. до 61,7 млн единиц, количество пожаров на транспорте демонстрирует тенденцию к снижению (с 23 434 в 2013 году до 15 076 в 2022 году), что свидетельствует об отсутствии прямой корреляции между этими показателями. Ключевыми факторами, определяющими пожарную опасность, являются старение автопарка, техническое состояние электрооборудования и трансформация структуры парка, включая рост числа электромобилей, что требует пересмотра подходов к профилактике и тушению пожаров.

Ключевые слова: пожары на транспорте, автомобильный парк, статистика пожаров, пожарная безопасность, старение автопарка.

Uchaeva G.V., Malysheva E.M.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

DYNAMICS OF FIRES ON VEHICLES IN RUSSIA

Abstract. The paper analyzes the dynamics of vehicle fires in Russia and its relationship with quantitative changes in the fleet over the period 2008-2025. It was found that, despite the steady increase in the number of registered vehicles from 38.3 million to 61.7 million units, the number of fires in transport shows a downward trend (from 23,434 in 2013 to 15,076 in 2022), which indicates the absence of a direct correlation between these indicators. The key factors determining fire danger are the aging of the fleet, the technical condition of electrical equipment and the transformation of the fleet structure, including the increase in the number of electric vehicles, which requires a revision of approaches to fire prevention and extinguishing.
Keywords: fires in transport, vehicle fleet, fire statistics, fire safety, aging of the fleet.

Проблема пожарной безопасности на автомобильном транспорте является одной из актуальных задач современного общества. Ежегодно в России регистрируются тысячи возгораний транспортных средств, которые наносят значительный материальный ущерб и создают угрозу жизни и здоровью людей. В условиях трансформации российского автопарка, характеризующейся его стремительным старением и изменением структуры (рост доли электромобилей и гибридов), вопросы анализа пожарной динамики приобретают особую значимость.

Целью настоящего исследования является выявление взаимосвязи между количеством автомобилей в России и динамикой пожаров на транспорте, а также определение ключевых факторов, влияющих на пожарную опасность автопарка.

Для достижения поставленной цели использовались данные из двух основных источников: официальной статистики Госавтоинспекции (МВД), размещаемой в Единой межведомственной информационно-статистической

систем за период с 2008 по 2025 год (рис. 1) и МЧС России за период с 2013 по 2022 год (рис. 2), а также выполнен обзор научных публикаций по данной тематике.

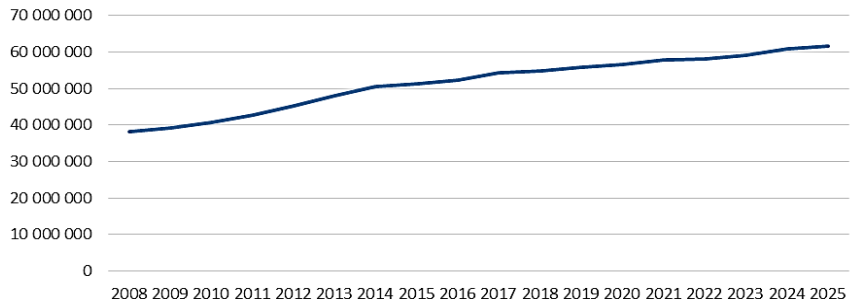


Рис. 1. Наличие автомобильного транспорта в России за 2008-2025 гг.

Анализ представленных данных показывает устойчивый рост количества автомобилей в России с 2008 по 2025 год. Автопарк России за 18 лет вырос более чем на 23 млн. единиц. Среднегодовое количество автомобилей составило около 51,94 млн. Стандартное отклонение в 234 тыс. единиц указывает на то, что данные относительно равномерно распределены вокруг среднего значения, что соответствует визуально наблюдаемому устойчивому линейному росту без резких аномалий.

По данным МЧС России, в период 2013-2022 годов наблюдалось устойчивое снижение количества пожаров на транспорте (рис. 2).

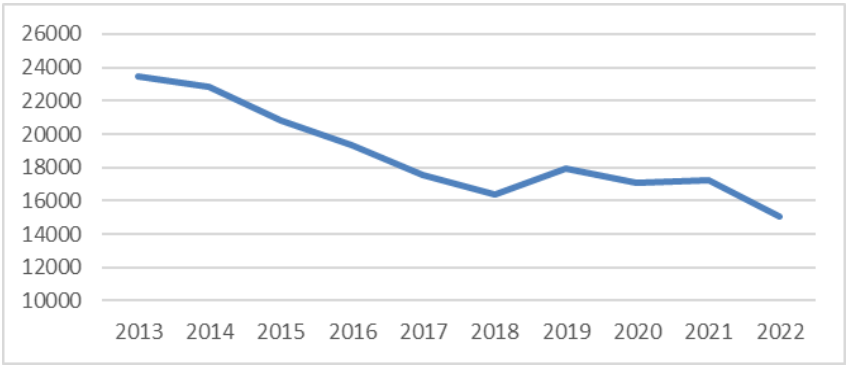


Рис. 2. Динамика пожаров на транспортных средствах в России за 2023–2025 годы

График динамики пожаров на транспортных средствах за 2013-2022 годы (рис. 2) показывает устойчивый нисходящий тренд с общим снижением на 36% за период. Это подтверждает эффективность мер пожарной безопасности в России.

Анализ представленных данных о количестве пожаров на транспорте в России за период 2013–2022 годов показывает сложную динамику, которая на первый взгляд противоречит тренду роста автопарка.

Во-первых, в период с 2013 по 2018 год наблюдается устойчивое снижение количества пожаров на транспорте (с 23 434 до 16 410), несмотря на то что количество автомобилей в стране за это время выросло более чем на 10 млн. единиц. Во-вторых, начиная с 2019 года динамика становится менее выраженной: после небольшого роста (17 896 в 2019 году) показатели стабилизируются в диапазоне 17–15 тысяч, при этом в 2022 году был зафиксирован минимальный за десятилетие уровень –15 076 пожаров. В-третьих, отсутствие прямой синхронной корреляции между ростом автопарка и количеством пожаров объясняется улучшением пожарной безопасности новых автомобилей, совершенствованием систем активной безопасности и ужесточением требований к техническому осмотру. В-четвертых, влияние фактора старения парка (более 67% машин старше 10 лет) в данных по пожарам визуально не проявляется в виде резкого роста, что может указывать на то, что наиболее аварийные и пожароопасные старые автомобили выводятся из эксплуатации быстрее, чем становятся источником возгораний. В-пятых, ключевой вывод заключается в том, что количество пожаров на транспорте определяется не только числом автомобилей, но в большей степени возрастной структурой парка, качеством обслуживания, климатическими условиями и эффективностью надзорной деятельности, что подтверждается разнонаправленностью трендов после 2018 года.

Динамика пожаров на транспортных средствах в России за 2023–2025 годы показывает продолжение снижения общего числа пожаров, но точные цифры по транспорту в открытых источниках ограничены.

Прямой зависимости между увеличением количества автомобилей и ростом числа пожаров не наблюдается: за период 2017–2021 гг., несмотря на рост парка, количество пожаров на транспорте оставалось стабильным и колебалось в пределах 16,4–18 тыс. случаев в год . Основной причиной возгораний является не количество машин, а их техническое состояние – более 60% пожаров происходят из-за нарушения правил устройства и эксплуатации транспортных средств, связанных с износом электрооборудования и топливных систем. Нарастающая проблема старения автопарка и увеличение доли автомобилей старше 10 лет создают потенциальные риски, которые могут привести к росту числа пожаров в долгосрочной перспективе. Кроме того, на динамику влияют структурные изменения: в 2025 году участились случаи возгораний автобусов из-за конструктивных недостатков гидропривода вентиляторов охлаждения у новых моделей. Таким образом, количество пожаров определяется не масштабом автопарка, а качеством технического обслуживания, возрастом машин и конструктивными особенностями конкретных моделей.

Помимо старения, автопарк России претерпевает структурные изменения. По данным Госавтоинспекции, в России растет количество электромобилей и гибридов.

Особую озабоченность специалистов вызывают пожары на электромобилях. Рост числа электромобилей и гибридов создает новые риски, связанные с особенностями тушения литий-ионных батарей. Существующие методики пожаротушения требуют адаптации к данному типу транспортных средств. По данным МЧС, в 2024 году количество возгораний электромобилей, гибридов и электроскутеров выросло на треть по сравнению с 2023 годом – со 89 до 120 случаев [1]. При этом доля задействованных в инцидентах

электромобилей составила 0,2% от общего количества, однако проблема заключается в сложности тушения литий-ионных батарей.

Специалисты МЧС отмечают, что основными причинами возгораний электромобилей являются короткое замыкание, перезарядка (перегрузка) и пробой электролита. Температура горения литий-ионных аккумуляторов может достигать 900 градусов, а сам аккумулятор способен оставаться раскаленным в течение нескольких суток. Для тушения одного электромобиля требуется около 100 000 литров воды – в десятки раз больше, чем для автомобиля с двигателем внутреннего сгорания.

Национальный автомобильный союз (НАС) выступил с инициативой о введении ограничений на парковку и зарядку электромобилей в закрытых паркингах. Обращение направлено главе МЧС России. Согласно статистике, 40% пожаров электромобилей происходят при хранении машины, 30% – при зарядке и 30% – в результате дорожно-транспортных происшествий.

Обзор научных публикаций по данной тематике.

В статье «Анализ и обобщение статистических и исследовательских данных по пожарам автотранспортных средств, обусловленным пожароопасным режимом работы термокаталитических систем», автор Дейнека Евгений Григорьевич [2] представил критический анализ и обобщение статистических данных и результатов исследований по пожарам автотранспортных средств, вызванных пожароопасной эксплуатацией термокаталитических систем, а также методов исследования и диагностирования аварийных пожароопасных режимов их работы. Установлено, что перегрев термокаталитических систем (до 1000 °С и более) приводит к увеличению риска возникновения пожара. Перегрев связан, главным образом, с некорректной работой электронной системы управления впрыском топлива, пропуском и задержкой зажигания, подачей в цилиндры двигателя избыточного количества топлива, использованием некачественного топлива.

В статье «Комплексная оценка пожароопасности транспортных средств, эксплуатируемых в России» авторы: Михайлов С. А., Эйдемиллер Ю. Н., Елизарьев А. Н., Груздов Е. В. [3] представлено исследование, посвященное комплексному анализу пожарной опасности транспортных средств, эксплуатируемых на территории России. Выявлено, что основной причиной возгорания автотранспортных средств является техническая неисправность деталей, узлов и механизмов, на долю которых приходится в среднем 67% от общего числа случаев

На основе проведенного анализа могут быть предложены следующие рекомендации:

1. Совершенствование системы технического осмотра с акцентом на проверку электрооборудования и топливных систем;
2. Разработка и внедрение специализированных методик тушения пожаров на электромобилях, включая подготовку личного состава пожарных подразделений;
3. Ужесточение требований к парковкам закрытого типа с выделением зон для зарядки и стоянки электромобилей, оборудованных соответствующими средствами пожаротушения;
4. Проведение информационно-разъяснительной работы с автовладельцами о необходимости своевременного обслуживания транспортных средств.

По данным на начало 2026 года, в России зарегистрировано 52,8 миллиона легковых автомобилей, однако автопарк страны впервые за 25 лет сократился и продолжает стремительно стареть.

Таким образом, получено подтверждение, что прямая корреляция между общим количеством зарегистрированных автомобилей и числом пожаров на транспорте отсутствует: несмотря на рост автопарка с 38,3 млн. в 2008 году до 61,7 млн. в 2025 году, количество пожаров снизилось с 23 434 в 2013 году до 15

076 в 2022 году. Основным фактором, определяющим пожарную опасность транспортного средства, является его техническое состояние, а не возраст или количество. Нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования остается главной причиной возгораний. Статистика свидетельствует, что в 2021 году 63,9% пожаров произошло именно из-за нарушений правил устройства и эксплуатации транспортных средств, а не из-за увеличения их количества. Дополнительным фактором риска выступает трансформация автопарка: рост числа электромобилей привел к увеличению пожаров на электротранспорте на треть в 2024 году, что требует пересмотра методик тушения и профилактики. Следовательно, для снижения числа пожаров необходимо сосредоточиться не на ограничении количества автомобилей, а на ужесточении контроля за техническим состоянием эксплуатируемых машин и адаптации пожарных служб к новым типам транспортных средств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малышева Е.М., Насырова Э.С. Анализ температурных полей пожара в закрытой автостоянке // Пожарная безопасность. 2025. № 4 (121). С. 87-95.
2. Дейнека Е.Г., Ложкина О.В. Анализ и обобщение статистических и исследовательских данных по пожарам автотранспортных средств, обусловленным пожароопасным режимом работы термокаталитических систем // Проблемы управления рисками в техносфере. 2024. № 3. С. 107-122.
3. Михайлов С.А. Комплексная оценка пожароопасности транспортных средств, эксплуатируемых в России / С.А. Михайлов, Ю. Н. Эйдемиллер, А.Н. Елизарьев, Е.В. Груздов // Международный научно-исследовательский журнал. 2025. № 8 (158). С. 1-8.

© Учаева Г.В., Малышева Е.М., 2026

УДК 613.63:622.24

Суняйкин И.С., Нурутдинов А.А.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: dodger86@ya.ru

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ БУРИЛЬЩИКА НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация. Рассмотрены опасные и вредные производственные факторы, действующие на бурильщика нефтегазодобывающего предприятия. Выполнена оценка условий труда по материалам специальной оценки условий труда, установлены ведущие профессиональные риски, связанные с воздействием шума, общей вибрации, химического фактора и неблагоприятных метеорологических условий. Предложен комплекс технических, санитарно-гигиенических и организационных мероприятий, направленных на снижение уровня производственного шума, нормализацию воздушной среды и уменьшение вибрационной нагрузки.
Ключевые слова: бурильщик, условия труда, производственный шум, вибрация, химический фактор, средства индивидуальной защиты.

Sunyaikin I.S., Nurutdinov A.A.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

ENSURING SAFE WORKING CONDITIONS AT THE WORKPLACE OF A DRILLER OF AN OIL AND GAS PRODUCING ENTERPRISE

Abstract. The paper examines hazardous and harmful production factors affecting a driller at an oil and gas producing enterprise. Working conditions were assessed on the basis of special assessment data. The leading occupational risks associated with noise,

whole-body vibration, chemical exposure and unfavorable meteorological conditions were identified. A set of engineering, sanitary and organizational measures aimed at reducing noise, improving the air environment and decreasing vibration load is proposed.

Keywords: driller, working conditions, industrial noise, vibration, chemical factor, personal protective equipment.

Труд бурильщика на нефтегазодобывающем предприятии относится к числу наиболее напряжённых и потенциально опасных видов производственной деятельности. Исполнение профессиональных обязанностей связано с эксплуатацией буровой установки, насосных агрегатов, лебёдок, механизмов спускоподъёмных операций, а также с воздействием буровых растворов, горюче-смазочных материалов и неблагоприятных климатических факторов [3]. Значительная часть операций выполняется в условиях повышенного шума, вибрации и физического напряжения, что обусловливает необходимость всесторонней оценки условий труда и разработки мер защиты.

Особую остроту проблема приобретает на объектах нефтегазодобычи, расположенных в северных районах. Работа на открытом воздухе при отрицательных температурах, ветровой нагрузке и высокой влажности сочетается здесь с действием производственных факторов, характерных для буровых работ. В результате даже при удовлетворительной организации технологического процесса сохраняется вероятность развития профессиональной патологии, а также возникновения несчастных случаев, связанных с движущимися частями машин, падением предметов с высоты, загазованностью рабочей зоны и переохлаждением.

Цель настоящей статьи состоит в обосновании мероприятий по обеспечению безопасных условий труда на рабочем месте бурильщика нефтегазодобывающего предприятия. Для достижения поставленной цели

решались следующие задачи: выявление основных опасных и вредных производственных факторов; оценка условий труда по результатам специальной оценки условий труда; разработка инженерно-технических, санитарно-гигиенических и организационных мер, направленных на снижение профессионального риска.

На рабочем месте бурильщика основными источниками шума выступают буровые насосы, роторный стол, силовые приводы и дизель-генераторные установки. По данным оценки условий труда эквивалентный уровень шума в зоне пребывания работника достигает 87 дБА при допустимом значении 80 дБА. Продолжительное воздействие шума такой интенсивности вызывает повышенную утомляемость, снижение слуховой чувствительности, головные боли, расстройства сна и может привести к формированию профессиональной тугоухости. Следовательно, шумовой фактор должен рассматриваться как один из ведущих на данном рабочем месте.

Наряду с шумом существенное значение имеет общая вибрация, передающаяся на работника от силовых агрегатов через пол кабины и элементы оборудования. Фактический уровень общей вибрации составляет 95 дБ при нормативном значении 92 дБ. Систематическое воздействие вибрации неблагоприятно влияет на сосудистую и нервную системы, способствует развитию стойких функциональных нарушений и снижает общую работоспособность бурильщика. В производственных условиях нефтегазодобычи вибрационная нагрузка, как правило, действует совместно с шумом, что усиливает неблагоприятный эффект.

Химический фактор обусловлен применением буровых растворов, реагентов и горюче-смазочных материалов. В воздух рабочей зоны могут поступать пары углеводородов, сероводород и аэрозоли химических компонентов. По материалам оценки условий труда фактический показатель химического фактора составляет 340 мг/м³ при нормативном значении 300 мг/м³.

Превышение гигиенического норматива свидетельствует о необходимости совершенствования вентиляции, герметизации технологических узлов и усиления контроля за состоянием воздушной среды.

Наряду с перечисленными факторами следует учитывать механические опасности, возникающие при выполнении спускоподъёмных операций, обслуживании вышечно-лебёдочного блока и работе вблизи вращающихся частей механизмов. Вероятность защемления конечностей, удара подвижными элементами, падения предметов с высоты либо падения самого работника при неблагоприятном стечении обстоятельств остаётся весьма высокой. Для северных месторождений дополнительное значение приобретают микроклиматические условия: низкая температура воздуха, ветер и осадки, способные вызывать переохлаждение и обморожение.

По результатам специальной оценки условий труда рабочему месту бурильщика присвоен итоговый класс 3.2. При этом по химическому фактору, шуму и общей вибрации установлены вредные условия труда подкласса 3.1. Сочетанное воздействие нескольких факторов одной степени вредности обусловило повышение итогового класса условий труда [1, 2]. Подобная характеристика производственной среды свидетельствует о наличии реальной угрозы формирования профессиональных заболеваний лёгкой и средней степени тяжести при длительном стаже работы.

Таблица 1

Общая оценка условий труда по степени вредности и опасности факторов производственной среды

Наименование фактора	Класс (подкласс) условий труда
Химический фактор	3.1
Шум	3.1
Вибрация общая	3.1
Параметры микроклимата	2
Тяжесть трудового процесса	3.1
Напряжённость трудового процесса	3.1
Итоговый класс условий труда	3.2

С целью улучшения условий труда представляется целесообразным предусмотреть устройство звукопоглощающей облицовки внутренних поверхностей кабины бурильщика. В качестве облицовочного материала могут быть использованы минераловатные плиты марки П-125 толщиной 100 мм, обладающие высокими звукопоглощающими свойствами и отвечающие требованиям пожарной безопасности. При площади облицовки 15 м² расчётное снижение уровня шума составляет 15,7 дБ, что позволяет уменьшить уровень звукового давления до 71,3 дБА и перевести условия труда по шумовому фактору в допустимый класс.

Для снижения химической нагрузки необходима организация эффективной общеобменной вентиляции кабины бурильщика. Расчёт воздухообмена показывает возможность применения радиального вентилятора типа ВЦ 4-75 № 2,5 производительностью 100-150 м³/ч. Поддержание требуемой кратности воздухообмена и создание небольшого избыточного давления в кабине позволяют ограничить поступление вредных веществ из внешней среды и обеспечить снижение концентрации загрязняющих примесей до уровня, не превышающего предельно допустимые значения.

Уменьшение вибрационной нагрузки может быть достигнуто путём устройства виброизолирующего пола с использованием резиновых матов толщиной 10 мм. Применение покрытия площадью 6,25 м² обеспечивает снижение уровня виброскорости на 7,5 дБ. Вследствие этого остаточный уровень вибрации не превышает санитарно-гигиенического норматива, а условия труда по фактору общей вибрации могут быть отнесены к допустимому классу.

Важное место в системе защиты бурильщика занимает рациональный подбор средств индивидуальной защиты [4]. Работник должен обеспечиваться костюмом для защиты от нефти и нефтепродуктов, кожаными сапогами с

защитным подноском, защитной каской, закрытыми очками, противошумными наушниками с уровнем шумоподавления не менее 30 дБ, морозостойкими перчатками, утеплённым подшлемником и газопылезащитным респиратором при работе с химическими реагентами [5]. Применение средств индивидуальной защиты не заменяет инженерных мероприятий, однако существенно уменьшает степень воздействия вредных факторов на организм работника.

Организационные меры должны включать проведение всех видов инструктажей по охране труда, обучение безопасным методам выполнения буровых работ, регулярную проверку знаний требований промышленной безопасности, обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры, а также систематический контроль параметров воздушной среды, шума и вибрации [6]. На буровой площадке необходимо оборудовать помещения для обогрева и отдыха персонала, обеспечить наличие аптечек первой помощи и строгое соблюдение режимов труда и отдыха в холодный период года.

Итак, рабочее место бурильщика нефтегазодобывающего предприятия характеризуется сочетанным воздействием шума, общей вибрации, химического фактора, неблагоприятного микроклимата и механических опасностей. По результатам специальной оценки условий труда рабочему месту присвоен итоговый класс 3.2. Предложенный комплекс мер, включающий устройство звукопоглощающей облицовки кабины, организацию общеобменной вентиляции, применение виброизолирующего покрытия, обеспечение работника современными средствами индивидуальной защиты и проведение организационных мероприятий, позволяет существенно улучшить условия труда и снизить вероятность профессиональных заболеваний и производственного травматизма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трудовой кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ: в ред. от 30.12.2025. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». (дата обращения: 15.01.2026).

2. О специальной оценке условий труда: Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ: в ред. от 28.12.2024. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». (дата обращения: 15.01.2026).

3. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. М.: Стандартинформ, 2016. 16 с.

4. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. М., 2021. 636 с.

5. Об утверждении Единых типовых норм выдачи средств индивидуальной защиты и смывающих средств : приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 767н. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». (дата обращения: 15.01.2026).

6. О порядке обучения по охране труда и проверки знания требований охраны труда: постановление Правительства РФ от 24.12.2021 № 2464. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 15.01.2026).

© Суняйкин И.С., Нурутдинов А.А., 2026

УДК 614.8

Смирнова Е.А., Мотовилова М.В.

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», г. Киров, Российская Федерация

e-mail: energy220@list.ru

РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВЫЯВЛЕНИЯ СКРЫТЫХ РИСКОВ НА КИСЛОРОДОАЗОТОДОБЫВАЮЩИХ УСТАНОВКАХ

Аннотация. Анализ 17 аварий на кислородоазотодобывающих станциях (КАС) показал: 64,7 % – взрывы, 82,4 % вызваны организационными нарушениями, значительная часть опасных условий носит скрытый характер. Предложена EXCEL-модель проактивного аудита, включающая классификацию потенциально опасных условий (5 категорий, 41 позиция), весовые коэффициенты и автоматический расчёт риска от комбинаций факторов. Апробация на станциях АКДС-70М и ТКДС-100В выявила 12 опасных условий, 25% из которых ранее не фиксировались. Критический сценарий «Взрыв из-за пропуска утечки кислорода» получил суммарный балл 1,8. Разработанная модель пригодна для практического применения на КАС.

Ключевые слова: проактивный аудит, промышленная безопасность, EXCEL-модель, кислородоазотодобывающие станции, скрытые риски.

Smirnova E.A., Motovilova M.V.

Vyatka State University, Kirov, Russian Federation

DEVELOPMENT AND TESTING OF AN ALGORITHMIC MODEL FOR IDENTIFYING HIDDEN RISKS IN OXYGEN AND GAS PRODUCTION FACILITIES

Abstract. Analysis of 17 accidents at oxygen-nitrogen production stations (OPS) showed: 64.7% – explosions, 82.4% caused by organizational violations, a significant part of hazardous conditions is hidden. An Excel proactive audit model is proposed, including classification of potentially hazardous conditions (5 categories, 41 items), weight coefficients and automatic calculation of risk from combinations of factors. Testing on AKDS-70M and TKDS-100V stations revealed 12 hazardous conditions, 25% of which had not been recorded before. The critical scenario “Explosion due to missed oxygen leak” received a total score of 1.8. The developed model is suitable for practical application at OPS.

Keywords: proactive audit, industrial safety, Excel model, oxygen-nitrogen production stations, hidden risks.

Кислородоазотодобывающие станции (КАС) относятся к опасным производственным объектам (ОПО). Эксплуатация такого оборудования связана с высоким давлением (до 40 МПа), криогенными температурами (до –185 °С) и использованием кислорода как активного окислителя [1, 3]. Согласно годовому отчёту Ростехнадзора, в 2016–2020 гг. на оборудовании под давлением произошло 23 аварии и 15 смертельных несчастных случаев [5].

Для уточнения специфики аварийности на КАС авторами проведён анализ 17 инцидентов за период 2003–2022 гг. (данные из открытых источников и реестров). Установлено: 64,7% происшествий квалифицированы как взрывы,

41,2% повлекли гибель людей, 82,4% имели в своей основе системные организационные нарушения (эксплуатация без лицензии, отсутствие проектной документации, игнорирование предписаний). При этом значительная часть опасных условий носит скрытый характер и не выявляется стандартными проверками.

Цель работы – разработка и апробация автоматизированной Excel-модели проактивного аудита промышленной безопасности кислородоазотодобывающих станций, обеспечивающей formalизованную идентификацию скрытых потенциально опасных условий и количественную оценку уровней риска на основе весовых коэффициентов и анализа парных комбинаций факторов.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Сформировать классификатор потенциально опасных условий и математический аппарат расчёта риска: разработать структурированный перечень из 41 позиции по 5 категориям, определить весовые коэффициенты на основе ретроспективного анализа инцидентов и задать функции агрегации для оценки парных комбинаций факторов.

2. Реализовать алгоритмическую структуру Excel-модели проактивного аудита: создать модульную программную оболочку, автоматизирующую обработку чек-листа, расчёт индивидуальных и интегральных баллов с учётом прямых/обратных условий и ранжирование сценариев по пороговым уровням риска.

3. Провести экспериментальную апробацию инструмента на реальных объектах: выполнить пилотный аудит станций АКДС 70М и ТКДС 100В для верификации способности модели выявлять скрытые условия возникновения опасностей и формирования ранжированного перечня корректирующих мероприятий.

Методика исследования

1. Формирование классификатора потенциально опасных условий (ПОУ)

В основу модели положена классификация потенциально опасных условий по пяти категориям:

- **Т** – технологические (отклонения параметров процесса);
- **КЭ** – конструктивно-эксплуатационные (дефекты конструкции, износ);
- **О** – организационные (нарушения в документации, обучении);
- **Ч** – человеческий фактор (ошибочные действия персонала);
- **В** – внешние воздействия (климатические факторы).

Классификатор сформирован на основе анализа причинно-следственных цепочек 17 инцидентов с последующей экспертной валидацией. Полный перечень включает 41 позицию (в статье приведён фрагмент). Каждое ПОУ маркировано как **«прямое»** (наличие условия повышает риск) или **«обратное»** (отсутствие условия повышает риск).

2. Метод определения весовых коэффициентов

Для каждого условия введён весовой коэффициент W, определённый экспертной процедурой на основе частоты упоминания данного условия в причинных цепочках проанализированных инцидентов [2, 5]. Диапазон значений: $0{,}6 \leq W \leq 1{,}0$. Относительная частотность нормирована линейным масштабированием к диапазону [0,6; 1,0] для исключения нулевых вкладов.

Примеры:

- Т1 (ложные срабатывания газоанализатора кислорода) – прямое, вес 0,9;
- КЭ1 (скрытые конструктивные ограничения – дефект конденсатора ТКДС100В) – прямое, вес 0,7;
- О1 (эксплуатация без актуальной проектной документации) – обратное, вес 1,0;

- O2 (отсутствие чёткого регламента при нештатных ситуациях) – обратное, вес 0,9.

3. Алгоритмическая структура Excel-модели

Разработанная модель реализована в среде MS Excel. Архитектура модулей представлена в таблице 1.

Таблица 1

Архитектура модулей Excel-модели проактивного аудита

Модуль	Функциональное назначение	Входные данные	Выходные данные
«Справочник условий»	Хранение ID, формулировок вопросов, типа условия, веса W	Классификатор ПОУ	Структурированная база 41 условия
«Аудит КАС»	Интерфейс заполнения чек-листа, расчёт индивидуальных баллов	Ответы аудитора («Да»/«Нет»/«Нет данных»)	Балл риска R по формуле (1)
«Логика»	Матрица парных комбинаций, расчёт суммарного балла сценария	Индивидуальные баллы R, матрица связей	Суммарный балл $R_{сц}$ по формуле (2)
«Анализ и прогноз»	Ранжирование сценариев, классификация по уровням риска	Суммарные баллы $R_{сц}$	Ранжированный перечень, цветовая индикация
«Панель управления» / «Отчёт»	Визуализация, формирование рекомендаций	Результаты ранжирования	Графики, таблицы, перечень корректирующих мер

4. Математический аппарат расчёта риска

Балл риска для отдельного условия рассчитывается по формуле:

$$R = W \cdot k \quad (1)$$

где W – весовой коэффициент условия (определён в п. 1.2, диапазон 0,6-1,0); k – коэффициент, зависящий от типа условия и ответа:

- для прямого условия: k = 1,0 при ответе «Да»; k = 0,2 при

«Нет»; k = 0,7 при «Нет данных»;

- для обратного условия: k = 0,2 при ответе «Да»; k = 1,0 при «Нет»; k = 0,7 при «Нет данных».

Суммарный балл для парного сценария (комбинации двух условий) вычисляется как сумма баллов каждого из условий:

$$R_{\text{сц}} = R_{\text{условие1}} + R_{\text{условие2}} \quad (2)$$

Уровень риска сценария определяется в зависимости от значения $R_{сц}$:

- критический – при $R_{сц} > 1{,}7$;
- высокий – при $R_{сц}$ от 1,2 до 1,69;
- средний – при $R_{сц}$ от 0,5 до 1,19;
- низкий – при $R_{сц} < 0{,}5$.

Процедура экспериментальной апробации

1. Объекты тестирования:

- АКДС-70М (1980 г.) – устаревшее оборудование;
- ТКДС-100В (2012 г.) – современное, имеет дефект конденсатора [2].

2. Протокол проведения аудита:

Заполнение чек-листа из 41 условия в модуле «Аудит КАС» на основе:

- изучения проектной и эксплуатационной документации;
- интервью с персоналом;
- визуального осмотра оборудования.

Автоматический расчёт индивидуальных баллов R и суммарных баллов $R_{сц}$ для предопределённых парных комбинаций.

Ранжирование сценариев в модуле «Анализ и прогноз», выделение условий с уровнем риска «средний» и выше.

Сопоставление выявленных ПОУ с данными системы промышленной безопасности предприятия для фиксации «ранее не учтённых» условий.

3. Критерии оценки эффективности модели

Количественные: число выявленных ПОУ, доля условий, ранее не фиксировавшихся (25% в апробации), суммарный балл критического сценария (1,8 для «Взрыв из-за пропуска утечки кислорода»).

Качественные: формирование ранжированного перечня корректирующих мероприятий, соответствие выводам независимых исследований [2].

Результаты апробации

По чек-листу из 41 условия выявлено 12 потенциально опасных условий (уровень риска «средний» и выше). 25% из них (3 условия) ранее не фиксировались в системе промышленной безопасности эксплуатирующего предприятия. На ТКДС-100В впервые установлены: несоответствие фактической схемы проектной документации, отсутствие памятки по нештатным ситуациям, ложные срабатывания газоанализатора.

Наибольший суммарный балл (1,8) получен для сценария «Взрыв из-за пропуска реальной утечки кислорода» (комбинация Т-1 + О-2) (рис. 1).

Сценарий классифицирован как критический (порог >1,7). Модель сформировала следующие рекомендации:

немедленная калибровка газоанализаторов;

разработка пошагового алгоритма действий оператора при тревоге (плакат на панель);

внеплановый контроль толщины стенок.

Следует отметить, что для ТКДС-100В в работе Воробьева и др. [2] описан конструктивный дефект узла конденсации: реальный диапазон уровня жидкости в кармане составляет 15 мм при паспортных 40 мм, что вызывает пульсационную подачу флегмы и вынуждает оператора действовать в условиях неопределённости. Предложенная модель позволяет диагностировать последствия этого дефекта через его комбинации с организационными нарушениями.

	A	B	C	D	E	F
1	ID сценария	Критический сценарий (прогноз)	Выявленные условия-предпосылки (ID)	Риск (автоматический расчет)	Суммарный балл	Рекомендуемое действие
2	СЦ-1	Взрыв из-за пропуска реальной утечки кислорода	Т-1 + О-2	КРИТИЧЕСКИЙ	1,8	Немедленно проверить и откалибровать газоанализаторы. Разработать краткий, пошаговый алгоритм действий оператора при тревоге (плакат на панель).
3	СЦ-2	Разгерметизация и крупная авария из-за эксплуатации в несоответствии с проектом и износа оборудования	О-1 + КЭ-1	КРИТИЧЕСКИЙ	1,7	Приостановить работу измененного узла до внесения изменений в проект и получения экспертизы. Провести внеплановое УЗД контроля толщин стенок.
4	СЦ-3	Возгорание из-за применения нештатных методов работы в обогащенной кислородом среде	Ч-1 + КЭ-1	ВЫСОКИЙ	1,5	Чрезвычайный инструктаж персонала с разбором реальных случаев. Рассмотреть возможность аппаратной блокировки опасных вмешательств.
5	СЦ-4	Обледенение и отказ арматуры с нарушением технологического режима	В-1 + Т-2	ВЫСОКИЙ	1,2	Восстановить систему обогрева до наступления морозов. Внести пункт проверки обогрева в ежесменный осмотр.
6						

Панель управления | Справочник условий | Аудит КАС | Анализ и прогноз | Логика | Приоритет | Отчет | Диаграмма2 | Диаграмма1 | Архив

Рис. 3. Результаты расчёта рисков в модуле «Анализ и прогноз»

Традиционные методы контроля (экспертизы, визуальные осмотры) не выявляют комбинации факторов, которые по отдельности безопасны. Разработанная модель автоматизирует анализ парных сочетаний, что соответствует риск-ориентированному подходу [4, 5].

Ограничение модели – учёт только парных комбинаций, но это обеспечивает простоту реализации. Модель работает в стандартном Excel, не требует специального ПО и может внедряться на любом предприятии, эксплуатирующем КАС.

Апробация на станциях разного поколения (АКДС-70М, 1980 г.; ТКДС-100В, 2012 г.) подтвердила универсализм подхода: модель одинаково эффективно выявляет как классические (износ, утечки), так и новые (скрытые конструктивные дефекты) риски.

Разработанная EXCEL-модель проактивного аудита позволяет:

1. систематизировать скрытые условия возникновения опасностей на КАС;
2. автоматически выявлять критические комбинации факторов риска, не обнаруживаемые при традиционном контроле;
3. формировать ранжированный перечень мероприятий по повышению промышленной и пожарной безопасности.

Результаты апробации на реальных станциях подтвердили работоспособность модели. Полученные данные могут быть использованы при разработке отраслевых методик проактивного аудита для ОПО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Станция кислородоазотодобывающая транспортабельная ТКДС-100В: руководство по эксплуатации КВ 0016.00.00.000-02 РЭ. М.: НПО «Гелиймаш», 2007. 214 с.
2. Воробьев А.А. Результаты исследований по идентификации причин нестабильной работы криогенной воздухоразделительной установки ТКДС-100В / А.А. Воробьев, А.В. Козлов, А.М. Кокарев, И.В. Желтоухов // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Серия Машиностроение. 2022. № 4 (143). С. 89-107.
3. Файнштейн В.И. Кислород, азот, аргон – безопасность при производстве и применении. М.: Интернет Инжиниринг, 2008. 192 с.
4. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ. [принят Гос. Думой 20 июня 1997 г.]. М.: Кремль, 1997.
5. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2020 году / Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2021. 350 с.

© Смирнова Е.А., Мотовилова М.В., 2026

УДК 622.691.24

Курмышов В.Ю.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

e-mail: kurmyshov.vyu@edu.spbstu.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ БАЛЛЬНО-ФАКТОРНОЙ ОЦЕНКИ ДЛЯ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗА

Аннотация. Целью данной работы является определение необходимости разработки новой методики оценки риска для опасных производственных объектов подземных хранилищ газа, а также составление и описание задач для ее реализации.

Ключевые слова: промышленная безопасность, авария, вероятность, риск, углеводородный газ, анализ.

Kurmyshov V.Y.

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, st. Petersburg, Russian Federation

PROSPECTS FOR DEVELOPING A POINT-FACTOR ASSESSMENT METHODOLOGY FOR HAZARDOUS PRODUCTION FACILITIES OF UNDERGROUND GAS STORAGE

Abstract. The purpose of this work is to determine the need to develop a new risk assessment methodology for hazardous production facilities of underground gas storage facilities, as well as to draw up and describe the tasks for its implementation.

Keywords: Industrial safety, accident, probability, risk, hydrocarbon gas, analysis.

Подземные хранилища природного газа, являясь значительной частью сферы добычи и хранения углеводородов в России, играют важнейшую роль в энергетическом комплексе страны. Данные инженерно-технические сооружения позволяют снабжать газом отдаленные от месторождений крупные города и промышленные заводы. Значительный рост количества подземных хранилищ газа (ПХГ) возник после Второй мировой войны, когда необходимое сезонное снабжение газом стало вопросом, решаемым или увеличением производительности трубопроводов, или сооружением хранилищ, способных во время пониженной потребности наращивать запасы природного газа, а в дальнейшем использовать их в зимние периоды или периоды повышенного спроса.

В свою очередь ПХГ классифицируются по направлению использования (базисные и пиковые), размеру (базовые, районные, локальные) и происхождению (истощенные месторождения, водонасыщенные пласты, соляные пещеры, заброшенные шахты) [1]. Но независимо от классификации ПХГ являются опасными производственными объектами (ОПО), государственное регулирование безопасности которых производится на основе Федерального закона от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Способствующим исполнению требований Федерального закона № 116-ФЗ для ПХГ является Приказ Ростехнадзора от 09.12.2020 № 511 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов подземных хранилищ газа».

Как показывает статистика, при уменьшении общего количества аварий на объектах нефтехимической, нефтегазоперерабатывающей промышленности и объектах нефтепродуктообеспечения в современной тенденции сохраняется рост

аварий, связанных с пожарами и взрывами в нефтегазодобывающей промышленности [2]. Таким образом, данная область представляет собой большие риски и делает ПХГ объектами потенциальной опасности, которые требуют повышенного уровня надзора, разработки методик по расчету рисков и мероприятий по предотвращению аварий на данных объектах. Также данная статистика способствует необходимости учета возможного возникновения и воздействия таких стихийных бедствий, как лесные пожары, которые могут возникать в областях с высокой температурой воздуха и частыми ветровыми режимами. Примером такой области является Калужская область и находящееся на ее территории Кулажское ПХГ, которое требует разработки и внедрения для него особых мероприятий [3].

Не утешительной является и статистика в зарубежье. В большом исследовании причин утечек газа на ПХГ в США по данным за 2017-2023 гг., рассмотрев более 400 подземных хранилищ с порядка 17 тыс. скважин, 11 тыс. из них имели конструкцию, потенциально уязвимую к так называемой «единой точке отказа» (single-point-of-failure), когда разрушение одной части системы может приводить к разрушению всей системы. В исследовании идентифицировано в общей сложности 53 события утечки газа через скважины, произошедших на 39 объектах ПХГ в США до 2023 года [4].

В качестве решения данной проблемы может послужить разработка методики оценки риска для опасных производственных объектов подземных хранилищ газа, основанной на балльно-факторной оценке. Методика оценки ожидаемых частот аварий с помощью системы коэффициентов и/или балльных оценок уже применяется в нефтегазовой промышленности на магистральных трубопроводах и закреплена в Приказе Ростехнадзора от 22.12.2022 № 454 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах магистрального трубопроводного транспорта газа». Развитие идеи применения балльно-факторной оценки для

других объектов нефтегазовой промышленности отражено в работах Бызова А. П., Андреева А. В. и Орловского П. С., которые посвящены разработке данной методики для надземных и подземных емкостей автомобильных газозаправочных станций [5,6].

Для разработки методики под определенный объект опасности необходимо решение трех основных задач:

1. Определение группы наиболее значимых факторов, влияющих на вероятность аварии. Определение данных групп возможно посредствам экспертных оценок.

2. Присвоение весовых коэффициентов для групп факторов. Для решения данной задачи можно воспользоваться методом анализа иерархий (МАИ) с методом парных сравнений.

3. Применение полученных результатов при оценке риска объектов, на которых могут произойти аварии.

Основными преимуществами разработки подобной методики для ПХГ могут послужить наглядное определение наиболее значимых факторов в инициации аварий для каждого объекта индивидуально, а также более широкий взгляд на эти факторы, учитывая состояние оборудования, построение технологических процессов внутри производства, организационные мероприятия по обеспечению безопасности и влияние внешней среды.

Но при всей перспективности данной методики, ее разработка и реализация должна проводиться с учетом ее субъективности и чувствительности по отношению к уровню квалификации эксперта или экспертной группы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арсан Ш.А. Детальная классификация подземных хранилищ газа / Ш.А. Арсан, А.К. Ягафаров, Ю.В. Ваганов // Известия вузов. Нефть и газ. 2018.

№ 3. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/detalnaya-klassifikatsiya-podzemnyh-hranilisch-gaza. (дата обращения: 03.12.2025).

2. Морозова О.А. Современные тенденции в динамике аварий на объектах нефтегазодобывающей промышленности, магистрального трубопроводного транспорта и подземного хранения газа / О.А. Морозова, Д. Д. Федчишина // Современные проблемы обеспечения безопасности: сборник материалов XXV Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 26–27 апреля 2023 года. Екатеринбург: Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, 2023. С. 79-85.

3. Маламут О.Ю. Промышленная и пожарная безопасность при эксплуатации подземных хранилищ газа (ПХГ) на примере Калужского ПХГ / О.Ю. Маламут, В.П. Спиридонов // Маркшейдерия и недропользование. 2021. № 5(115). С. 48-54.

4. Lackey G. Underground natural gas storage facility operations and well leakage events in the United States / G. Lackey, M. Mundia-Howe, N. Pekney // Geoenergy Science and Engineering. 2024. Vol. 234. P. 212630.

5. Орловский П.С. Методика балльно-факторной оценки частоты инициирующих пожароопасные ситуации событий для надземных емкостей АГЗС / П. С. Орловский, А. П. Бызов, А. В. Андреев // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2023. Т. 12, № 3(63). С. 141-146.

6. Андреев А. В. Методика балльно-факторной оценки частоты инициирующих пожароопасные ситуации событий для подземных емкостей автомобильной газозаправочной станции / А.В. Андреев, А.П. Бызов, П.С. Орловский // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 4(68). С. 131-141.

© Курмышов В.Ю., 2026

УДК 62-192:620.193.55

Миронов А.К.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

e-mail: mironov.ak@edu.spbstu.ru

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОДОРОДА (HTHA) НА НАДЕЖНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ ЧЕРЕЗ КОЭФФИЦИЕНТ ПОВРЕЖДЕНИЯ

Аннотация. Целью данной работы является расчет коэффициента фактора повреждения для компонентов из углеродистой и низколегированной стали, подверженных высокотемпературному воздействию водорода (HTHA), и оценка влияния этого коэффициента на вероятность отказа оборудования.

Ключевые слова: промышленная безопасность, отказ оборудования, вероятность, риск, воздействие водорода, анализ.

Mironov A.K.

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, st. Petersburg, Russian Federation

THE EFFECT OF HIGH-TEMPERATURE HYDROGEN ATTACK (HTHA) ON EQUIPMENT RELIABILITY THROUGH THE DAMAGE FACTOR

Abstract. The objective of this work is to calculate the damage factor for components made of carbon and low-alloy steel subjected to high-temperature hydrogen exposure (HTHA) and to assess the influence of this factor on the probability of equipment failure.

Keywords: industrial safety, equipment failure, probability, risk, hydrogen exposure, analysis.

Опасные производственные объекты (ОПО) представляют повышенную угрозу для жизни персонала и населения, находящегося вблизи данных объектов, а также являются потенциальными источниками опасности для окружающей среды. В рамках управления техносферной безопасностью основной мерой опасности является риск – количественная оценка сочетания вероятности события и его последствий. Согласно основному документу в области промышленной безопасности Федеральному закону от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» одним из требований к организации производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности является идентификация, анализ и прогнозирование риска аварий на опасных производственных объектах и связанных с такими авариями угроз [1].

Одним из инструментов анализа риска являются методики и стандарты, разрабатываемые с целью предоставления объективной информации о состоянии промышленной безопасности, вероятности аварии в зависимости от различных параметров и принятия на ее основе решений по распределению материальных и финансовых ресурсов. В рамках оценки вероятности аварий существуют методики, основанные на критериально-балльных оценках.

Методика оценки ожидаемых частот аварий с помощью системы коэффициентов и/или балльных оценок уже применяется в нефтегазовой промышленности России, которая подкреплена в Приказе Ростехнадзора от 22.12.2022 № 454 и Приказе Ростехнадзора от 29.12.2022 № 478, но ориентирована исключительно на магистральные трубопроводы [2,3].

Среди зарубежных подходов риск менеджмента стоит выделить подход "Инспекция на основе оценки рисков" (Risk Based Inspection) – современную

методологию, которая опирается на учет факторов риска. Одними из наиболее признанных методов оценки рисков RBI, используемых многими предприятиями, являются стандарты API 580 и API 581 – стандарты, разработанные Американским институтом нефти (American Petroleum Institute) [4].

API 580 – руководство по разработке, внедрению и поддержанию программ RBI, особенно в отношении оборудования, работающего под давлением. Оно устанавливает минимальные требования и общие рекомендации для RBI [5].

API 581 – представляет собой методологию количественной оценки вероятности отказа оборудования и составления планов проверок с учетом риска каждой единицы оборудования и его компонентов. Этот подход применим к различным типам стационарного оборудования, работающего под давлением, включая сосуды, трубопроводы, резервуары, устройства сброса давления и трубные пучки теплообменников. На основе данной методологии рассмотрим влияние коэффициента повреждения от коррозионного растрескивания, вызванного хлоридами, на вероятность отказа оборудования на ОПО.

Вероятность отказа, используемая в API 581 RBI, вычисляется по уравнению (1):

$$P_f(t) = gff_{total} \cdot D_f(t) \cdot F_{MS} \quad (1)$$

где $P_f(t)$ – вероятность отказа;

gff_{total} – общая частота отказов (generic failure frequency);

$D_f(t)$ – коэффициент разрушения (damage factor);

F_{MS}– коэффициент системы управления (management systems factor);

Общая частота отказов берется из табличных значений, зависящих от типа оборудования и не зависит от других параметров. В свою очередь коэффициент разрушения в случае локального истончения $D_f(t)$ определяется по формуле (2):

$$D_{f-total} = \max\left[D_{f-gov}^{thin}, D_{f-gov}^{extd}\right] + D_{f-gov}^{SCC} + D_{f}^{htha} + D_{f-gov}^{brit} + D_{f}^{mfat} \quad (2)$$

или по формуле (3) в случае общего истончения:

$$D_{f-total} = D_{f-gov}^{thin} + D_{f-gov}^{extd} + D_{f-gov}^{SCC} + D_{f}^{htha} + D_{f-gov}^{brit} + D_{f}^{mfat} \quad (3)$$

где

D_{f-gov}^{thin} – коэффициент повреждения от истончения (thinning factor);

D_{f-gov}^{extd} – фактор внешнего ущерба (External Damage Factor);

D_{f-gov}^{SCC} – коэффициент повреждения при коррозионном растрескивании (Stress Corrosion Cracking);

D_{f}^{htha} – коэффициент повреждения при высокотемпературном воздействии водорода (High temperature Hydrogen Attack);

D_{f-gov}^{brit} – хрупкое разрушение (brittle fracture);

D_{f}^{mfat} – Механическая усталость (только для трубопроводов) (Mechanical Fatigue (Piping Only)).

В данной работе рассмотрено влияние коэффициента фактора повреждения при высокотемпературном воздействии водорода на вероятность отказа оборудования, посредством расчета возможных значений этого фактора по алгоритму, представленному в стандарте API 581 [6].

Для расчета минимально и максимально возможного значения коэффициента примем в виде исходных данных:

1. Наличие компонента №1 из углеродистой стали C-1/2 Mo, с температурой воздействия и парциальным давлением водорода равным, соответственно, 178°C и 0,350 Мпа, а также наличие фиксированных ранее повреждений в этом компоненте, вызванных высокотемпературным воздействием водорода.

2. Наличие компонента №2 из углеродистой стали C-1/2 Mo, с температурой воздействия и парциальным давлением водорода равным,

соответственно, 128°С и 0,3 Мпа. Фиксация повреждений, вызванных высокотемпературным воздействием водорода, отсутствует.

Итоговое значение коэффициента фактора повреждения при HTHA определяется, используя данные, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Значения коэффициента фактора повреждения при HTHA

№ п/п	Восприимчивость	Коэффициент фактора повреждения
1.	Обнаруженные повреждения	5000
2.	Высокая восприимчивость	5000
3.	Средняя восприимчивость	2000
4.	Низкая восприимчивость	100
5.	Отсутствие восприимчивости	0

Согласно алгоритму расчета, в рассматриваемом случае компоненту №1 присваивается статус «Обнаруженные повреждения», компоненту №2 – «Отсутствие восприимчивости». Исходя из данных таблицы 1, коэффициент повреждения при высокотемпературном воздействии водорода будет равен 5000 для компонента №1 и 0 для компонента №2.

Выводы. Таким образом, коэффициент повреждения при высокотемпературном воздействии водорода может принимать значения от 0 до 5000, что позволяет предположить наличие существенной разницы итоговых значений расчета вероятности отказа оборудования в зависимости от исходных данных рассматриваемого компонента. Полученные данные не позволяют в полной мере оценить влияние коэффициента фактора повреждения при высокотемпературном воздействии водорода на вероятность отказа оборудования. Поэтому, в дальнейших исследованиях следует провести сравнительный анализ с остальными составляющими формулы расчета коэффициента разрушения для понимания удельного веса каждой составляющей, а соответственно и понимания процентного влияния, относительно других компонентов, на вероятность отказа оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/ (дата обращения: 26.02.2026).

2. Об утверждении Руководства по безопасности «Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах магистрального трубопроводного транспорта газа» : приказ Ростехнадзора от 22.12.2022 № 454. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_439778/ (дата обращения: 26.02.2026).

3. Об утверждении Руководства по безопасности «Методические рекомендации по проведению количественного анализа риска аварий на опасных производственных объектах магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов»: приказ Ростехнадзора от 29.12.2022 № 478. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_440799/ (дата обращения: 26.02.2026).

4. Risk Based Inspection [Электронный ресурс] // RBI Concept : официальный сайт. URL: https://rbiconcept.ru/risk-based-inspection/ (дата обращения: 26.02.2026).

5. Asset Integrity Management Software [Электронный ресурс] // Cenosco : официальный сайт. URL: https://cenosco.com/ru/ (дата обращения: 26.02.2026).

6. API RP 581. Risk-Based Inspection Methodology. URL: https://h.twirpx.link/file/2410266/ (дата обращения: 28.02.2026).

© Миронов А.К., 2026

УДК 621.642:614.8(98)

Арабаджи К.В.
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Российская Федерация
e-mail: Krify95@mail.ru

АНАЛИЗ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ РЕЗЕРВУАРОВ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ЯМАЛО-НЕНЕЦКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы повышения безопасности эксплуатации стальных резервуаров в условиях многолетнемерзлых грунтов. Проанализировано зарубежное исследование, посвященное влиянию нефтегазовой инфраструктуры на деградацию мерзлоты. Проведено сопоставление полученных выводов с условиями Ямало-Ненецкого автономного округа. Показано, что изменение состояния грунтов является одним из ключевых факторов риска при эксплуатации резервуаров для хранения нефти. Предложены меры, направленные на снижение вероятности аварийных ситуаций.
Ключевые слова: резервуар, мерзлота, техносферная безопасность, коррозия, анализ рисков.

Arabadzhi K.V.
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation

ANALYSIS OF FOREIGN EXPERIENCE IN ENSURING THE SAFETY OF STORAGE TANKS IN ARCTIC CONDITIONS AND ITS APPLICATION IN THE YAMALO-NENETS AUTONOMOUS OKRUG

Abstract. The article considers the issues of improving the safety of steel tank operation in permafrost conditions. A foreign study on the impact of oil and gas infrastructure on permafrost degradation is analyzed. The obtained results are compared with the

conditions of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug. It is established that changes in soil conditions are one of the key risk factors. Measures aimed at reducing the probability of accidents are proposed.
Keywords: steel tank, permafrost, technosphere safety, corrosion, risk analysis

Безопасная эксплуатация нефтяных резервуаров остается одной из важных задач нефтегазовой отрасли. Особенно остро эта проблема проявляется в районах Крайнего Севера, где оборудование работает при низких температурах и на многолетнемерзлых грунтах. В таких условиях риск аварий возрастает из-за коррозии, нарушения герметичности и деформации основания резервуаров. Последствия таких нарушений могут быть серьезными: разливы нефти, пожары и экологический ущерб.

В зарубежных исследованиях отмечается, что нефтегазовая инфраструктура заметно влияет на состояние многолетнемерзлых грунтов. В статье Frozen no more: a case study of Arctic permafrost impacts of oil and gas withdrawal показано, что размещение нефтепромысловых площадок ускоряет деградацию мерзлоты. Из-за этого грунт становится более влажным, а вода на поверхности распределяется по-другому. Последствия такого воздействия сохраняются даже после восстановительных мероприятий. Это важно для оценки безопасности при эксплуатации резервуаров для хранения нефти, так как изменение теплового режима грунтов снижает их прочность и может вызывать деформации основания.

При эксплуатации резервуаров в условиях Крайнего Севера можно выделить несколько основных факторов риска. К ним относятся коррозия металлоконструкций, изменение состояния многолетнемерзлых грунтов, температурные воздействия, деформации конструкции. Особенно опасно сочетание коррозионного износа и ослабления основания резервуара, так как в такой ситуации даже небольшой дефект может привести к аварии.

Для Ямало-Ненецкого автономного округа эта проблема особенно актуальна, поскольку регион является одним из крупнейших центров нефтегазодобычи в России. Здесь эксплуатация резервуаров ведется в условиях низких температур, многолетнемерзлых грунтов и удаленности многих производственных объектов. Это усложняет как повседневную эксплуатацию оборудования, так и проведение ремонтных и аварийно-восстановительных работ. Если грунт под резервуаром теряет устойчивость, возможны неравномерная осадка, деформация днища и стенок, появление трещин и нарушение герметичности. При низких температурах материалы становятся более хрупкими, а выполнять восстановительные работы становится труднее. Подобные риски характерны и для отдельных районов ЯНАО, в том числе вблизи города Губкинского.

Опыт иностранных компаний показывает, что в условиях Крайнего Севера важны меры, которые позволяют заранее выявлять опасные изменения при эксплуатации резервуаров и снизить вероятность аварий на объектах нефтегазодобычи. В первую очередь это касается мониторинга состояния резервуаров и грунтового основания, так как проблемы в основании не всегда заметны сразу, но могут привести к серьезным последствиям. Также важную роль играют антикоррозионная защита, контроль температурного режима и системы подогрева. Сочетание данных мер безопасности помогает сделать эксплуатацию резервуаров для хранения нефти в условиях Крайнего Севера более надежной.

Обращая внимание на опыт иностранных и российских компаний в эксплуатации резервуаров важно отметить наличие общих рисков аварий и различия в способах снижения данных рисков. Иностранные компании по добыче нефти всё больше уделяют внимание цифровому мониторингу, моделированию и комплексной оценке рисков. Тогда как в российских компаниях делается упор на соблюдение государственных нормативных

требований и правил в области промышленной безопасности. На практике лучше сочетать оба подхода. Нормативные требования создают базу для определения уровня безопасности, а современные методы мониторинга, такие как дистанционное зондирование, контроль температуры и влажности грунтов, помогают раньше выявлять опасные изменения в слабых местах конструкции резервуара.

Эксплуатация резервуаров в условиях многолетнемерзлых грунтов изначально связана с более высоким риском аварий. Наибольшую опасность здесь представляют деградация почвы, деформация основания резервуаров, коррозия и влияние низких температур на свойства материалов. Зарубежный опыт показывает, что снизить эти риски можно за счет постоянного контроля состояния резервуара и грунтового основания. Для Ямало-Ненецкого автономного округа применение таких мероприятий играет значимую роль в повышении надежности эксплуатации резервуаров для хранения нефти и снизить вероятность аварий на нефтегазодобываюищих объектах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Frozen no more: a case study of Arctic permafrost impacts of oil and gas withdrawal // Scientific Reports. 2024. URL: https://www.nature.com/articles/s41598-024-76292-2 (дата обращения: 22.04.2026).

2. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». (дата обращения: 22.04.2026).

3. ГОСТ 31385-2016. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2016. 32 с.

4. СП 72.13330.2016. Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии: актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85. М.: Минстрой России, 2016. 48 с.

5. ГОСТ 9.402-2004. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей перед окрашиванием. М. : Стандартинформ, 2004. 16 с.

© Арабаджи К.В., 2026

УДК 331.4

Бельфорт А.К.

Омский государственный технический университет, г. Омск, Российская Федерация

e-mail: taleksander41@gmail.com

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ КАК ЭЛЕМЕНТ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Аннотация. В настоящей работе рассматривается проблема трансформации традиционных средств индивидуальной защиты в интеллектуальные системы, способные выполнять не только защитную, но и информационно-предупредительную функцию. Обосновывается необходимость интеграции интеллектуальных средств индивидуальной защиты в обеспечение промышленной безопасности в качестве активного элемента мониторинга состояния работника и производственной среды. Проведён анализ их функциональных возможностей.

Ключевые слова: интеллектуальные СИЗ, промышленная безопасность, охрана труда, мониторинг состояния работника, цифровизация безопасности.

Belfort A.K.
Omsk State Technical University, Omsk, Russian Federation.

SMART PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT AS AN ELEMENT OF INDUSTRIAL SAFETY

Abstract. This paper addresses the problem of transforming traditional personal protective equipment into smart systems capable of performing both protective and information-warning functions. The necessity of integrating smart personal protective equipment into the industrial safety framework as an active element for monitoring the worker's condition and the production environment is substantiated. The analysis of their functional capabilities has been carried out.
Keywords: smart PPE, industrial safety, occupational safety, worker condition monitoring, digitalization of safety.

На сегодняшний день обеспечение промышленной безопасности на производственных объектах является одной из приоритетных задач, стоящих перед руководством различных организаций. По данным Росстата, ежегодно на предприятиях Российской Федерации регистрируется значительное число несчастных случаев. Наряду с этим традиционные средства индивидуальной защиты (СИЗ), применяемые работниками, выполняют исключительно пассивную барьерную функцию и не способны предупредить человека о приближении к опасной зоне, ухудшении его функционального состояния или превышении предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Следует отметить, что развитие цифровых технологий открыло принципиально новые возможности для трансформации СИЗ из пассивного защитного элемента в активный компонент промышленной безопасности. Интеллектуальные СИЗ, оснащённые датчиками, микроконтроллерами и

радиоканалами передачи данных, позволяют осуществлять непрерывный мониторинг состояния работника и окружающей среды в режиме реального времени [2,3].

Целью настоящего исследования является обоснование роли интеллектуальных СИЗ как элемента промышленной безопасности и разработка концептуальной схемы их интеграции в существующие подсистемы производственного контроля.

В результате анализа рынка современных СИЗ и научно-технических публикаций установлено, что интеллектуальные СИЗ целесообразно классифицировать по типу защитной функции и характеру собираемой информации [4]. Данная классификация представлена в таблице 1.

Таблица 1

Классификация интеллектуальных СИЗ по функциональному назначению

Класс интеллектуальных СИЗ	Традиционная защитная функция	Дополнительная интеллектуальная функция
Каски с датчиками	Защита головы от ударов	Контроль удара/падения, позиционирование, датчик температуры и пульса
Умная спецобувь	Защита стоп	Контроль перемещения, датчик падения/неподвижности
СИЗ органов дыхания с датчиками	Защита органов дыхания	Контроль выработки фильтра, индикация прорыва по CO_2
Промышленные экзоскелеты	Снижение физической нагрузки	Мониторинг биомеханической усталости, контроль позы
Умные перчатки	Защита рук	Контроль тактильного контакта с опасными поверхностями

Наряду с основной защитной функцией каждое из перечисленных устройств обеспечивает сбор и передачу данных, что позволяет использовать их в качестве источников информации для обеспечения промышленной безопасности. При этом ключевыми информационными функциями интеллектуальных СИЗ являются: идентификация работника и контроль его

допуска в зоны повышенной опасности; мониторинг физиологического состояния с целью раннего выявления признаков утомления, теплового удара или потери сознания; детекция газовой опасности на уровне индивидуального СИЗ с автоматической передачей сигнала в диспетчерскую службу; регистрация опасных событий для последующего анализа и расследования.

Следует отметить, что эффективность применения интеллектуальных СИЗ определяется не столько их техническими характеристиками, сколько глубиной интеграции в существующую информационную инфраструктуру предприятия. В рамках проведённого исследования была разработана трёхуровневая архитектура интеграции интеллектуальных СИЗ в систему обеспечения промышленной безопасности предприятия:

- Первый уровень – сбор первичных данных. На данном уровне осуществляется регистрация параметров состояния работника и производственной среды с помощью датчиков, встроенных непосредственно в СИЗ. Интеллектуальная каска оснащается акселерометром для определения положения тела, датчиком удара, фиксирующим падение предметов или столкновение, пульсометром, датчиком температуры тела и GPS-трекером для позиционирования работника в пространстве. СИЗ органов дыхания с датчиками обеспечивают непрерывный контроль концентрации углекислого газа внутри полумаски, подсчёт моточасов для определения выработки фильтра и индикацию прорыва маски при превышении допустимых значений. Умная спецобувь регистрирует факт падения или длительной неподвижности работника, а также осуществляет подсчёт шагов для оценки уровня физической нагрузки. Собранные данные по радиоканалу (Bluetooth, Wi-Fi или LoRa) передаются на следующий уровень.

- Второй уровень – передача и первичная обработка данных. Промежуточные приёмные устройства (шлюзы), расположенные на территории производственного объекта, принимают сигналы от интеллектуальных СИЗ,

осуществляют их первичную фильтрацию и ретранслируют обработанную информацию на центральный сервер предприятия по промышленному протоколу Ethernet или Wi-Fi. Применение шлюзов позволяет обеспечить устойчивую связь на крупных промышленных площадках со сложной инфраструктурой и множеством металлических конструкций, экранирующих радиосигнал.

- Третий уровень – интеграция, обработка и реагирование. На данном уровне данные от всех интеллектуальных СИЗ консолидируются на сервере, который осуществляет интеграцию полученной информации со смежными подсистемами предприятия. Взаимодействие с системой контроля и управления доступом обеспечивает автоматический запрет прохода работника в опасную зону без надетого интеллектуального СИЗ либо при сигнале о его неисправности. Интеграция с системой газового мониторинга позволяет использовать каждого работника как мобильный датчик концентрации вредных веществ с автоматической подачей сигнала тревоги при превышении предельно допустимых концентраций. Сопряжение с наряд-допускной системой даёт возможность контролировать соблюдение границ зоны производства работ повышенной опасности и фиксировать нарушения в автоматическом режиме. Все события – удары, падения, превышения предельно допустимых концентраций вредных веществ, сигналы тревоги – отображаются в режиме реального времени, а также регистрируются в электронном журнале событий для последующего анализа и использования при расследовании происшествий.

Наряду с этим предложен алгоритм реагирования на опасное событие на примере интеллектуальной каски с датчиком удара и положения. При фиксации датчиком сильного удара или горизонтального положения работника в течение более чем 30 секунд СИЗ подаёт локальный звуковой сигнал для проверки сознания пострадавшего. При отсутствии реакции в течение заданного интервала времени автоматически формируется сигнал тревоги с указанием координат

места происшествия, который передаётся диспетчеру. Одновременно событие регистрируется в электронном журнале, что создаёт информационную основу для последующего расследования и анализа причин.

Практическая значимость такого подхода подтверждается модельным расчётом времени обнаружения пострадавшего. При традиционной организации работ обнаружение пострадавшего коллегами, оповещение мастера, вызов медицинского персонала и прибытие на место происшествия составляет в среднем от 7 до 12 минут. При использовании интеллектуальных СИЗ с автоматическим оповещением время передачи сигнала тревоги диспетчеру сокращается до значений, не превышающих 1 минуты. Учитывая, что первые минуты после получения травмы являются критическими с точки зрения тяжести последствий для здоровья, данное сокращение времени реагирования способно существенно повлиять на исход аварийной ситуации.

При этом необходимо отметить, что внедрение интеллектуальных СИЗ сопряжено с рядом объективных барьеров. К их числу относятся: высокая стоимость устройств и необходимой инфраструктуры передачи данных; отсутствие в Российской Федерации утверждённых стандартов на интеллектуальные СИЗ и методик оценки их эффективности; потенциальное сопротивление персонала, воспринимающего внедрение подобных устройств как инструмент тотального контроля; необходимость обеспечения кибербезопасности передаваемых данных.

Несмотря на указанные барьеры, тенденция к цифровой трансформации усиливается и интеллектуальные СИЗ следует рассматривать в качестве одного из её ключевых элементов. Предложенный подход позволяет не только сократить время реагирования на аварийные ситуации, но и формировать базу объективных данных о поведении персонала и состоянии производственной среды, что создаёт основу для реализации превентивного подхода к управлению профессиональными рисками.

Заключение. Интеллектуальные СИЗ представляют собой закономерный этап эволюции систем обеспечения безопасности на производстве. Их внедрение позволяет перейти от пассивной защиты работника к активному мониторингу и предупреждению опасных ситуаций в режиме реального времени. Интеграция интеллектуальных СИЗ с существующими подсистемами промышленной безопасности обеспечивает сокращение времени обнаружения пострадавшего при авариях, объективизацию данных о состоянии персонала и производственной среды, а также формирование информационной основы для превентивного управления рисками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. URL: https://rosstat.gov.ru/ (дата обращения: 10.04.2026).
2. Глебова А.Э., Пескова В.А. Потенциал использования искусственного интеллекта в охране труда // Международный научный журнал «Вестник науки». 2025. № 6 (87), Т. 4. С. 2027-2030.
3. Юрьев С.С., Газя Г.В. Применение компьютерного зрения для автоматического контроля средств индивидуальной защиты // Международный научный журнал «Вестник науки». 2025. № 6 (87), Т. 4. С. 2026-2030.
4. Yurtcu A. Wearable Technologies and Internet of Things for Real-Time Hazard Monitoring in Occupational Health and Safety: A Systematic Content Analysis // Innovative Approaches to Engineering Problems. 2025. Vol. 1, No. 2. P. 45-54.

© Бельфорт А.К., 2026

УДК 699.81

Пащенко И.А.[1], Морозюк В.А.[2]

[1]Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского г. Донецк, Российская Федерация

[2]ДОННАСА – филиал НИУ МГСУ «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г.ао. Макеевка, Российская Федерация

e-mail: chase654321@bk.ru

АНАЛИЗ ЭВОЛЮЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ОТ ПЕРВОБЫТНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ОПОВЕЩЕНИЯ К ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ СИСТЕМАМ

Аннотация. В работе проведён ретроспективный анализ эволюции технических средств обеспечения пожарной безопасности – от примитивных визуальных дозоров и звуковых сигналов до современных цифровых систем оповещения и автоматической пожарной сигнализации. Показано, что развитие технологий позволило преодолеть недостатки «человеческого фактора», сократить время обнаружения и реагирования, а также повысить эффективность эвакуации. Особое внимание уделено сравнительной оценке различных типов пожарных извещателей и роли автоматизации в интеграции систем безопасности.

Ключевые слова: пожарная безопасность, системы оповещения, технический прогресс, человеческий фактор, эвакуация, автоматизация.

Pashchenko I.A.[1], *Morozyuk V.A.*[2]

[1]Mikhail Tugan-Baranovsky Donetsk National University of Economics and Trade, Donetsk, Russian Federation

[2]DONNASA is a branch of the National Research University MGSU «Donbass National Academy of Construction and Architecture», JSC. Makeyevka, Russian Federation

AN ANALYSIS OF THE EVOLUTIONARY DEVELOPMENT OF FIRE SAFETY TECHNOLOGIES: FROM PRIMITIVE WARNING TOOLS TO INTELLIGENT SYSTEMS

Abstract. The paper provides a retrospective analysis of the evolution of fire safety technical means, from primitive visual surveillance and sound signals to modern digital warning systems and automatic fire alarms. It shows that technological advancements have overcome the limitations of the "human factor," reduced detection and response times, and improved evacuation efficiency. The paper also focuses on the comparative evaluation of different types of fire detectors and the role of automation in integrating security systems.

Keywords: fire safety, warning systems, technological progress, human factor, evacuation, automation.

Обеспечение безопасности населения и территорий при угрозе возникновения пожара является одной из приоритетных задач любого государства. На протяжении всей истории человечество страдает от пожаров и ищет эффективные методы защиты от них путём технического прогресса. Сегодня, в эпоху цифровизации и повсеместной автоматизации, уровень защищенности человека напрямую зависит от совершенства технических средств, применяемых для обнаружения угрозы и оповещения о ней.

Целью данной работы является анализ эволюции средств обеспечения безопасности при пожаре, выявление ключевых трудностей прошлого и оценка влияния технического прогресса на системы оповещения и автоматической пожарной сигнализации для обеспечения безопасности.

Первые средства обнаружения опасности и оповещения о ней носили примитивный характер. Основным методом борьбы с пожарами, являлась организация дозоров и караулов на возвышенностях (колокольнях, сторожевых башнях) [5]. Данный способ был основан на визуальном обнаружении очага возгорания и дальнейшем оповещении путём использования звуковых приборов, таких как колокол, горн, барабан и т.д.

Главным недостатком данного подхода являлся «Человеческий фактор». Эффективность спасения людей и тушения пожара напрямую зависела от физического состояния и внимательности конкретного человека, что подвергало людей опасности, поскольку дозорный мог задремать, ошибиться в оценке масштабов бедствия, не увидеть в дневное время или просто не успеть вовремя подать сигнал в случае быстрого распространения огня. Кроме того, скорость передачи информации была крайне низкой и ограничивалась радиусом слышимости, что приводило к значительным задержкам в прибытии помощи и, как следствие, к гибели людей и материальным потерям.

Важнейшим изменением стал технический прогресс, изобретение быстрой передачи информации, появление телеграфа, а затем и телефона совершило революцию в скорости и расстоянии передачи сигналов бедствия. С созданием централизованных пунктов связи (пожарных частей, диспетчерских служб) время от обнаружения возгорания до выезда расчета сократилось с часов до минут. Дальнейшая модернизация привела к созданию региональных систем централизованного оповещения (РСЦО). В середине XX века широкое распространение получили электромеханические сирены и громкоговорители,

устанавливаемые на крышах домов и столбах. Это позволило покрывать звуком большие площади города [3].

Современный этап развития систем оповещения характеризуется цифровизацией и интеграцией их в административные здания, магазины и жилые дома. На смену аналоговым сетям пришли комплексы на базе IP-технологий (англ. Internet Protocol). Они позволяют транслировать не только условный звуковой сигнал (вой сирены), но и адресные речевые сообщения с конкретными инструкциями по действиям, что значительно снижает панику и повышает организованность населения при эвакуации. Сегодня системы оповещения интегрируются с сетями проводного радиовещания, сотовой связи (через Cell Broadcast) и сетью Интернет. Благодаря этому сообщение о возникновении пожара может достичь адресата практически мгновенно, независимо от его местонахождения, что является колоссальным шагом вперед по сравнению с колокольным звоном средневековья.

Параллельно с развитием средств оповещения совершенствовались и методы обнаружения опасности. Наиболее ярким примером является эволюция пожарной сигнализации. Изначально единственным способом узнать о пожаре было визуальное наблюдение. Первые автоматические извещатели были примитивными тепловыми устройствами, срабатывавшими при достижении критической температуры. Однако их недостатком была инерционность: к моменту срабатывания пожар переходил в активную фазу и сильно разрастался.

Настоящий прорыв произошел с внедрением дымовых извещателей, работающих на ионизационном или оптическом принципе. Они способны обнаружить возгорание на стадии тления, когда открытого пламени еще нет, что дает людям максимально возможное время для эвакуации и позволяет приступить к тушению на начальной стадии.

Таблица 1

Сравнение эффективности различных типов пожарных извещателей

Тип извещателя	Принцип обнаружения	Среднее время обнаружения возгорания	Влияние на безопасность людей
Тепловой (пороговый)	Достижение температуры	Высокое (пожар в развитой стадии)	Низкое (пути эвакуации могут быть заблокированы)
Дымовой (точечный)	Наличие продуктов горения в воздухе	Среднее / Низкое (стадия тления)	Высокое (достаточно времени для эвакуации)
Аспирационный	Забор воздуха и анализ состава газов	Минимальное (скрытые процессы)	Максимальное (предотвращение развития пожара)

Как показано в таблице 1, прогресс в области чувствительности датчиков напрямую коррелирует с уровнем безопасности. Современные аспирационные системы способны обнаружить перегрев оборудования в серверных или на производстве задолго до появления даже микроскопических частиц дыма, что позволяет предотвратить пожар техническими методами без эвакуации персонала [2].

Современные системы автоматической пожарной сигнализации (АПС) представляют собой сложные программно-аппаратные комплексы. Они не только обнаруживают очаг, но и автоматически запускают системы дымоудаления, включают оповещение, управляют лифтами и передают сигнал на пульт подразделений МЧС без участия человека [4].

Внедрение современных средств автоматизации и оповещения кардинальным образом изменило статистику и саму философию безопасности. Если ранее основная ставка делалась на скорость реагирования пожарных частей (которые все равно тратили время на дорогу), то теперь акцент смещен на предотвращение развития опасных факторов пожара и раннюю эвакуацию.

Анализ статистических данных показывает, что применение адресно-аналоговых систем пожарной сигнализации и интегрированных систем оповещения позволяет снизить время начала эвакуации с 5–10 минут (при

визуальном обнаружении) до нескольких секунд (при автоматическом срабатывании) [1]. В условиях быстро распространяющегося пожара эти минуты являются решающими для спасения жизни.

Кроме того, интеграция систем безопасности в единую сеть «Умный город» позволяет диспетчерским службам в реальном времени видеть обстановку на объекте, управлять потоками людей при эвакуации и координировать действия спасателей еще до их прибытия на место. Технический прогресс также помог минимизировать трагедии, связанные с «человеческим фактором» со стороны обслуживающего персонала. Автоматика не поддается панике, не может забыть о своих обязанностях или ошибиться при оценке масштаба угрозы. Она действует строго по заложенному алгоритму, что гарантирует включение систем защиты даже в нерабочее время, когда здание пустует.

Для количественной оценки эффективности внедрения автоматических систем пожаротушения и оповещения был проведён сравнительный анализ временных затрат на различных этапах реагирования. В качестве базового сценария рассматривалось возгорание в двух административных зданиях в рабочее время. Одно здание оборудовано АПС, а второе нет. На рис. 1 изображена диаграмма для наглядной демонстрации затраченного времени в обоих зданиях.

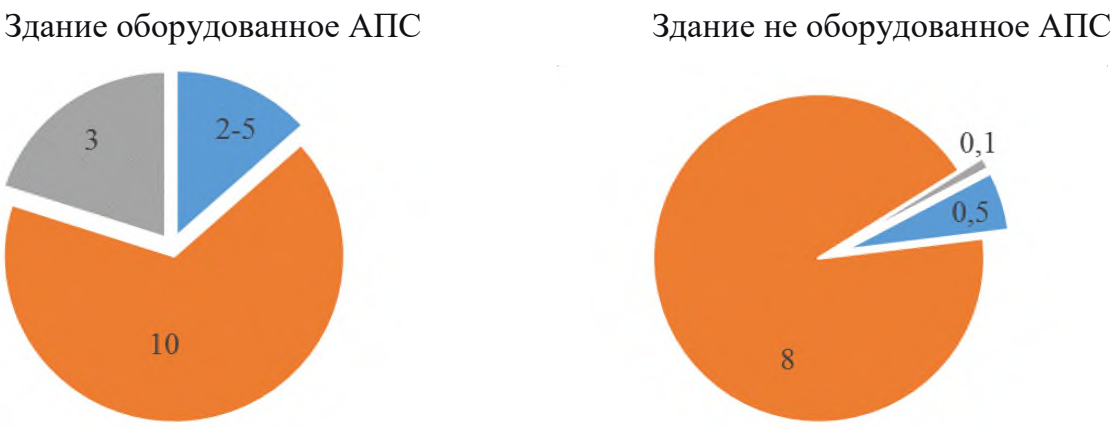


Рис. 1. Анализ временных затрат при пожаре.

Реагирование работника при обнаружении очага возгорания занимает около 2-5 минут, после затрачивается ещё 3 минуты для мобильного звонка в пожарную часть для точного информирования по какому адресу и в каких масштабах происходит горение, оставшееся время занимает прибытие пожарной бригады по дорогам города, занимающее ещё около 10 минут. При использовании системы автоматической пожарной сигнализации, извещатель улавливает тепловой потом за 30 секунд, а система оповещения, выведенная на центральный пульт пожарной части, реагирует за 10 секунд, время прибытие пожарной бригады остаётся неизменным (10 минут).

Полученные данные показывают нам, что автоматизация позволяет сократить общее время прибытия с 18 минут практически до 10 минут. Это сокращение является критическим, поскольку динамика нарастания опасных факторов пожара (температура, задымление) в первые минуты имеет экспоненциальный характер.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что развитие средств обеспечения безопасности при пожаре прошло долгий и сложный путь от пассивного наблюдения до активного автоматического предотвращения угроз. Основные трудности прошлого, связанные с низкой скоростью передачи информации и высокой зависимостью от субъективных качеств человека, были успешно преодолены благодаря технического прогресса. Модернизация систем оповещения, преобразовалась от локального звукового сигнала к глобальным цифровым сетям персонализированного информирования, в совокупности с внедрением АПС, создала принципиально новую среду безопасности. Техническое развитие систем оповещения и АПС не просто информируют о бедствии, а берут на себя функции по управлению защитой объектов и эвакуацией, что в конечном итоге позволяет сохранить тысячи человеческих жизней. Дальнейшее развитие данной сферы, несомненно, будет связано с искусственным интеллектом и прогнозированием возникновения пожара на

основе больших данных, что выведет безопасность жизнедеятельности на еще более высокий уровень.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Решетько М.А., Пащенко И.А. Актуальные проблемы тренировок по эвакуации людей в условиях чрезвычайных ситуаций: комплексный подход и современные вызовы // Инновации и качество высшего образования: сборник тезисов докладов участников III Региональной научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава. Донецк, 2025. С. 191-192.

2. Ржесик К. А. Охрана труда: учебник / К. А. Ржесик, М. А. Решетько, А. Н. Бирюков [и др.]. Донецк: ФГБОУ ВО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского», 2025. 320 с.

3. ГОСТ Р 22.7.01-2021. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Единая дежурно-диспетчерская служба. Основные положения. М.: Стандартинформ, 2021. 20 с.

4. Об утверждении требований к оснащению объектов защиты автоматическими установками пожаротушения, системой пожарной сигнализации, системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре : постановление Правительства РФ от 01.09.2021 № 1464 // Собрание законодательства РФ. 2021. № 36. Ст. 6322.

5. Бородин, М. П. Система оповещения о пожарах в столице Российской империи в XIX в. // Вестник Ленинградского государственного университета им. А. С. Пушкина. 2010. № 4. С. 35-49.

© Пащенко И.А., Морозюк В.А., 2026

УДК 620.193

Петухова М.А.
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
e-mail: marinaalekseevna2003@mail.ru

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ АВАРИИ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ ПРИ ИСТОНЧЕНИИ СТЕНОК ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. Целью данной статьи является рассмотрение методологии количественной оценки влияния истончения на риск аварии в соответствии с технологией контроля, основанной на оценке риска Американского института нефти. Особое внимание уделяется коэффициенту разрушения (Damage factor), который вместе с базовой частотой отказов и фактором системы менеджмента позволяет определить вероятность отказа оборудования. Статья демонстрирует влияние результатов инспекций и технического контроля на итоговую вероятность аварии.
Ключевые слова: вероятность аварий, истончение, опасный производственный объект, инспекции, управление риском.

Petukhova M.A.
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation

ASSESSMENT OF THE PROBABILITY OF AN ACCIDENT AT DANGEROUS PRODUCTION FACILITIES DUE TO THINNING OF EQUIPMENT WALLS

Abstract. The purpose of this article is to consider the methodology of quantifying the impact of thinning on the risk of an accident in accordance with the control technology

based on the risk assessment of the American Petroleum Institute. Special attention is paid to the Damage factor, which, together with the base failure rate and the management system factor, makes it possible to determine the probability of equipment failure. The article demonstrates the impact of inspection and technical control results on the final probability of an accident.

Keywords: probability of accidents, thinning, hazardous production facility, inspections, risk management.

Одной из основных причин разгерметизации оборудования является истончение стенки под действием коррозионных процессов [1]. Методология, изложенная в стандарте API RP 581, позволяет перейти от планово-предупредительных ремонтов к управлению риском, с учетом фактического состояния оборудования. Одним из элементов данной методологии является количественная оценка вероятности отказа, зависящая в том числе от истончения [2].

Коэффициент разрушения ―значение, во сколько раз вероятность отказа данного конкретного компонента выше или ниже среднеотраслевого значения из-за накопленных повреждений.

Расчет этого фактора для истончения (D_f^{thin}) является многоступенчатым процессом:

1. Определение количества инспекций и соответствующую категорию эффективности инспекции. Объединение результатов инспекций в категорию наивысшей достигнутой эффективности.

2. Определение времени эксплуатации (age) с момента последнего замера толщины (t_{rd}).

3. Определение скорости коррозии для основного метала ($C_{r,bm}$), на основе материала конструкции и технологической среды. Если компонент имеет

защитное покрытие, также необходимо получить скорость коррозии для покрытия ($C_{r,cm}$).

4. Определение минимальной требуемой толщины стенки (t_{min}) [3,4].

5. Для компонентов с покрытием необходимо рассчитать время от последней инспекции, необходимое для полной коррозии покрытия (age_{rc}), используя формулу (1).

$$age_{rc} = \max\left[\left(\frac{t_{rd} - t}{C_{r,cm}}\right), 0.0\right] \quad (1)$$

6. Определение параметра коэффициента разрушения (A_{rt}), используя формулу (2) для компонентов без покрытия, а также для компонентов, у которых покрытие полностью корродировало к моменту последней инспекции.

$$A_{rt} = \max\left[\left(1 - \frac{t_{rd} - C_{r,bm} \cdot age}{t_{min} + CA}\right), 0.0\right] \quad (2)$$

Для компонентов с покрытием на момент последней инспекции, используя формулу (3).

$$A_{rt} = \max\left[1 - \frac{t_{rd} - C_{r,cm} \cdot age_{rc} - C_{r,bm} \cdot (age - age_{rc})}{t_{min} + CA}, 0.0\right] \quad (3)$$

7. Определение базового коэффициента повреждения при истончении (D_{fB}^{thin}), используя таблицы 5.11 и 5.12 в стандарте API RP 581 [5].

8. Определение итогового коэффициента повреждения при истончении (D_f^{thin}), используя формулу (4).

$$D_f^{thin} = \frac{D_{fB}^{thin} \cdot F_{IP} \cdot F_{DL} \cdot F_{WD} \cdot F_{AM} \cdot F_{SM}}{F_{OM}} \quad (4)$$

где F_{OM} – корректировка на коэффициент повреждения для онлайн-мониторинга;

F_{IP} – корректировка для точек впрыска/смешения;

F_{DL} – корректировка для застойных зон;

F_{WD} – корректировка для сварной конструкции;

F_{AM} – корректировка для технического обслуживания;

F_{SM} – корректировка на осадку.

Проведя расчеты, были получены следующие зависимости. Анализ рис. 1 показал, что зависимость базового коэффициента разрушения от параметра коэффициента разрушения имеет нелинейный характер. График имеет 4 зоны роста, что обусловлено разницей между фактической толщиной стенки и допустимой.

Рис. 2 отображает насколько категории эффективности инспекций и их количество влияют на значение базового коэффициента разрушения. Чем меньше частота и ниже эффективность инспекции, тем выше значение базового коэффициента разрушения.

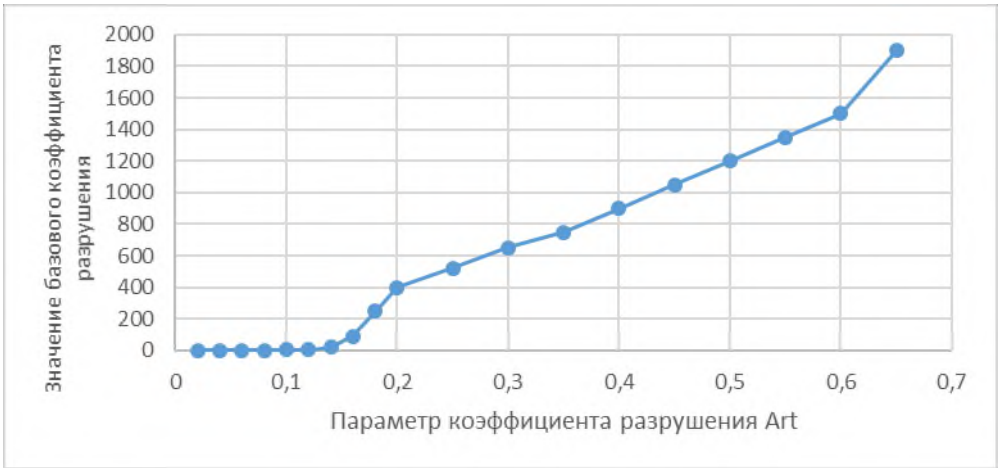


Рис. 1. График зависимости базового коэффициента разрушения от параметра коэффициента разрушения

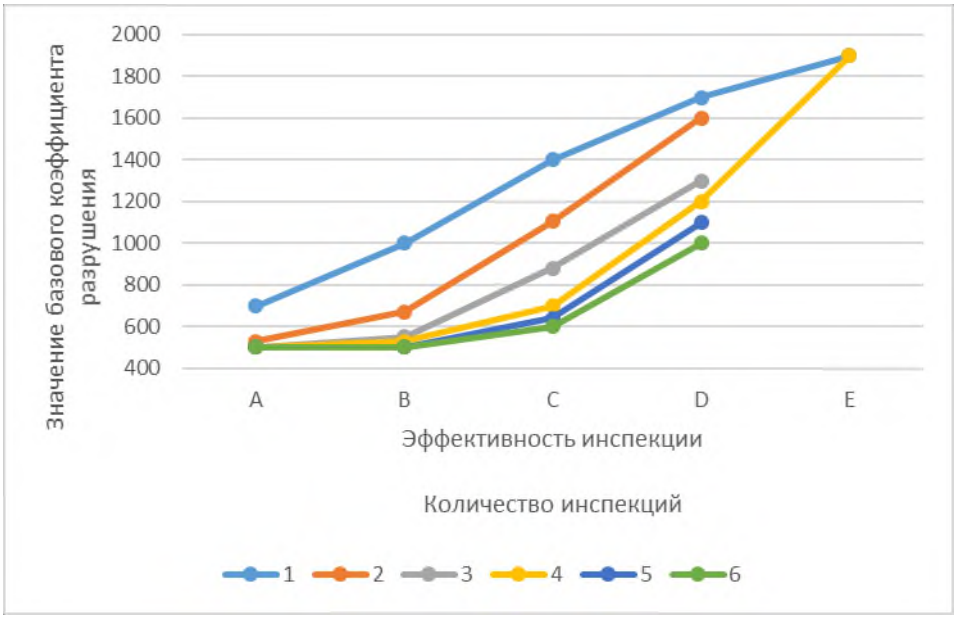


Рис. 2. График зависимости базового коэффициента разрушения от эффективности инспекции

Согласно философии RBI, инспекция не снижает скорость коррозии, но снижает неопределенность в знании о ней. API RP 581 вводит понятие категорий эффективности инспекции (Inspection Effectiveness), которые напрямую влияют на итоговый фактор разрушения.

Вероятность отказа напрямую зависит от степени истончения стенки, выраженной через параметр коэффициента разрушения. Выход за пределы минимальной толщины ведет к экспоненциальному росту фактора разрушения.

Эффективная инспекция является мощным инструментом управления риском. Она не меняет физику процесса коррозии, но радикально снижает неопределенность, что позволяет значительно уменьшить расчетный фактор разрушения и, следовательно, вероятность аварии, увеличивая временной интервал использования оборудования между ремонтами.

Применение данного подхода позволяет перейти к риск-ориентированному планированию ремонтов, фокусируя ресурсы на наиболее опасных с точки зрения истончения элементах и выбирая для них наиболее эффективные методы контроля.

Подводя итоги, вероятность отказа зависит от степени истончении и варьируется в диапазоне от 1 до 1710000. Также стоит отметить, что проведение 2-3 инспекций с эффективностью «В» является оптимальным решением для управления риском.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. American Petroleum Institute [Электронный ресурс]. URL: https://www.api.org/ (дата обращения: 06.03.2026).
2. API RP 581. Inspection Planning Using API RBI Technology. Washington, D. C.: American Petroleum Institute, 2005.
3. API 579-1/ASME FFS-1. Fitness-For-Service. Washington, D.C.: American Petroleum Institute, 2007.
4. API STD 653. Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction. Washington, D.C.: American Petroleum Institute, 2005.
5. NACE SP0169. Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems. Houston, TX : NACE International, 2013.

© Петухова М.А., 2026

УДК 331.4

Федоренко К.М.
Омский государственный технический университет, г. Омск, Российская Федерация
e-mail: fedorenkokristina72@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА УРОВЕНЬ ТРАВМАТИЗМА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ НА ВЫСОТЕ

Аннотация. В настоящей статье рассматривается проблема человеческого фактора как одного из ключевых источников профессиональных рисков,

существенно влияющих на высокий уровень травматизма при выполнении работ на высоте. Для её решения составлен перечень мер системного контроля, позволяющих снизить вероятность возникновения несчастного случая от воздействия человеческого фактора и применимых как по отношению к работникам, так и по отношению к руководителям организаций.
Ключевые слова: человеческий фактор, травматизм, работы на высоте, человеческий фактор на уровне руководства, человеческий фактор на уровне работника, безопасность труда.

Fedorenko K.M.
Omsk State Technical University, Omsk, Russian Federation

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE HUMAN FACTOR ON THE LEVEL OF INJURIES DURING WORK AT HIGH ALTITUDE

Abstract. This article discusses the problem of the human factor as one of the key sources of occupational risks, which significantly affect the high level of injuries during work at height. To address this issue, a list of systemic control measures has been compiled to reduce the likelihood of accidents caused by the human factor, which can be applied to both employees and organizational leaders.
Keywords: human factor, injuries, work at height, human factor at the management level, human factor at the employee level, occupational safety.

В современных условиях развития промышленности, строительства, энергетики, транспортной инфраструктуры и жилищно-коммунального хозяйства работы на высоте занимают особое место среди видов трудовой деятельности, характеризующихся повышенным уровнем профессионального риска. Данный вид работ традиционно относится к категории наиболее потенциально опасных [1].

Работы на высоте широко применяются в различных отраслях экономики, а главная их специфика заключается в комплексном характере опасностей, воздействующих на работника. К ключевым рискам, исходящим из определения работ на высоте, следует отнести [2]:

- вероятность падения работника с высоты 1,8 метра и более;
- вероятность падения работника при подъёме на высоту более 5 метров, или спуска с высоты более 5 метров по лестнице, угол наклона которой к горизонтальной поверхности составляет более 75°;
- при проведении работ на площадках на расстоянии ближе 2 метров от неогражденных перепадов по высоте более 1,8 метров, а также, если высота защитного ограждения площадок менее 1,1 метра.

Однако существенную угрозу представляют и сопутствующие вредные и опасные факторы производственной среды: неблагоприятные метеорологические условия, ограниченность пространства для выполнения технологических операций и другие. Среди них особое влияние на уровень травматизма при осуществлении работ на высоте оказывает человеческий фактор [3].

Согласно данным СУБД RCA ФГБУ «ВНИИ Труда» МИНТРУДА России, более 20% от всех нарушений правил по охране труда, которые привели к несчастному случаю, приходятся на нарушения требований безопасности при работах на высоте, что является следствием влияния человеческого фактора [4].

Человеческий фактор представляет собой совокупность психофизиологических, поведенческих и организационных особенностей деятельности человека [5]. В контексте производственной среды он выступает в качестве сложного элемента риска, способного оказывать непосредственное влияние на результаты и безопасность труда. Его принципиальная особенность заключается в двойственном характере проявления: человеческий фактор имеет

значение как на уровне действий непосредственных исполнителей работ, так и на уровне управленческих решений.

Проявление человеческого фактора среди работников определяется совокупностью индивидуальных характеристик: уровнем профессиональной подготовки, квалификацией, психофизиологическим состоянием, степенью утомления, а также мотивационными и поведенческими установками. В данном случае наиболее существенное значение приобретают трудовая дисциплина и строгость соблюдения принятых требований охраны труда, инструкций, регламентов, от которых напрямую зависит надёжность выполнения работником производственных операций [6].

В свою очередь, человеческий фактор на уровне управления может проявляться через исходящие из профессиональных качеств руководителей организационно-управленческие решения, которые формируют условия и порядок выполнения работ. Ключевое значение в данном случае приобретают эффективность системы производственного контроля, полнота и системность обучения и инструктажей, ответственный подход к оценке профессиональных рисков, а также активное развитие и внедрение работодателями культуры безопасности на территории организации. Любые несовершенства в этих элементах создают предпосылки для возникновения опасных ситуаций и несчастных случаев, а также способствуют снижению общего уровня производственной безопасности [6].

При организации работ на высоте указанная «двойственность» человеческого фактора приобретает особую значимость, поскольку данный вид работ характеризуется повышенной восприимчивостью к малейшим отклонениям от установленных требований безопасности [1]. Даже незначительные ошибки или управленческие просчёты способны повлечь тяжёлые последствия из-за высокой степени потенциального риска.

Вновь возвращаясь к статистике СУБД RCA ФГБУ «ВНИИ Труда» МИНТРУДА России (рис.1), можно увидеть, что наибольшая доля нарушений требований охраны труда при выполнении работ на высоте на практике связана с человеческим фактором. В частности, 33,1% несчастных случаев, повлекших смерть работника, связаны с нарушениями при организации работ по наряду-допуску, что свидетельствует о проявлении человеческого фактора на уровне руководства, выражающемся в формальном подходе к подготовке работ на высоте, недостаточной детализации условий их безопасного выполнения и сниженной эффективности контроля [4].

Существенная часть нарушений приходится на требования, предъявляемые к работникам (15,6%), а также на системы обеспечения безопасности (12,6%). Данные показатели демонстрируют на наличие комплексных проблем, затрагивающих как поведенческие аспекты деятельности исполнителей работ, так и уровень их обеспечения необходимыми средствами защиты. Такая взаимосвязь подтверждает системный характер человеческого фактора, при котором недостатки в управлении создают предпосылки для формирования небезопасного поведения работника.

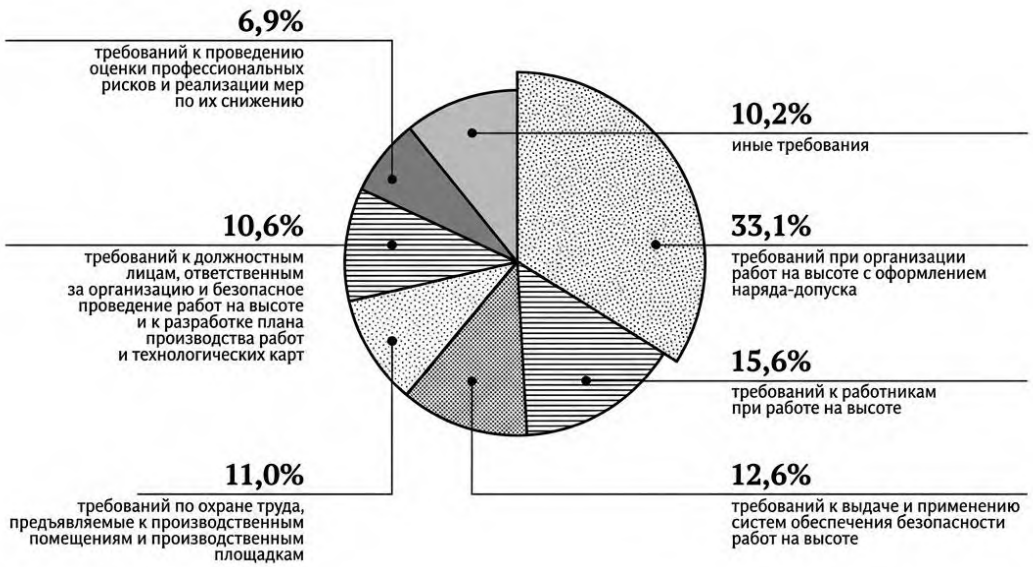


Рис. 1. Распределение нарушений требований правил по охране труда (ПОТ) при работе на высоте, приведшие к гибели работников (2021-2023 год)

Таким образом, для того, чтобы уменьшить количество несчастных случаев, связанных с человеческим фактором при проведении работ на высоте, необходимо придерживаться строгих мер системного контроля, распространяющихся как на работников, занятых на потенциально опасных рабочих местах, так и на руководителей организаций. Пример таких мер представлен на схеме (рис.2).

Рис. 2. Схема «Человеческий фактор при реализации работ на высоте»

Представленная схема систематизирует влияние человеческого фактора на уровень травматизма при выполнении работ на высоте и разделяет его на два уровня: управленческий и исполнительский. Для каждого уровня представлены типичные причины возникновения несчастных случаев и соответствующие меры их предотвращения и контроля.

Заключение. Проведённое исследование показало, что человеческий фактор играет ключевую роль в возникновении несчастных случаев при выполнении работ на высоте и может возникать как на уровне руководства, так

и на уровне работников. Статистические данные подтверждают, что значительная доля несчастных случаев, в том числе со смертельным исходом, обусловлена не только индивидуальными нарушениями требований охраны труда, но и недостатками в системе организации, контроля и обеспечения безопасности. Только благодаря одновременному совершенствованию управленческих решений и повышению трудовой дисциплины, а также при усилении контроля и развитии культуры безопасности участникам производственного процесса удастся уйти от того уровня подверженности травматизму при выполнении работ на высоте, с которым они вынуждены сталкиваться на сегодняшний день.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хамидуллина, Е. А., Толстихина Ю. А., Поветкина П. Н. Системный подход к обеспечению безопасности работ на высоте // XXI век. Техносферная безопасность. 2018. Т. 3, № 3 (11). С. 24-35.

2. Об утверждении правил по охране труда при работе на высоте: приказ Минтруда России от 16.11.2020 № 782н. URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=501499 (дата обращения: 06.03.2026).

3. Саутина А.Д. Человеческий фактор как главная причина несчастных случаев на производстве // Экология и безопасность жизнедеятельности: сборник материалов региональной научно-практической конференции студентов и школьников, Кемерово, 08 ноября 2022 года. Кемерово, 2022. С. 44.1-44.3.

4. Акирова Ю.А. Анализ производственного травматизма в России / Ю.А. Акирова, А.М. Елин, С.А. Мажкенов, А.И. Макеев, М.С. Москвина [и др.]. URL: https://www.admsayansk.ru/pub/img/rubrics/2939/02-74-4297_25_15_10_2025_analiz_proizvodstvennogo_travmatizma_v_rossii.pdf (дата обращения: 06.03.2026).

5. Карначев И.П., Терещенко В.С. Рисунок времени. Человеческий фактор как две стороны одной медали производственной деятельности человека // Безопасность и охрана труда. 2013. № 1. С. 45-51.

6. Енгибарян А.В., Шутилов Ф.В. Роль человеческого фактора в принятии управленческого решения // Производственный менеджмент: теория, методология, практика. 2016. № 6. С. 125-130.

© Федоренко К.М., 2026

УДК 331.4

Федоренко К.М.

Омский государственный технический университет, г. Омск, Российская Федерация

e-mail: fedorenkokristina72@gmail.com

РОЛЬ ПРИМЕНЕНИЯ МАТРИЧНОГО МЕТОДА В ОЦЕНКЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

Аннотация. В настоящей статье производится анализ матричного метода оценки профессиональных рисков как наиболее значимого инструмента реализации проактивных мер предупреждения травматизма при эксплуатации электроустановок. Рассматривается особая ценность данного метода, заключающаяся в системном выявлении и ранжировании опасностей с учетом вероятности их осуществления и тяжести возможных последствий. Аргументируется целесообразность применения матричного метода для оценки рисков при выполнении работ в электроустановках, связанная с возможностью приоритизировать опасности и за счёт этого повышать обоснованность выбора защитных мероприятий.

Ключевые слова: матричный метод, оценка профессиональных рисков, травматизм, работы в электроустановках, приоритизация рисков, несчастный случай.

Fedorenko K.M.
Omsk State Technical University, Omsk, Russian Federation

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE HUMAN FACTOR ON THE LEVEL OF INJURIES DURING WORK AT HIGH ALTITUDE

Abstract. This article analyzes the matrix method of assessing occupational risks as the most significant tool for implementing proactive measures to prevent injuries during the operation of electrical installations. It highlights the unique value of the matrix method, which involves systematically identifying and ranking hazards based on their likelihood of occurrence and potential severity. The article argues for the effectiveness of using the matrix method to assess risks associated with working in electrical installations, as it allows for prioritizing hazards and improving the rationality of protective measures.
Keywords: matrix method, assessment of professional risks, injuries, work in electrical installations, risk prioritization, accident.

В век современных технологий и активного развития промышленного производства работы, связанные с эксплуатацией электроустановок, получили широкое распространение и стали неотъемлемой частью функционирования большинства отраслей экономики [1]. Однако, несмотря на это, указанный вид деятельности по-прежнему представляет повышенную опасность для

обслуживающего и эксплуатирующего электроустановки оперативного персонала, что обусловлено наличием многообразных и трудноустранимых факторов риска [2]. Специфика данных работ характеризуется сочетанием технической сложности оборудования, необходимостью строгого соблюдения работниками и руководством правил по охране труда, регламентированных нормативно-правовыми актами, и повышенными требованиями к квалификации сотрудников. Нарушения установленных мер безопасности в данной области могут приводить к ряду материальных и тяжёлых нематериальных последствий, в том числе представлять угрозу для здоровья и жизни работника [3].

Таким образом, особое значение в условиях работ, связанных с эксплуатацией электроустановок, приобретает необходимость перехода от реактивной модели обеспечения безопасности к проактивной, основанной на выявлении потенциальных угроз, их анализе и минимизации вероятных последствий на ранних этапах производственной деятельности [3]. Осуществить подобный переход можно в первую очередь посредством внедрения системных подходов к управлению профессиональными рисками, ориентированных на предупреждение несчастных случаев. Одним из таких подходов является матричный метод оценки рисков.

Под матричным методом понимается способ качественно-количественной оценки риска, основанный на сопоставлении вероятности наступления опасного события и тяжести его последствий с последующим упорядочиванием полученных значений в рамках заранее установленной шкалы риска. Характерной особенностью выбранного метода является его наглядность и последовательность, которые обеспечиваются представлением результатов в виде матрицы, позволяющей визуально классифицировать опасности по уровням значимости. При этом матричный метод отличается относительной простотой,

невысокими затратами на осуществление и возможностью оперативного пересмотра оценок в случае изменений условий труда [4]. Его применение при эксплуатации электроустановок является особенно актуальным ввиду высокой вариативности и комплексности возникающих в процессе проведения данных работ опасностей. Использование матричного подхода позволяет выявлять из всего спектра идентифицированных рисков наиболее приоритетные, а также даёт возможность рационального распределения ресурсов предприятия при планировании и организации мер защиты [5]. Кроме того, метод способствует повышению обоснованности принимаемых управленческих решений за счёт унифицированного и воспроизводимого характера оценки, что имеет существенное значение при осуществлении работ в электроустановках.

Рассмотрим практический пример применения матричного метода оценки профессиональных рисков на основе разработки модели анализа опасностей для рабочего места сотрудника, занятого непосредственно эксплуатацией электроустановок. В качестве объекта исследования примем рабочее место электромеханика. Для корректного применения матричного метода и получения объективных результатов оценки профессиональных рисков необходимо, прежде всего, сформировать представление о потенциальных источниках опасности, характерных для деятельности выбранного работника [5]. На рис. 1 представлен перечень основных и наиболее распространённых опасностей, которые могут нанести серьёзный вред здоровью и жизни сотрудника в рамках анализируемого рабочего места.

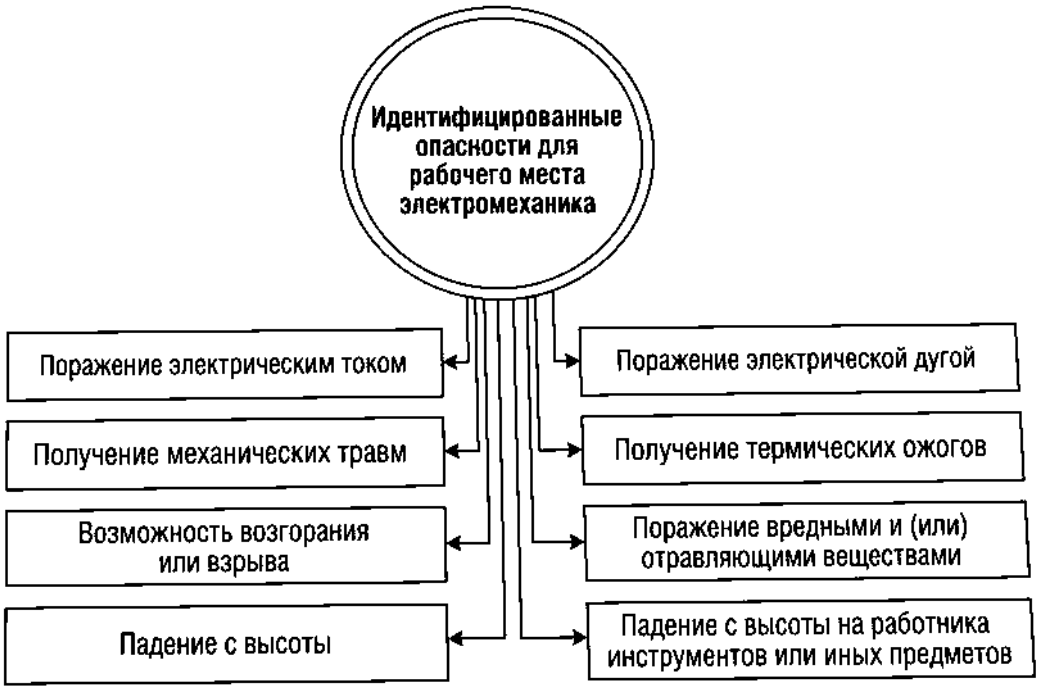


Рис. 1. Схема опасностей, идентифицированных для рабочего места электромеханика

Выбор указанных опасностей обусловлен спецификой трудовой деятельности электромеханика и условиями эксплуатации электроустановок. В первую очередь были выделены риски, напрямую связанные с работой под напряжением и являющиеся характерными для данного вида деятельности (поражение током и электрической дугой). Механические опасности включены в перечень ввиду постоянного взаимодействия работника с вращающимися и подвижными частями оборудования. Риски падения с высоты и падения предметов обусловлены конструктивными особенностями размещения электроустановок, значительная часть которых обслуживается на высоте или в ограниченных пространствах. Пожарно-взрывные и термические опасности связаны с возможными аварийными режимами работы оборудования, перегрузками и короткими замыканиями, приводящими к нагреву и возгораниям, а воздействие вредных веществ учитывается как следствие разрушения изоляционных материалов и выделения продуктов горения при нештатных ситуациях.

Сама по себе идентификация не позволяет определить степень значимости каждого риска. В этой связи возникает необходимость перехода к следующему этапу анализа – подготовке к матричной оценке [5]. Данный этап предполагает систематизацию выявленных опасностей и определение единых критериев их оценки. Для обеспечения сопоставимости результатов каждому идентифицированному риску необходимо присвоить параметры, отражающие вероятность его возникновения и потенциальную тяжесть последствий. Подготовка к матричной оценке также предусматривает установление шкал оценки вероятности и тяжести последствий. В соответствии с приказом Минтруда России № 926, существует несколько вариантов матриц, унифицированных для анализа [3]. Остановимся на матрице 5 х 5, основные параметры которой:

Вероятность (L): 1 – 5

Тяжесть последствий (S): 1 – 5

Для каждой опасности рассчитывается показатель риска по формуле:

$R = L \cdot S$,

где: R – уровень риска;

L – вероятность возникновения;

S – тяжесть последствий.

Для упрощения анализа и принятия управленческих решений используется следующая интерпретаций полученных значений риска:

1-4 – допустимый уровень риска, не требующий экстренных дополнительных мер, за исключением контроля;

5-9 – умеренный уровень риска, требует разработки плановых мероприятий по снижению, а также регулярного контроля условий труда;

10-14 – высокий уровень риска, требующий мер по снижению и разработки инженерных и организационных профилактических мероприятий;

15-19 – очень высокий уровень риска, также требующий экстренных мер по снижению и разработки инженерных и организационных профилактических мероприятий;

20-25 – неприемлемый уровень риска, требующий немедленного вмешательства и приостановки работ до устранения опасности.

Результаты оценки уровня риска по каждой из идентифицированных опасностей, внесённые в матрицу 5х5, представлены на рис. 2.

МАТРИЦА ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА			ТЯЖЕСТЬ ВОЗМОЖНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ, S				
			1	2	3	4	5
			Допустимая	Умеренная	Высокая	Очень высокая	Критическая
ВЕРОЯТНОСТЬ, L	5	Точно произойдёт	Умеренный	Высокий	Очень высокий риск	Критический риск	Критический риск
	4	Вероятно произойдёт	Допустимый	Умеренный	Высокий	Очень высокий риск	Критический риск
	3	Возможно произойдёт	Допустимый	Умеренный	Умеренный **1. Механичес-кие травмы 2. Термические ожоги**	Высокий	Очень высокий риск **Поражение током**
	2	Маловероятно	Допустимый	Допустимый **Поражение вредными веществами**	Умеренный **Падение с высоты предметов**	Умеренный **Падение с высоты**	Высокий **1. Поражение электрической дугой 2. Пожар/взрыв**
	1	Редко	Допустимый	Допустимый	Допустимый	Допустимый	Умеренный

Рис. 2. Матрица для оценки профессиональных рисков на рабочем месте электромеханика

Анализ представленной матрицы наглядно демонстрирует, что наибольшую опасность для рабочего места электромеханика представляют риски, связанные с воздействием электрического тока и электрической дуги. Поражение электрическим током отнесено к категории очень высокого риска, что напрямую связано с высокой тяжестью последствий такого несчастного случая даже при средней вероятности возникновения. Электрическая дуга и инциденты, связанные с пожарами или взрывами, аналогично формируют высокий уровень риска, требующий приоритетного внимания и

незамедлительного реагирования. Для ряда опасностей, преимущественно находящихся в зоне умеренного риска (механические травмы, термические ожоги и падения с высоты предметов или самого работника), должны предусматриваться регулярный контроль и мероприятия по планомерному снижению, но при меньшей критичности. Воздействие вредных веществ отнесено к категории допустимого риска, что свидетельствует о сравнительно низком влиянии фактора при существующих условиях эксплуатации.

Заключение. Проведённое исследование показало, что при организации работ в электроустановках, характеризующихся высокой степенью опасности и многообразием факторов риска, особую эффективность в области оценки таких рисков имеет именно матричный метод. Его применение позволяет в сжатой и наглядной форме сопоставить вероятность возникновения опасных событий с тяжестью их последствий, а также выявить среди идентифицированных опасностей приоритетные направления, требующие незамедлительного вмешательства, что необходимо при анализе сложных и многокомпонентных производственных процессов. Преимуществом матричного метода является его универсальность и адаптивность: он одинаково применим как к основным факторам риска, так и к сопутствующим, за счёт чего удаётся обеспечить их анализ в рамках единой шкалы. Метод не требует значительных ресурсов для внедрения и может оперативно использоваться в производственных условиях, что также делает его удобным инструментом для практической деятельности специалистов по охране труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимченко А.С. Анализ безопасности производства работ под напряжением в электроустановках // Молодой ученый. 2020. № 49 (339). С. 53-55.

2. Анализ производственного травматизма в России / Ю.А. Акирова, А.М. Елин, С.А. Мажкенов, А.И. Макеев, М.С. Москвина [и др.]. URL:

https://www.admsayansk.ru/pub/img/rubrics/2939/02-74-4297_25_15_10_2025_analiz_proizvodstvennogo_travmatizma_v_rossii.pdf (дата обращения: 06.03.2026).

3. Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок: приказ Минтруда России от 15.12.2020 № 903н. URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=501479 (дата обращения: 06.03.2026).

4. Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков: приказ Минтруда России от 28.12.2021 № 926н. URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=411523 (дата обращения: 06.03.2026).

5. Сунгатуллина Е.Р. Применение матричного метода оценки профессионального риска // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности: материалы X Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей, Волгоград, 24–29 апреля 2023 года / под общей редакцией Н. Ю. Ермиловой, И. Е. Степановой. Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2023. С. 274-276.

© Федоренко К.М., 2026

1.4. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В ЧС

УДК 621.642.03:614.8

Малофеев Р.Е., Елизарьев А.Н., Быков Т.Ф.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация

e-mail: malofeev_92@inbox.ru

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ИНТЕЛЕКУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СБРОСА ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЭФФЕКТА BLEVE

Аннотация. В статье рассмотрены недостатки традиционных предохранительных клапанов при внешнем тепловом воздействии на резервуар со сжиженным газом. Показано, что скачкообразный сброс давления, характерный для стандартных клапанов, может инициировать эффект BLEVE вследствие интенсивного вскипания перегретой жидкости. Определены критические значения скорости сброса давления, при которых вероятность возникновения BLEVE минимизируется. Полученные результаты позволяют перейти от концептуального описания адаптивного клапана к инженерным рекомендациям по его настройке.

Ключевые слова: BLEVE, интеллектуальный предохранительный клапан, скорость сброса давления, предел текучести, перегрев жидкости.

Malofeev R.E., Elizariev A.N., Bykov T.F.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

PARAMETERS OF THE INTELLIGENT PRESSURE RELIEF SYSTEM TO PREVENT THE BLEVE EFFECT

Abstract. The article discusses the disadvantages of traditional safety valves under external thermal influence on a liquefied gas tank. It is shown that the abrupt pressure drop characteristic of standard valves can initiate the BLEVE effect due to the intense boiling of the superheated liquid. Critical values of the pressure drop rate have been determined, at which the probability of occurrence of BLEVE is minimized. The obtained results allow us to move from the conceptual description of an adaptive valve to engineering recommendations for its adjustment.
Keywords: BLEVE, intelligent safety valve, pressure relief rate, yield point, liquid overheating.

Предлагается концепция интеллектуального предохранительного устройства, реализующего адаптивное управление сбросом давления на основе анализа температуры стенки, давления и уровня жидкости в резервуаре. Показано, что традиционные предохранительные клапаны, функционирующие по принципу фиксированного давления срабатывания, в условиях пожара в ряде случаев могут выступать катализатором эффекта BLEVE.

В качестве расчетной модели принят горизонтальный резервуар, изготовленный из стали марки 09Г2С, с внутренним диаметром 2400 мм, толщиной стенки 16 мм, рабочим давлением 1,6 МПа и давлением срабатывания штатного предохранительного клапана 1,8 МПа. В качестве рабочего вещества выбран пропан, как наиболее часто встречающийся при авариях с BLEVE [4].

Исходные термодинамические параметры пропана:

- нормальная температура кипения $T_{кип}$ = 231 К;
- удельная теплоёмкость жидкой фазы C_p = 2000 Дж/(кг·К);
- удельная теплота испарения L = 365000 Дж/кг.

Ключевым параметром, характеризующим склонность к взрывному вскипанию, является безразмерный параметр δ, рассчитываемый по формуле согласно ГОСТ Р 12.3.047-2012:

$$\delta = \frac{C_p(T - T_{кип})}{L}$$

где Т – температура жидкой фазы, соответствующая температуре насыщенного пара при текущем давлении, К.

Согласно ГОСТ Р 12.3.047-2012 при $\delta \geq 0{,}35$ вероятность возникновения волн сжатия велика. При $\delta < 0{,}35$ взрывной характер испарения не развивается.

Основная гипотеза заключается в том, что скорость снижения давления напрямую влияет на параметр δ. Это происходит за счет того, что из-за сброса давления жидкая часть вещества испаряется, тем самым увеличивая несмоченные стенки сосуда.

Работа традиционной предохранительной арматуры заключается в срабатывания предохранительного клапана при достижении заданного давления P_{val} = 1,8 МПа. Давление в резервуаре снижается с 1,8 МПа до рабочего давления $P_{раб}$ = 1,6 МПа. В зависимости от пропускной способности клапана, это снижение происходит примерно за 0,5–1 секунды.

Важно отметить, что в условиях внешнего пожара нагрев резервуара продолжается. Поэтому после закрытия клапана давление вновь начинает расти, и цикл повторяются многократно. Каждый такой цикл сопровождается скачкообразным снижением давления на 0,2 МПа. Также рассматривается вариант, в котором давление растет с такой скорость, что пропускная способность клапана не способно снизить давление до рабочего, в этом случае происходит постоянный сброс давления.

Каждый цикл сброса сопровождается выбросом факела горящего газа, который дополнительно нагревает стенки резервуара, ускоряя рост температуры стенки резервуара. С каждым циклом уровень жидкости в резервуаре снижается, увеличивая площадь несмоченной стенки, которая нагревается значительно быстрее. Когда температура стенки резервуара, достигает 500-550 °С, её предел текучести снижается до 135-100 МПа [2]. В этот момент даже рабочее давление 1,6 МПа становится достаточным для разрыва сосуда, и эффект BLEVE реализуется вне зависимости от работы клапана.

Таким образом, традиционный клапан увеличивает тепловое воздействие на резервуар за счёт факельного горения и уменьшения площади смоченных стенок.

Предлагаемая интеллектуальная система сброса давления работает по иному принципу.

При обнаружении внешнего теплового воздействия клапан продолжает поддерживать давление на уровне, близком к рабочему, с минимальными колебаниями.

Ключевое отличие заключается в том, что устройство обеспечивает непрерывный дросселированный сброс, при котором перепад давления в каждом цикле не превышает 0,02-0,03 МПа, а частота циклов значительно выше. При таком режиме перегрев жидкости в каждом микроцикле составляет примерно 1-2 К, что согласно формуле, меньше порогового значения 0,35. Вскипание жидкости носит спокойный характер, что предотвращает дестратификацию.

Однако, даже при идеальном сбросе давления полностью исключить рост температуры стенки резервуара невозможно. Поэтому основная задача интеллектуального устройства – это обеспечение таких условий, при которых снижение прочностных характеристик стали 09Г2С происходит медленнее, чем снижение давления в резервуаре за счёт управляемого сброса.

На основе проведённого анализа предлагаются следующие режимы работы интеллектуального предохранительного устройства.

Таблица 1

Режимы работы интеллектуального предохранительного устройства

Температура стенки, °С	Давление, МПа	Режим сброса	Скорость снижения давления, МПа/с	Ожидаемый результат
< 350	< 1,6	Нормальный (клапан закрыт)	-	Безопасная эксплуатация
350-450	1,6-1,79	Адаптивный (частичное открытие)	0,02-0,03	Контролируемое парообразование, BLEVE не возникает
450-500	1,8	Адаптивный (увеличенное открытие)	0,04-0,05	Риск BLEVE минимален
> 500	1,8 + (Активное повышение давление в резервуаре)	Аварийный (сброс давления ниже рабочего)	>0,1	Полный сброс; BLEVE возможен, но энергия взрыва снижена за счёт меньшей массы жидкости

Проведённое исследование показало, что традиционные предохранительные клапаны, осуществляющие скачкообразный сброс давления повышают вероятность возникновения эффекта BLEVE.

Обосновано, что интеллектуальное предохранительное устройство должно обеспечивать плавный сброс давления со скоростью не более 0,05 МПа/с, предпочтительно в диапазоне 0,02-0,03 МПа/с.

Определены три режима работы устройства: нормальный (клапан закрыт), адаптивный (регулируемое открытие в зависимости от температуры стенки) и аварийный (сброс давления ниже рабочего), такой режим компенсирует температуру стенки резервуара, за счет снижения давления внутри него, тем самым почти полностью исключает вероятность возникновения эффекта BLEVE. Для стали 09Г2С переход в аварийный режим рекомендован при температуре стенки выше 500 °С.

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании систем безопасности резервуаров со сжиженными газами, а также при разработке нормативных требований к предохранительной арматуре для объектов, расположенных в черте города или вблизи критической инфраструктуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шангараев Р.Р. Определение параметров поражающих факторов при авариях, сопровождающихся огневыми шарами: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Шангараев Рустам Рашитович, 2024. 166 с.

2. Анализ факторов риска возникновения эффекта BLEVE при эксплуатации автоцистерн и резервуаров / Р.Е. Малофеев, А.Н. Елизарьев, А.М. Мифтахова [и др.] // Экологические системы и приборы. 2026. № 4. С. 30-35.

3. Комаров А.А., Шангараев Р.Р. Определение поражающих факторов при авариях, сопровождаемых огненными шарами // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2020. №. 3. С. 20-25.

4. Елизарьев А.Н. Развитие методических основ оценки возникновения эффекта BLEVE при авариях на объектах хранения топлив / А.Н. Елизарьев, Р.Г. Ахтямов, М.А. Киселева, Д.А. Тараканов, Д.А. Тараканов, Д.О. Яковлев, П.А. Михайлов // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2019. Т. 16, № 1. С. 157–167.

5. Тараканов Дм.А. Прогнозирование эффекта BLEVE при авариях в резервуарных парках / Дм.А. Тараканов, Д.А. Тараканов, В.М. Гапонов, А.Н. Елизарьев // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2018): материалы XIV Международной научно-технической конференции: в 2 томах. 2018. Т. 1. С. 67-76.

6. Modeling the Physical Effects of the LPG Tanker Accident That Occurred in Diyarbakır Lice // Gazi University Journal of Science PART C: Design and technology. 2022. Vol. 10, No. 4. P. 748-764.

© Малофеев Р.Е., Елизарьев А.Н., Быков Т.Ф., 2026

УДК 621.396.2

Денисов С.В., Борисова О.Н.

Российский государственный университет туризма и сервиса, г. Пушкино, Российская Федерация

e-mail: m3d27330@yandex.ru

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы построения систем радиосвязи для координации действий при чрезвычайных ситуациях. Выявлены особенности построения аппаратной части систем для решения задач обеспечения связи на практически значимых дистанциях. Предложена система радиосвязи с ретранслятором в диапазоне ультракоротких волн и каналом передачи сообщений в диапазоне коротких волн.

Ключевые слова: радиосвязь, диапазоны частот, передача сообщений координация действий.

Denisov S.V., Borisova O.N.

Russian State University of Tourism and Service, Pushkino, Russian Federation

PRACTICAL IMPLEMENTATION OF RADIO COMMUNICATION SYSTEMS IN EMERGENCY RESPONSE

Abstract. This article examines the design of radio communication systems for coordinating emergency response. It identifies hardware design considerations for systems designed to support communications over significant distances. A radio communication system with a UHF repeater and a shortwave communication channel is proposed.

Keywords: radio communication, frequency ranges, message transmission, and action coordination.

Вне зависимости от причин возникновения природного или техногенного характера, чрезвычайные ситуации требуют принятия мер по снижению тяжести последствий и ликвидации причин. Учитывая площадь территории Российской Федерации и ограниченный ресурс профессиональных сотрудников ведомства МЧС, в ликвидации последствий вынуждены принимать участие волонтеры, местные жители и сотрудники иных ведомств. Для повышения эффективности и безопасности их работы требуется обеспечить координацию действий на месте. В зависимости от площади и рельефа зоны ЧС конфигурация системы и применяемых радиосредств может быть различна [1]. В 2010 году в Московской области рядом с поселком Мельдино горели участки бывших торфоразработок. При этом уже был и верховой огонь на кронах деревьев. Самолет БЕ-200 сделал несколько сбросов воды с забором в Иваньковском водохранилище. На канале им. Москвы стояло техническое судно для подачи воды пожарными рукавами на ближайшую территорию. При этом основную работу выполняли на месте

сотрудники МЧС и волонтеры. Совсем иные исходные условия при возникновении ЧС в труднодоступных районах. Возможные способы доставки людей и оборудования это автомобили высокой проходимости или воздушный транспорт. Отсюда следуют различные требования к разворачиваемой системе радиосвязи. Применение систем радиосвязи в рассмотренных ситуациях регламентируется приказом МЧС России от 26.12.2018 № 663 «Об утверждении и введении в действие Руководства по радиосвязи Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий». В случае привлечения радиосредств радиолюбительской аварийной службы номиналы применяемых радиочастот регламентируются приказом Минкомсвязи России от 26.07.2012 № 184 (ред. от 17.11.2016) «Об утверждении Требований к использованию радиочастотного спектра любительской службой и любительской спутниковой службой в Российской Федерации».

В качестве наиболее сложного примера, рассмотрим ситуацию горения леса в труднодоступном районе. Доставка возможна только вертолетом. Удаление от ближайшего населенного пункта от 50 до 200 км. Необходимо обеспечить координацию действий сил и средств тушения на дистанции в несколько километров. Не во всех случаях собственных средств ФБУ «Авиалесоохрана» достаточно для оперативной ликвидации ЧС. Могут быть задействованы дополнительные силы волонтеров с соответствующей подготовкой. Примером такого подхода является ПСО «Лиза Алерт». При объявлении поиска людей в природной или городской среде на поиск приезжают свободные подготовленные волонтеры региона. Решение задачи обеспечения связи внутри группы и с центром принятия решений предъявляет требования минимальных габаритов и массы связного оборудования. Необходимо учитывать требования законодательства, территориального частотного распределения и наличие действующей системы ведомственной связи в зоне ЧС

[3]. Минимальные массо-габаритные показатели при обеспечении приемлемого качества радиосвязи можно получить с оборудованием диапазона UHF 400-470 МГц. Современные цифровые системы радиосвязи DMR, NXDN, IDAS обеспечивают широкие возможности диспетчеризации и отсутствие фоновых шумов. Но они очень требовательны к уровню ВЧ сигнала в точке приема и не обеспечивают надежной связи в условиях слабого сигнала и пересеченной местности [2]. Поэтому за основу построения системы связи для координации внутри группы возьмем аналоговые радиостанции с частотной модуляцией и девиацией частоты ± 5 кГц. Работа в прямом канале на диапазоне UHF обеспечивает в заявленных условиях дальность до 2 км между портативными радиостанциями. Этого может оказаться недостаточно. Возможные решения базовая станция с подъемом антенны и повышенной выходной мощностью или двухчастотный ретранслятор. Первый способ использует ПСО «Лиза Алерт». Организуется штаб в ближайшем населенном пункте. Поднимается антенна на мачте и устанавливается базовая радиостанция для связи с поисковыми группами. При этом группы не всегда имеют возможность связи между собой по причине значительного удаления, низкого расположения и малой эффективности антенн портативных радиостанций. Для их задач такой конфигурации достаточно поскольку всеми управляет координатор поиска в штабе. В поставленной задаче целесообразно обеспечить возможность режима связи все со всеми с гарантированным качеством.

Было проведено экспериментальное определение достижимой дальности с гарантированным качеством для диапазона UHF в условиях лесной пересеченной местности. В качестве антенны применялась четырехэлементная цельносварная антенная решетка Radial DM4 UHF(L). Антенна установливалась на тактической мачте Radial MT-6 УКВ. Базовая радиостанция Motorola GM-360. Выходная мощность 25 Вт. В качестве портативных радиостанций применялись Motorola GP-360, Vertex Standard VX-261. Радиус уверенной связи базы с

портативными радиостанциями составил до 7 км. При использовании антенны круговой направленности это до 14 км в диаметре. При использовании направленной антенны до 10 км с углом диаграммы направленности в горизонтальной плоскости 60°. В зависимости от типа ЧС выбирается место расположения базовой станции/ретранслятора в центре зоны или на окраине для работы в одном направлении. На основе полученных результатов конфигурация системы радиосвязи будет представлена в виде нескольких компонентов. Состав комплекса системы радиосвязи показан на рис. 1.

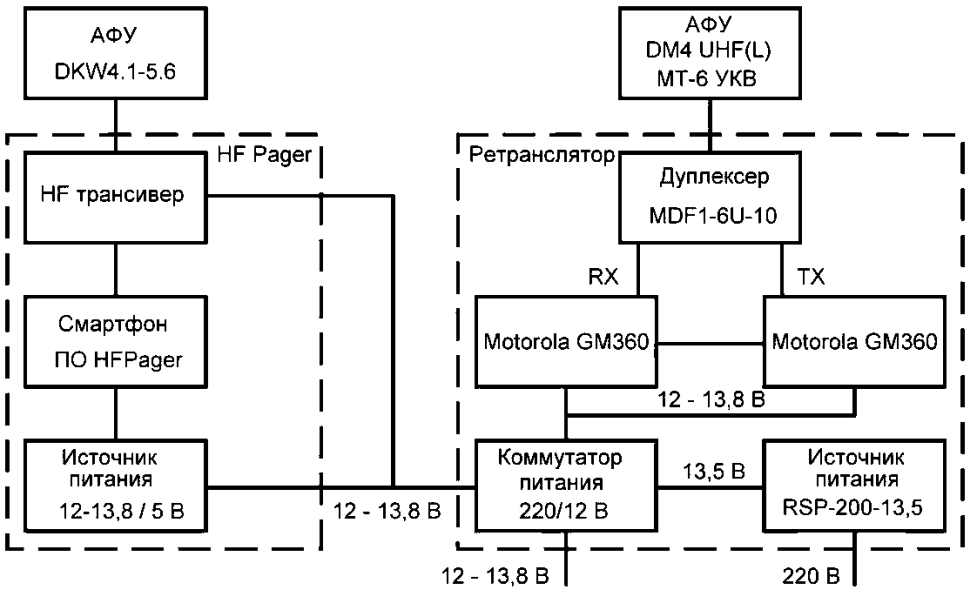


Рис. 1. Комплекс системы радиосвязи

Блок ретранслятора в ударопрочном влагозащищенном боксе. В составе две мобильно-базовые радиостанции Motorola GM-360. Дуплексер MDF1-6U-10. В зависимости от используемых номиналов частот позволяет произвести настройку в диапазоне 400-470 МГц. Обеспечить разнос частот прием-передача 8-13 МГц и изоляцию не хуже 85 дБ. Размеры 285×156×33 мм. Масса 1,1 кг. Источник питания 220 В/13,8 В 10 А. Питание блока ретранслятора возможно от напряжения 220 В переменного тока или напряжения 12 В постоянного тока.

В качестве примера можно рассмотреть характеристики генератора Gigant GGL-1100. Вес 24 кг. Выходное напряжение 220 В при номинальной мощности 1 кВт. Двигатель четырехтактный что важно для упрощения снабжения топливом мобильной группы. Расход топлива 0,6 л/ч. Поскольку индивидуальные и многоместные зарядные устройства профессиональных портативных радиостанций рассчитаны на питание 220 В нет необходимости иметь в генераторе дополнительный низковольтный выход 12 В. Это снижает требования к функциям и стоимости генератора.

Место ликвидации последствий ЧС может находиться на значительном расстоянии от ближайшего населенного пункта. Второй задачей обеспечения связи является необходимость взаимодействия автономной группы с центром координации работ. Для заявленных ранее значений 50-200 км применение диапазонов VHF(136-174 МГц) и UHF (400-470 МГц) не обеспечит связь. Для автономной группы остается использовать диапазон коротковолновой связи 1,6-30 МГц и конкретно участок 1,7-7 МГц. Профессиональные трансиверы для связи в КВ диапазоне имеют значительные габариты и массу. Кроме того.не имеют достаточной влаго и пылезащиты. Если принять во внимание специфику передаваемой информации, то это сообщения о необходимости доставки топлива и продуктов, инструментов и оборудования, необходимость эвакуации, получение прогноза погоды. В этом случае отсутствует необходимость установления связи в телефонном режиме и можно использовать передачу текстовых сообщений с использованием цифровых видов модуляции [4].

Решением в условиях ограничения массогабаритных показателей и выходной мощности трансивера может быть применение модуляции IFSK (Incremental Frequency Keying, разностная частотная манипуляция) с протоколом PS-18 [4]. Применение метода прямой коррекции ошибок позволяет передавать информацию по радиоканалу в диапазоне 1,7-7 МГц с частыми замираниями сигнала и количеством ошибок до 25 %. Требуемая выходная мощность

составляет не более 10 Вт. Длина сообщения до 252 знаков. Состав комплекта оборудования для работы. Смартфон с установленным программным обеспечением HF Pager. Трансивер КВ диапазона с выходной мощностью 4-10 Вт. Соединительный кабель смартфон – трансивер. Антенна полуволновой диполь. Источник питания 12,6 В. Поскольку современные автономные электрогенераторы являются источником радиопомех, место установки КВ антенны желательно предусмотреть на удалении 100 м от работающего генератора. Для взаимодействия с экипажами воздушного транспорта поддержки группы желательно наличие портативной радиостанции авиационного диапазона 108-137 МГц. Это может быть необходимо для корректировки места посадки вертолета или действий самолета танкера сброса воды.

Рассмотренный вариант практической реализации системы радиосвязи может использоваться автономными группами на значительном удалении от городской инфраструктуры. При установке на грузовом автомобиле отсутствуют требования минимальной массы и габаритов компонентов оборудования. Появляется возможность использовать диапазон VHF больше подходящий для организации радиосвязи в условиях пересеченной местности. Увеличиваются массогабаритные показатели дуплексера. Дуплексер DPRE5-6VHF-S имеет рабочий диапазон частот 144-170 МГц. Минимальный разнос частот прием-передача 0,6 МГц и изоляцию 90 дБ. Размеры 484×311×550 мм. Масса 15,5 кг [5]. Применение системы с ретранслятором позволяет всем участникам находиться в зоне ликвидации ЧС. Возможно применение системы в режиме базовой одночастотной радиостанции, когда руководитель работ координирует действия каждого участника с фиксированного места.

Разработанный комплекс системы радиосвязи имеет минимально возможные массогабаритные показатели. Универсальное электропитание от сети переменного тока 220 В или резервного аккумулятора 12,6 В. Полученные результаты могут быть использованы при оснащении мобильных групп МЧС, добровольческих поисково-спасательных отрядов и аварийно-спасательных формирований, действующих в зонах техногенных и природных ЧС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Денисов С.В., Борисова О.Н. Автоматизация мониторинга уровня водных бассейнов малых рек // Экология промышленного производства. 2025. № 3 (131). С. 27-30.
2. Денисов С.В. Цифровые системы радиосвязи в туризме // Культурный код и креативные индустрии: тренды, методология, эффективные практики: материалы III Международной научно-практической конференции, Омск, 20–21 апреля 2025 года. Омск: Омский государственный технический университет, 2025. С. 125-129.
3. Латыпов И.Т., Сольяшинова О.А. Организация связи при угрозе возникновения и ликвидаций чрезвычайных ситуаций // Современные технологии в области защиты окружающей среды и техносферной безопасности: материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, Казань, 16–17 апреля 2025 года. Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2025. С. 889-892.
4. HF Pager – средство текстовой радиосвязи в режиме IFSK на коротких волнах: официальный сайт. URL: https://nvis.club/hfproxys/hfpager/hf-pager (дата обращения: 19.04.2026).
5. Антенно-фидерные устройства Radial: официальный сайт. URL: https://radial.ru/catalog/ (дата обращения: 19.04.2026).

© Денисов С.В., Борисова О.Н., 2026

УДК 614.8:621.31

Беляева З.А., Филиппова Ф.М.
Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Российская Федерация
e-mail: belyaevazilya@yandex.ru

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЦИФРОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Аннотация. В статье на основе системного анализа и обобщения научной литературы выявлены основные риски эксплуатации цифровых энергетических систем: технические, информационные и организационные. Показано, что применение систем мониторинга, автоматизации и интеллектуального анализа данных повышает уровень безопасности энергообъектов. Особое внимание уделено трансформации киберугроз в физический ущерб персоналу и проблемам оценки профессиональных рисков в условиях цифровизации. Сделан вывод о необходимости пересмотра традиционных подходов к управлению промышленной безопасностью.

Ключевые слова: безопасность жизнедеятельности, энергетическая безопасность, мониторинг, автоматизация, цифровые энергетические системы, цифровые технологии.

Belyaeva Z.A., Filippova F.M.
Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russian Federation

ENSURING SAFETY OF LIFESTYLE DURING OPERATION OF DIGITAL ENERGY SYSTEMS

Abstract. The article discusses the issues of ensuring life safety during the operation of digital energy systems. Based on system analysis and generalization of scientific

literature, the main risks of operating digital energy systems are identified: technical, informational, and organizational. It is shown that the use of monitoring systems, automation, and intelligent data analysis increases the safety level of energy facilities. Special attention is paid to the transformation of cyber threats into physical harm to personnel and to the problems of professional risk assessment in the context of digitalization. The conclusion is made about the need to revise traditional approaches to industrial safety management.

Keywords: life safety, digital energy systems, energy security, monitoring, automation, and digital technologies.

Современный этап развития энергетического сектора характеризуется масштабной трансформацией, обусловленной внедрением цифровых решений на всех этапах производства, передачи и распределения энергии. Цифровизация энергетики, будучи неотъемлемым элементом четвертой промышленной революции, открывает беспрецедентные возможности для оптимизации производственных процессов, повышения эффективности использования ресурсов и снижения операционных издержек. Однако, наряду с очевидными преимуществами, активная имплементация цифровых технологий в управление энергетическими объектами порождает качественно новые вызовы, непосредственно влияющие на безопасность жизнедеятельности человека. Методологической основой приведенного исследования выступили методы системного анализа научной литературы, нормативно-технической документации, а также ретроспективный анализ инцидентов на объектах цифровой энергетики за последнее 5-тилетие. В этой связи исследование факторов риска, сопутствующих цифровой трансформации энергетического комплекса, и разработка методов их нивелирования приобретают критическую значимость [1].

Под цифровыми энергетическими системами в современной научной литературе понимается многоуровневая архитектура, интегрирующая

физическое оборудование (генерирующие установки, трансформаторные подстанции, линии электропередач) с программно-аппаратными комплексами сбора, передачи и анализа данных. Такая архитектура предполагает наличие интеллектуальных датчиков (IoT-устройств), высокоскоростных каналов связи, систем автоматизированного управления (АСУ ТП) и центров обработки данных. Основная функциональная нагрузка данных систем заключается не только в обеспечении бесперебойного энергоснабжения, но и в создании условий для предиктивного обслуживания оборудования, что напрямую коррелирует с повышением уровня безопасности труда и эксплуатационной надежности.

Как отмечают в своей работе [2], цифровая трансформация систем энергообеспечения порождает новые вызовы для промышленной безопасности, которые связаны и с киберугрозами и с некоторой расплывчатостью зон ответственности между оперативным персоналом и системами автоматизированного реагирования. В статье особо отмечается, что традиционные методы оценивания производственных рисков не учитывают новые виды опасностей, которые ранее не фиксировались в официальных записях нормативно-технической документации.

Ключевым аспектом обеспечения безопасности жизнедеятельности при работе с высокотехнологичным оборудованием является снижение влияния человеческого фактора. Традиционные энергетические объекты характеризуются высокими рисками травматизма, связанными с необходимостью выполнения ремонтных и наладочных работ в непосредственной близости от токоведущих частей и движущихся механизмов. Внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами позволяет минимизировать прямое присутствие персонала в опасных зонах. Цифровые интерфейсы, реализующие принципы «человеко-машинного взаимодействия» (HMI), предоставляют оперативному персоналу удаленный доступ к параметрам функционирования оборудования, что

существенно сокращает время пребывания человека в условиях повышенного риска. Как показывают исследования Пигиловой Р.Н., Филипповой Ф.М. и Аверьяновой Ю.А. [3], внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами на энергетических предприятиях позволяет сократить время прямого пребывания персонала в опасных зонах на 30–40% и снизить уровень производственного травматизма, связанного с электротравмами и механическими воздействиями. В работе [3] доказано, что цифровые интерфейсы «человек-машина» (HMI) обеспечивают удалённый доступ к параметрам оборудования, что критически важно для изоляции оператора от токоведущих частей и движущихся механизмов. Авторы также подчёркивают, что автоматизация не устраняет потребность в периодическом техническом обслуживании, но переводит его в формат контролируемых процедур с использованием дистанционных методов диагностики.

Особую роль в обеспечении эксплуатационной безопасности играют современные системы технического диагностирования. В отличие от традиционных методов периодического контроля, цифровые платформы мониторинга функционируют непрерывно. Многопараметрический анализ, включающий в себя мониторинг температурных режимов, вибрационных характеристик, уровня изоляции и электромагнитной совместимости, позволяет фиксировать мельчайшие отклонения от нормативных режимов работы. Такие системы способны не только сигнализировать о возникновении предаварийной ситуации, но и инициировать алгоритмы автоматической коррекции режимов, предотвращая тем самым развитие инцидента. Значительный прорыв в области обеспечения безопасности достигнут благодаря интеграции методов искусственного интеллекта и машинного обучения в системы управления энергетическими активами. Предиктивная аналитика, основанная на обработке больших массивов данных (Big Data), позволяет осуществлять долгосрочное прогнозирование остаточного ресурса оборудования. В отличие от

регламентированного обслуживания, которое может приводить либо к преждевременной замене исправных узлов, либо к аварийному отказу из-за запоздалых ремонтов, интеллектуальные алгоритмы определяют оптимальные сроки проведения технических мероприятий. Такой подход не только экономически эффективен, но и исключает внезапные отказы оборудования, которые являются основной причиной техногенных аварий и несчастных случаев.

В контексте цифровизации энергетики проблема кибербезопасности выходит на первый план, трансформируясь из сугубо информационной задачи в критически важный элемент защиты жизнедеятельности. Интеграция систем управления энергообъектами в единое цифровое пространство, включая корпоративные сети и глобальный интернет, создает уязвимости, которые могут быть использованы злоумышленниками. Очень важно понять, каким образом киберугрозы могут привести к реальному, физическому ущербу. Компрометация АСУ ТП или SCADA-систем потенциально способна привести к неконтролируемым режимам работы энергоблоков, механическим разрушениям оборудования и, как следствие, к травмированию персонала и нарушению жизнеобеспечения потребителей. Реальность этих угроз подтверждается инцидентами последних лет. По данным ГК «Солар», в первом квартале 2024 года количество DDoS-атак на российскую энергетическую отрасль выросло почти в 10 раз по сравнению с аналогичным периодом 2023 года, достигнув более 2,5 тыс. атак. Эксперты отмечают, что такие атаки могут служить «дымовой завесой», отвлекающей службы информационной безопасности от более серьёзных вторжений с целью взлома серверов и кражи конфиденциальных данных [2]. Особую опасность представляют атаки на промышленные системы управления (АСУ ТП) энергообъектов, которые, как подчёркивается в исследовании «Коммерсантъ», могут привести не только к остановке производства, но и к разрушению оборудования и социальной

дестабилизации. Например, кибератака на ИТ-инфраструктуру московского предприятия «Москоллектор», отвечающего за эксплуатацию подземных коммуникаций столицы, привела к выводу из строя 87 тысяч датчиков различных систем оповещения и уничтожению 90 терабайт данных, что заблокировало возможность реагирования на аварии и чрезвычайные происшествия [4]. Угрозы варьируются от внедрения вредоносного программного обеспечения до осуществления целенаправленных атак на критическую инфраструктуру (APT-атак) [1].

Для нейтрализации информационных угроз необходим многоуровневый комплекс мер защиты. Технический блок таких мер включает внедрение сегментации сетей с выделением зон технологической связи, применение сертифицированных средств криптографической защиты информации, использование систем обнаружения и предотвращения вторжений (IDS/IPS), адаптированных для промышленных протоколов. Организационный блок предусматривает разработку строгих политик управления доступом на основе ролевой модели, регулярный аудит безопасности, а также, как отмечено в работе [3], обязательное создание резервных (аналоговых) каналов управления на случай полной компрометации цифрового контура. Авторы [3] подчёркивают, что отказ от дублирующих аналоговых систем создаёт недопустимые риски, поскольку даже кратковременная потеря управления над энергообъектом может привести к тяжёлым последствиям для персонала и оборудования. Критически важным является также формирование культуры кибергигиены среди персонала, поскольку социальная инженерия остается одним из наиболее эффективных инструментов преодоления защитных периметров.

Развитие концепции активно-адаптивных сетей (Smart Grid) вносит коррективы в традиционные представления о безопасной эксплуатации. «Умные» сети предполагают двунаправленный поток не только электроэнергии, но и данных между производителем и потребителем. Введение в инфраструктуру

распределенной генерации, накопителей энергии и автоматизированных систем учета усложняет логику управления. В этих условиях обеспечение безопасности жизнедеятельности требует перехода от реактивной модели (ликвидация последствий инцидентов) к проактивной. Это достигается путем создания цифровых двойников энергетических объектов – виртуальных моделей, позволяющих моделировать аварийные сценарии, отрабатывать действия персонала в условиях, максимально приближенных к реальным, но без угрозы для их жизни и здоровья [1].

Кроме того, цифровизация открывает новые возможности для повышения экологической составляющей безопасности жизнедеятельности. Автоматизированные системы экологического мониторинга, встроенные в цифровые энергетические системы, позволяют в реальном времени контролировать выбросы загрязняющих веществ, уровень шума и электромагнитных полей. Использование алгоритмов оптимизации режимов работы оборудования позволяет снижать удельные выбросы парниковых газов и уменьшать техногенную нагрузку на окружающую среду, что напрямую влияет на качество жизни населения в зонах присутствия энергетических объектов [5].

Таким образом, обеспечение безопасности жизнедеятельности при эксплуатации цифровых энергетических систем представляет собой сложную междисциплинарную задачу, находящуюся на стыке энергетики, информатики и охраны труда. Цифровая трансформация энергетики, несмотря на порождаемые ею новые риски, предоставляет широкий спектр инструментов для их эффективного управления. Применение систем непрерывного мониторинга, внедрение технологий предиктивной аналитики, использование автоматизированных систем управления и многоуровневая защита от киберугроз в совокупности формируют основу для повышения надежности энергетической инфраструктуры. Достижение устойчивого уровня безопасности возможно только при условии комплексного применения технических, организационных и

правовых мер, интегрированных в единую стратегию управления рисками. Более того, нужно оценивать и то, что снижение травматизма посредством автоматизации [3] не должно приводить к иллюзии абсолютной защищённости – киберугрозы и новые виды опасностей [2] требуют постоянной модернизации систем защиты и пересмотра подходов к обучению персонала на всех уровнях управления энергообъектами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликов А.Л., Лоскутов А.А., Зинин В.М. Нормативно-технические аспекты обеспечения информационной и кибербезопасности объектов цифровой электроэнергетики // Вопросы кибербезопасности. 2025. № 6. С. 101-115.
2. Ахметшин А.И., Пигилова Р.Н. Промышленная безопасность в условиях цифровизации: вызовы и возможности для систем энергообеспечения // Техника и технология современных производств: сборник статей VI Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 06–07 мая 2025 года. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2025. С. 37-40.
3. Пигилова Р. Н., Филиппова Ф. М., Аверьянова Ю. А. Снижение травматизма при внедрении автоматизированных систем управления производственных процессов на энергетических предприятиях // Омский научный вестник. 2024. № 4 (192). С. 44-51.
4. CISA, FBI, NSA, EPA. Ongoing Cyber Threats to U.S. Water and Wastewater Systems. 2021. URL: https://www.cisa.gov/news-events/cybersecurity-advisories/aa21-287a
5. Моттаева А. Б. Цифровые интеграции в строительстве объектов атомной энергетики // Russian Journal of Management. 2025. Т. 13, № 6. С. 296-311.

© Беляева З.А., Филиппова Ф.М., 2026

УДК 355.58

Хомякова В.С., Лыхина П.Н., Макарова А.Д.

Уральский государственный университет путей сообщения, г. Екатеринбург, Российская Федерация

e-mail: Veranika.73@mail.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ОПОВЕЩЕНИЯ И ИНФОРМИРОВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ О ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Аннотация. В статье рассматриваются ключевые направления развития систем оповещения населения об угрозе или возникновении чрезвычайных ситуаций в условиях активного внедрения цифровых технологий. Проведен анализ перехода от традиционных аналоговых методов передачи информации к комплексным цифровым структурам, интеграции систем информирования в сервисы «Безопасный город», использования мобильных платформ. Рассмотрен опыт применения мобильных приложений в других странах. Особое внимание уделено вопросам геотаргетинга в системах оповещения населения о чрезвычайных ситуациях.

Ключевые слова: цифровая трансформация, оповещение населения, чрезвычайные ситуации, аналоговые методы, геотаргетинг, информационные технологии, мобильные приложения.

Khomyakova V.S., Lykhina P.N., Makarova A.D.
Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg, Russian Federation

PROSPECTS FOR ENSURING EFFECTIVE WARNING AND INFORMING THE PUBLIC ABOUT EMERGENCY SITUATIONS IN A DIGITAL ENVIRONMENT TRANSFORMATIONS

Abstract. The article discusses the key areas of development of public notification systems about the threat or occurrence of emergency situations in the context of the active introduction of digital technologies. The analysis of the transition from traditional analog methods of information transmission to complex digital structures, the integration of information systems into Safe City services, and the use of mobile platforms is carried out. The experience of using mobile applications in other countries is considered. Special attention is paid to the issues of geo-targeting in public notification systems about emergency situations.
Keywords: digital transformation, public notification, emergencies, analog methods, geo-targeting, information technology, mobile applications.

В настоящее время, в условиях цифровой трансформации общества имеет место не просто повсеместное использование компьютеров, но и полная перестройка логики механизмов управления в регионах и стране в целом. Процесс обеспечения безопасности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций (ЧС), не является исключением.

Современные системы оповещения о ЧС – это сложившаяся исторически многоуровневая структура (федеральная, региональная, муниципальная, локальная), использующая комбинацию технических средств для оперативного информирования населения.

Основные компоненты современных систем оповещения:

- технические средства общероссийской комплексной системы информирования и оповещения населения ОКСИОН: электрические сирены, акустические системы (громкоговорители), сирено-речевые установки;

- средства массовой информации (СМИ) и связь: автоматический перехват теле- и радиоканалов (общероссийские обязательные каналы), SMS-рассылки от операторов сотовой связи;

- специализированные системы: КСЭОН (комплексная система экстренного оповещения населения) в местах массового пребывания людей, системы мониторинга на опасных объектах.

МЧС России использует комплексный подход к оповещению населения, сочетая аналоговые методы передачи информации (традиционные средства – электросирены, проводное радиовещание, уличные громкоговорители и звукоусилительные станции) с современными цифровыми технологиями для максимального охвата людей [1]. Способ оповещения населения определяется в зависимости от характера и масштаба угрозы [2].

Несмотря на преимущества аналоговых методов: высокая надежность, независимость от работы мобильного интернета, возможность одновременного оповещения большого количества людей, они имеют ряд недостатков: моральное и техническое устаревание многих комплексов, низкая эффективность в ночное время (сирены могут быть не слышны), необходимость постоянного обслуживания проводных сетей. В 2006 году был издан приказ МЧС, заложивший нормативную базу для использования автоматизированных систем оповещения, были запущены пилотные проекты по рассылке экстренных сообщений о ЧС через крупнейших операторов сотовой связи, которые к 2011 году приобрели массовый характер [3].

В 2012 году, Указом Президента РФ от 13.11.2012 № 1522 «О создании комплексной системы экстренного оповещения населения об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций» было

инициировано формирование комплексной системы, обеспечивающей гарантированное информирование населения при угрозе ЧС [4]. Комплексная система экстренного оповещения населения (КСЭОН) была создана к 01.01.2014 г.

В процессе дальнейшего развития во многих крупных городах происходило внедрение муниципальных систем оповещения о ЧС в аппаратно-программные комплексы (АПК) «Безопасный город» и интеграция муниципальной автоматизированной системы централизованного оповещения (МАСЦО) с единой дежурно-диспетчерской службой (ЕДДС) муниципального образования.

С ростом популярности смартфонов и push-уведомлений стали активно развиваться и внедряться мобильные приложения для оповещения о ЧС. В начале второго десятилетия XX века появились первые простейшие приложения и системы рассылки сообщений через операторов связи.

Во многих странах создаются и тестируются специализированные мобильные приложения для обеспечения безопасности, например:

- 112 Suomi (Финляндия). Это официальное мобильное приложение, разработанное Центром экстренной помощи Финляндии для безопасного вызова спасательных служб. Приложение работает бесплатно, требует подключения к GPS, интернет сети и автоматически передает координаты местонахождения звонящего, что значительно ускоряет прибытие помощи.

- NL-Alert (Нидерланды) – это государственная система экстренного оповещения в Нидерландах, отправляющая текстовые сообщения на мобильные телефоны при угрозе жизни и здоровью (пожары, теракты, опасные природные явления). Сообщения содержат информацию о происшествии и инструкции. Система работает автоматически, не требует регистрации и часто тестируется.

- SAIP (Франция), (Système d’alerte et d’information des populations – «Система оповещения и информирования населения») – это мобильное

приложение, разработанное правительством Франции после серии террористических атак в 2015 году, основной целью которого является своевременное оповещение граждан о готовящихся или совершенных терактах, а также о других чрезвычайных ситуациях.

Эти приложения дополняют классические каналы массового оповещения и в ряде случаев являются важной частью национальных систем предупреждения населения о ЧС. Однако, пользовательский опыт во многих из этих проектов оказался неоднозначным, что нашло отражение в средних оценках приложений в Google Play и App Store [5]. Среди основных причин низких оценок и жалоб пользователей названы: навязчивые уведомления, ложные тревоги и частые тесты без явного информирования о характере сообщения, сложная процедура настройки, недостаток доверия к источнику сообщений.

В настоящее время на российском рынке оповещения можно выделить несколько типов таких решений. Официальные приложения (МЧС России, региональные приложения 112, сервисы «Госуслуги / уведомления») дают проверенную информацию и имеют институциональную поддержку, но ограничены в охвате – пользователи должны установить приложение и разрешить уведомления.

При разработке и эксплуатации мобильных приложений для оповещения о ЧС необходимо сочетать техническую эффективность и юридическую ответственность. Важно соблюдать федеральные законы (особенно о защите населения при ЧС, о персональных данных, о связи и об информации), применять действующие стандарты и ведомственные регламенты, формализовать взаимодействие с официальными службами, обеспечить информационную безопасность и защиту персональных данных пользователей.

В последние несколько лет происходит активная цифровая трансформация систем оповещения о ЧС, направленная на переход от массового «вещания» к персонализированному и проактивному информированию. Основная цель таких

изменений – сократить время доведения сигнала до секунд и обеспечить адресность рекомендаций. Развитие систем оповещения смещается в сторону геотаргетинга и гиперлокальности, используя точные данные GPS, Wi-Fi для передачи необходимой информации пользователям.

Геотаргетинг оповещения населения о чрезвычайных ситуациях (ЧС) – это технология точечной доставки экстренных сообщений пользователям, находящимся в конкретной зоне риска. Эта система позволяет оперативно информировать людей, использующих мобильные устройства, о возникновении угроз (природных, техногенных, военных) с учетом их точного местоположения, исключая массовую рассылку тем, кому опасность не угрожает.

Среди основных аспектов геотаргетированного оповещения можно выделить технические методы:

- Cell Broadcast (CB): наиболее быстрый способ, позволяющий отправлять сообщения на все мобильные телефоны, подключенные к базовым станциям в зоне ЧС. Сообщение появляется на экране автоматически.

- SMS-рассылки (LBS – Location Based Service): использование данных операторов сотовой связи о местоположении абонентов для рассылки сообщений пользователям в заданном радиусе. Доставляемое сообщение короткое, не интерактивное, адресовано всем абонентам в заданной ячейке сети и устойчиво к пиковым нагрузкам.

- DPI (Deep Packet Inspection): технология операторов связи, позволяющая перехватывать запросы в интернет и показывать предупреждение в браузере.

Решение о включении систем оповещения и определении зоны оповещения принимается высшими должностными лицами субъектов Российской Федерации, главами муниципальных образований или руководством МЧС.

Постепенно геотаргетинг интегрируется и в комплексные системы, такие как КСЭОН и РАСЦО (Региональные автоматизированные системы централизованного оповещения).

Подводя итог, можно сделать вывод, что цифровая трансформация качественно меняет подход к защите населения, превращая оповещение из одностороннего «сигнала тревоги» в интеллектуальную экосистему. Мобильные приложения стали одним из ключевых каналов оповещения и информирования населения о чрезвычайных ситуациях. Они позволяют быстро довести до людей инструкции, карты зон риска, местонахождение укрытий и медицинских пунктов, а также получить от граждан обратную связь, фото / видео с места событий.

В современных условиях эффективность оповещения и информирования зависит не только от качества контента, но и от охвата населения, надёжности доставки сообщений, интеграции, автоматизации и синхронизации между официальными и неофициальными каналами.

Основные перспективы развития включают персонализацию и адресность, имеющие своей целью переход от массового вещания к таргетированным сообщениям на основе геолокации и профиля рисков конкретного человека (через мобильные приложения). Такой подход повышает своевременность и адресность информирования, что критически важно для защиты населения.

Итогом цифровой трансформации систем информирования населения о ЧС станет создание «единого информационного пространства безопасности», где оповещение станет не просто звуком сирены, а своевременным, понятным и гарантированным руководством к действию, что позволит максимально снизить человеческие и материальные потери.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Системы оповещения ГО [Электронный ресурс] // МЧС России : официальный сайт. URL: https://mchs.gov.ru/deyatelnost/bezopasnost-grazhdan/sistemy-opoveshcheniya-go_8 (дата обращения: 25.03.2026).

2. Хомякова В. С., Давыденко В. В., Макарова А. Д. Анализ российского и зарубежного опыта организации защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций // Актуальные вопросы оперативного управления мероприятиями РСЧС и ГО в территориальных органах управления и спасательных воинских формированиях МЧС России: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Химки, 13 ноября 2024 года. Химки: Академия гражданской защиты МЧС России им. генерал-лейтенанта Д. И. Михайлика, 2024. С. 108-115.

3. Об утверждении Положения о системах оповещения населения : приказ МЧС России № 422, Мининформсвязи России № 90, Минкультуры России № 376 от 25.07.2006. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_62716/2049da77ae25faf2113c2452d5e6a76d7721cfc3/ (дата обращения: 25.03.2026).

4. О создании комплексной системы экстренного оповещения населения об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций: указ Президента РФ от 13.11.2012 № 1522. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_137743/ (дата обращения: 25.03.2026).

5. Наумова Т. Е. Опыт использования мобильных приложений по безопасности в случае чрезвычайной ситуации // Столыпинский вестник. 2024. № 2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-ispolzovaniya-mobilnyh-prilozheniy-po-bezopasnosti-v-sluchae-chrezvychaynoy-situatsii (дата обращения: 01.04.2026).

© Хомякова В.С., Лыхина П.Н., Макарова А.Д., 2026

УДК 614.8:004.8

Латыпова Г.М., Аввакумова Н.Ю.
Казанский инновационный университет им. В.Г. Тимирясова, г. Казань, Российская Федерация
e-mail: latypova@ieml.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗОН ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В ТЕХНОСФЕРЕ

Аннотация. Стихийные бедствия сопровождают человечество на протяжении всего его существования. В современном мире природные катастрофы становятся еще более частыми и смертельными. Это связано с интенсивным развитием техносферы, негативно влияющей на глобальные климатические процессы. Внедрение искусственного интеллекта в систему урегулирования природных чрезвычайных ситуаций поспособствует значительному росту эффективности. Такие системы позволят снизить возможный ущерб, повышая эффективность прогнозирования и минимизируя риски.
Ключевые слова: искусственный интеллект, риск, мониторинг, прогнозирование, чрезвычайные ситуации, техносферная безопасность

Latypova G.M., Avvakumova N.Yu.
Kazan Innovative University named after V.G.Timiryasov, Kazan, Russian Federation

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR MONITORING AND FORECASTING EMERGENCY ZONES IN THE TECHNOSPHERE

Abstract. Natural disasters accompany humanity throughout its existence. In the modern world, natural disasters are becoming even more frequent and deadly. This is due to the intensive development of the technosphere, which negatively affects global

climate processes. The introduction of artificial intelligence into the natural emergency management system will contribute to a significant increase in efficiency. Such systems will reduce possible damage, increasing the effectiveness of forecasting and minimizing risks.

Keywords: artificial intelligence, risk, monitoring, forecasting, emergencies, technosphere safety.

В современном мире искусственный интеллект (ИИ) быстро осваивает коммуникационную сферу человечества. Являясь достаточно молодой технологией, он активно внедряется в разные сферы жизни человека, в том числе и сферу обеспечения безопасности. Доказано, что различные риски можно значительно снизить, если проводить мониторинг опасных и вредных факторов, существующих в инфраструктуре и промышленных объектах с использованием современных информационных технологий. В мире уже сегодня ИИ нашел применение для предупреждения и ликвидации аварий и катастроф во многих направлениях, основными из которых считаются: прогнозирование и своевременное предупреждение природных катаклизмов; разработка наиболее эффективных эвакуационных планов; выстраивание логистических путей распределения человеческих и материальных ресурсов и т.д.

При этом ИИ повышает качество прогноза существующих рисков конкретно обусловленных условиях (дата, время суток, метеорологические характеристики и т.п.) и позволяет улучшить координацию мероприятий по борьбе с ними, сокращая время для принятия правильных решений, а также провести эффективные мероприятия по ликвидации последствий природных ЧС.

В борьбе с последствиями катастроф природного характера важной задачей остается максимально снизить человеческие жертвы, что возможно при тесном сотрудничестве с местным населением неблагоприятных районов. Это достигается с помощью внедрения ИИ, позволяющего:

- Повысить оперативность за счет приема устройствами мобильной связи информации, созданной искусственным интеллектом.
- Распространить срочную информацию в реальном времени с помощью специализированных чат-ботов. Обеспечивая тем самым население актуальными данными о спасательных и эвакуационных пунктах, медицинских учреждениях, убежищ.

В современном мире наиболее актуальными считаются следующие технологии ИИ:

1. Машинное обучение (ML). Широко используется для анализа закономерностей и прогнозирования.
2. Анализ больших данных (Big Data). Применяется для сбора, анализа и обработки данных из множественных источников, тем самым повышая их актуальность.
3. Предиктивное моделирование. Позволяет к актуальным данным добавить анализ информации из архивов, тем самым повышая точность прогноза и последствий.

Таким образом, искусственный интеллект становится достаточно мощным инструментом в сфере управления рисками, что подтверждается мировым опытом по внедрению технологий ИИ в систему борьбы с катастрофами.

Так в США, системы машинного обучения (Hurricane Forecast Improvement Program (HFIP)), широко используются для сбора информации с космических спутников и метеостанций для создания высокоточных прогнозов возникновения, интенсивности и направления движения ураганов и смерчей [1].

Использование ИИ с машинным обучением позволяет анализировать конвективные характеристики атмосферы, высчитывая потенциально активные дни повышенной конвекции с возможными сильными осадками и ветром. Также есть примеры по использованию ИИ для аналитики и прогнозирования развития паводков в Колыме, характеризующихся быстрой сменой силы и направления.

При этом есть положительные результаты при анализе быстроразвивающихся паводков в городских туннелях в метрополитене Гвадалахары. В обоих случаях временной критерий, которым может обеспечить ИИ, является важнейшим для снижения жертв и материального ущерба [2].

В России активно разрабатываются и внедряются интеллектуальные системы для мониторинга, прогнозирования и предотвращения чрезвычайных ситуаций. Острая необходимость в таких технологиях существует в разных уголках страны, Но наибольшая актуальность отражена на Дальнем Востоке, которому угрожают регулярные тихоокеанские циклоны, в борьбе с масштабными природными пожарами Сибири и в защите населения Северного Кавказа от оползней и селей. Так, модуль «Прогнозирование» (разработанный «Росэлектроникой») используется специалистами МЧС и региональных органов власти. Анализируя сведения метеостанций, снимки со спутника и ранее имеющиеся данные, он позволяет спрогнозировать стихийные бедствия. В 2025 году данный модуль предупредил о надвигающемся паводке, в результате была проведена эвакуация трех регионов. Сколковский институт науки и технологий (Сколтех) разработал нейросеть, прогнозирующую пожары за 5 дней до их начала, а так же систему «Хиона», которая совместно с нейросетью МФТИ и Института океанологии РАН, проводит мониторинг погоды в Арктике. Алгоритм Дальневосточного федерального университета и Сбера, обнаруживает зарождающиеся циклоны, их мощность и траекторию движения. ИИ-модель Национального центра управления в кризисных ситуациях (НЦУКС) МЧС России, оценивающая сроки вскрытия льда на реках, прогнозирует старт ледохода [3].

Вышесказанное показывает четкую трансформацию существующих подходов в борьбе с ЧС, происходящую при использовании ИИ. Который дает более точные прогнозы, увеличивает скорость реагирования, сокращает использование ресурсов и снижает ущерб.

Анализируя плюсы и минусы использования ИИ, необходимо отметить, что такие системы работают в реальном времени, предоставляя необходимую информацию узким специалистам. Например, состояние дорожного покрытия и его повреждение часто становится причиной для задержки спасательных подразделений, замедляя ликвидацию катастрофы. Использование ИИ может максимально быстро проложить оптимальный маршрут для спасательной техники с учетом их технических характеристик.

Таким образом ИИ может значительно улучшить логистику спасательных мероприятий не только обеспечив качественную коммуникацию, но и позволяя правильно рассчитать все риски у ущербы той или иной чрезвычайной ситуации.

Однако параллельно с неоспоримыми успехами в использовании ИИ существуют и проблемы, требующие своевременного решения. Являясь сложной программной системой ИИ может стать мишенью адвесериальных атак, что может вывести его из строя в режиме реального времени. В таком случае, передаваемые данные будут взломаны и искажены, что может привести к непоправимым последствиям. Наиболее уязвимы в данном случае автономные системы, такие как приборы наблюдения и БПЛА. Если взлом систем ИИ произойдет в жизненно важных точках систем безопасности, таких как здравоохранение и национальная безопасность, то последствия могут отразиться на государственном уровне. Поэтому разработка систем защиты и повышение устойчивости является на сегодняшний день одной из приоритетных задач в развитии ИИ [4].

Еще одна проблема, стоящая перед современностью – это технологическая сложность обеспечения высокоэффективной работы и потребность в высококвалифицированных специалистах, как по разработке систем, так и их обслуживанию.

Эти вопросы требуют решения одновременно с развитием самой технологии ИИ. А направление решений должно отталкиваться от вопросов безопасности и надежности.

Для успешного использования ИИ в вопросах техносферной безопасности необходимо:

- создать базы данных с интегрированными показателями;
- обеспечить сотрудничество специалистов на международном уровне;
- разработать самообучающиеся системы, которые будут самостоятельно приспосабливаться к новым возникающим опасным факторам;
- разработать системы защиты от возможных кибератак.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что использование в вопросах управления катастрофами и рисками систем с интегрированным искусственным интеллектом является актуальным вопросом современности. Оно позволяет улучшить скорость реагирования, повысить точность прогнозирования и снизить возможные потери и ущербы.

Перспективы внедрения ИИ должны рассматривать разработку усовершенствованных алгоритмов машинного обучения, интеграцию с интернет ресурсами и обеспечивать минимизацию возможных рисков при ее использовании. В будущем использование данной технологии возможно приведет к снижению количества катастроф и ЧС, позволит создать защищенную и устойчивую среду обитания для человечества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капральный Ю.В. Лебедько М.А. Воротников А. Оптимизация реагирования на катастрофы в Арктике (АЗРФ) с помощью искусственного интеллекта // Арктика 2035: актуальные вопросы, проблемы, решения. 2025. № 1 (21). С. 77-83.

2. Kuglitsch M. et al. Artificial intelligence for disaster risk reduction: Opportunities, challenges, and prospects //World Meteorological Organization. 2022. Т. 71. №. 1. URL: https://wmo.int/ru/media/magazine-article/iskusstvennyy-intellekt-dlya-snizheniya-riska-bedstviy-vozmozhnosti-problemy-i-perspektivy (дата обращения: 01.04.2026).

3. Пшинник К. Искусственный интеллект против стихии: как нейросети спасают жизни. URL: https://companies.rbc.ru/news/mKDsB5joy4/iskusstvennyij-intellekt-protiv-stihii-kak-nejroseti-spasayut-zhizni (дата обращения: 24.04.2026).

4. Лещинский Б.С., Васильев Н.А., Хабушев Р.Р., Назаров А.Р. Вопросы применения искусственного интеллекта в безопасности // Искусственный интеллект в решении актуальных социальных и экономических проблем XXI века: сборник статей по материалам Девятой всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Пермь, 17–18 октября 2024 года / Пермский государственный национальный исследовательский университет, НИУ «Высшая школа экономики». Пермь, 2024. Часть 1 С. 77-81.

© Латыпова Г.М., Аввакумова Н.Ю., 2026

УДК 614.8:598.2

Майоров А.Д., Шендрикова А.О.
Московский государственный технический университет гражданской авиации, г. Москва, Российская Федерация
e-mail: amayorov.mstuca@gmail.com

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ ОТ ОРНИТОЛОГИЧЕСКОЙ УГРОЗЫ

Аннотация. В настоящей статье предложена методика оценки текущего уровня угрозы орнитологического фактора опасности на безопасность полётов и оценки предпринимаемых мероприятий, а также прогнозирование угрозы.

Ключевые слова: орнитология, фактор опасности, количественный показатель, птица, коэффициент распространённости вида.

Maiorov A.D., Shendrikova A.O.
Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russian Federation

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF MEASURES TO PROTECT AGAINST ORNITHOLOGICAL HAZARD

Abstract. This article proposes a methodology for assessing the current level of threat of the ornithological hazard factor on flight safety and evaluating the measures taken, as well as forecasting the threat.
Keywords. Ornithology, hazard factor, quantitative indicator, bird.

Безопасность полётов (БП) в современной гражданской авиации (ГА) – одна из наиболее важных, сложных и многофакторных областей исследования. Несмотря на высокий технологический прогресс и регулярное усовершенствование различных систем и комплексов, влияние неблагоприятных внешних условий остается актуальной проблемой в области БП. Одним из наиболее сложных для устранения и парирования факторов является орнитологический [1]. При этом, из-за его специфичности он также достаточно тяжело поддаётся математической оценке. Подобная проблематика поднималась в работе [2], в которой она решалась с применением подхода решения задач в условиях частичной и глубокой неопределенности. В настоящей статье предложена альтернативная методика оценки имеющихся и внедряемых в будущем мероприятий путём введение количественного показателя, который позволит определять текущий уровень угрозы и покажет динамику его изменения после предпринятых мер.

Предлагается использовать показатель, отражающий потенциальную опасность, создаваемую птицами в течении суток в зоне аэродрома. Формулу можно представить в следующем виде:

$$K = \frac{n_{\text{п}} \cdot t}{T} \quad (1)$$

где К – коэффициент опасности, создаваемой птицами в зоне аэродрома;

$n_{\text{п}}$ – оценочное количество птиц, регистрируемых в зоне аэродрома, шт;

t – время нахождения птиц в зоне аэродрома, ч;

Т – количество часов в сутках, равное 24 (ч).

В случае положительного влияния предпринятых мер будет наблюдаться снижение значения показателя ввиду снижения численности птиц и проявляемой ими активности в зоне аэродрома. При помощи этого критерия возможно не только оценивать текущую ситуацию, но и формировать прогнозы по поводу дальнейшей реализации мероприятий в области орнитологического обеспечения на аэродромах, основываясь на собранной статистической информации.

Однако стоит отметить, что данный показатель не учитывает степень опасности различных видов птиц на БП. Очевидно, что стая уток, средний вес которых в среднем составляет 1000-1500 грамм, нанесёт больше повреждений воздушному судну в случае столкновения, чем, например, стая воробьёв или скворцов, вес которых 25-100 грамм, а размеры меньше в 3-4 раза.

Для более точечного и узконаправленного использования данного показателя с помощью специалистов в области орнитологии возможно сформировать категорирование групп птиц (по родам, видам и т. п.) по степени их потенциальной угрозы для ВС. Данное категорирование должно опираться на сведения о массе птиц, особенности их поведения, представляющие угрозу для ВС, а также учитывать основные зоны обитания и вероятность их расположения в приаэродромной зоне. Все эти условия учитываются коэффициентом $k_{\text{п}}$. Применяя этот показатель, возможно формировать более точные данные относительно создаваемой угрозы. Результатом столкновений с птицами могут

быть авиационные события [2, 3] с разнообразными последствиями, в т.ч. экологическими [4].

Коэффициент видовой опасности птиц в зоне аэродрома можно рассчитать следующим образом:

$$K_{\text{ВО}} = k_{\text{п}} \cdot K \quad (2)$$

где $k_{\text{п}}$ – показатель, учитывающий величину потенциальной опасности вида (рода) птиц для БП.

Различные группы птиц могут создавать разный уровень угрозы БП за счёт ряда характеризующих их параметров, которые отражаются коэффициентом $k_{\text{п}}$. Рассмотрим его формирование подробнее.

В таблице 1 представлены факторы, влияющие на уровень создаваемой определённым видом (родом) птиц угрозы БП. Для всех групп птиц отмечены характерные значения четырёх параметров, каждому из которых присваивается коэффициент. С этой целью были разработаны шкалы оценки, учитывающие диапазон потенциальных значений каждого параметра. Диаграммы и графики, отражающие зависимость коэффициента от значения параметра, представлены на рис. 1. В итоге, имея коэффициенты, определяется их среднее значение, которое и отражает обобщённый уровень создаваемой угрозы каждой группы птиц для БП. В данном случае принимается, что коэффициенты всех параметров являются равновесными, однако в будущем, при проведении уточняющих исследований, потенциально возможно усовершенствовать систему подсчёта итогового коэффициента опасности вида путём добавления весового коэффициента для вычисления средневзвешенного значения, которое точнее будет отражать фактический уровень создаваемой видом угрозы для БП. Вся таблица в зависимости от потребностей расчёта групп птиц в различных климатических зонах также может быть дополнена, а показатели уточнены в соответствующих исследованиях в будущем.

Таким образом,

$$k_{\text{п}} = \frac{k_m + k_V + k_H + k_Z}{4}, \quad (3)$$

где $0 < k_m \leq 1$ – коэффициент, учитывающий массу птицы;

$0 < k_V \leq 1$ – коэффициент, учитывающий скорость полёта у земли;

$0 < k_H \leq 1$ – коэффициент, учитывающий наиболее распространённый диапазон высот полёта в приаэродромной зоне до высоты в 600 м;

$0 < k_Z \leq 1$ – коэффициент, учитывающий величину угрозы зоны обитания вида на БП вблизи аэродрома.

Формула функции распределения массы птицы в зависимости от коэффициента была выведена эмпирически исходя из собранной статистики. Она имеет следующий вид:

$$m_{\text{п}} = k_m^2 \cdot 10^3 \cdot 0{,}5(10k_m + 1), \quad (4)$$

где $m_{\text{п}}$ – масса птицы в граммах,

$k_m \in \{0{,}1; 0{,}2; 0{,}3; \ldots; 1\}$ – коэффициент степени влияния массы птицы на БП.

Таблица 1

Факторы, влияющие на уровень создаваемой определённым видом птиц угрозы БП

№ п/п	Биологич. род	Масса птицы, г		Скорость у земли, км/ч		Высота полёта в приаэродромной зоне, м		Зона обитания		Итоговый коэффициент, Кп
		Знач.	k_m	Знач.	k_V	Знач.	k_H	Значение	k_Z	
1	Воробей	25	0,1	30	0,3	10–50	1	Городская среда, лесопосадки, кустарники	0,6	0,5
2	Врановые	500	0,4	40	0,4	до 100	0,9	Городская застройка, лесопосадки, кустарники, поля,	1	0,7

Окончание табл. 1

№ п/п	Биологич. род	Масса птицы, г		Скорость у земли, км/ч		Высота полёта в приаэродромной зоне, м		Зона обитания		Итоговый коэффициент, Кп
		Знач.	k_m	Знач.	k_V	Знач.	k_H	Значение	k_Z	
								мусорные полигоны		
3	Голубь	350	0,4	60	0,5	до 200	0,8	Городская застройка	0,4	0,5
4	Гусь	3000	0,8	70	0,6	до 500	0,5	Водоёмы, луга, поля	0,7	0,7
5	Дрозд	90	0,2	40	0,4	20–100	1	Лесопосадки, кустарники	0,8	0,6
6	Журавли, аисты, цапли	5000	1	60	0,5	100–300	0,8	Водоёмы, заболоченная местность, луга, поля	0,7	0,8
7	Перепел	120	0,3	30	0,3	до 20	1	Луга, поля	0,6	0,6
8	Скворец	80	0,2	40	0,4	до 100	0,9	Городская застройка, лесопосадки, кустарники	0,7	0,6
9	Сова	1500	0,7	40	0,4	до 50	1	Леса, лесополосы, поля	0,8	0,7
10	Стриж	40	0,2	110	0,8	до 300	0,7	Городская застройка, скалы	0,3	0,5
11	Трясогузка	25	0,1	30	0,3	до 50	1	Городская застройка, водоёмы	0,4	0,5
12	Утка	1200	0,6	60	0,5	до 200	0,8	Водоёмы, заболоченная местность	0,7	0,7
13	Хищные птицы (орёл, сокол, сапсан и т.п.)	3000	0,8	80	0,7	до 600	0,3	Горы, лесополосы, поля	0,5	0,6
14	Чайка	700	0,5	60	0,5	до 300	0,7	Водоёмы, заболоченная местность, мусорные полигоны, свалки	1	0,7

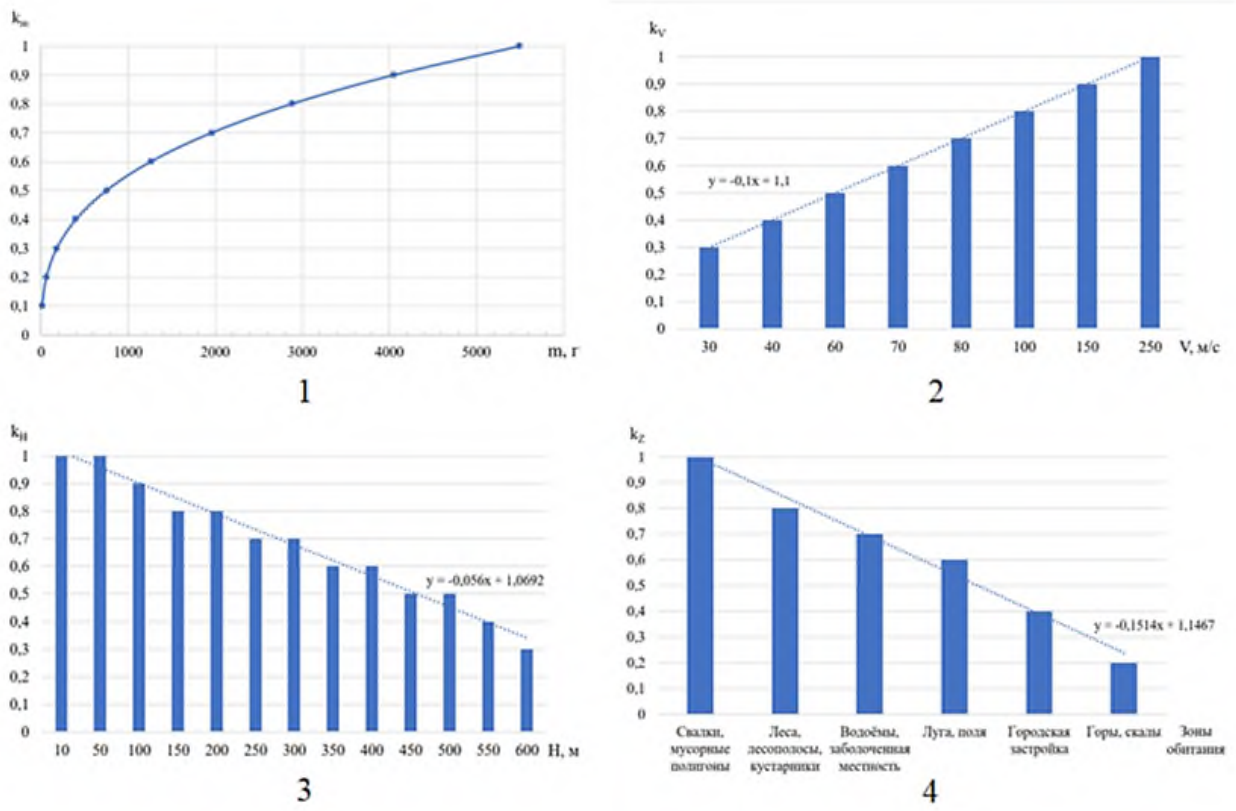


Рис. 1. Распределение: 1) коэффициента k_m от массы $m_п$; 2) коэффициента k_v в зависимости от скорости полёта птицы V; 3) коэффициента k_H в зависимости от высоты H; 4) коэффициента k_z в зависимости от среды обитания

Однако, данный расчёт применим только в качестве ретроактивной оценки реализуемых мер по борьбе с орнитологическим фактором, поскольку для расчёта необходимо знать конкретное (оценочное) число птиц каждого вида и количество часов, в течение которого они находились в зоне аэродрома.

Для использования этого показателя в прогностических целях необходимо перейти от учёта фактического числа наблюдаемых птиц к коэффициенту распространённости вида в исследуемой климатической зоне аэропорта, который обозначим буквой R. Он принимается исходя из статистики орнитологических наблюдений. Тогда формула принимает вид:

$$K_{ТВ} = R \cdot k_п \qquad (5)$$

В качестве наглядного примера изменения показателя опасности проведём расчёт с учетом R для двух аэропортов в разных климатических зонах для одного и того же вида птиц. Рассмотрим с этой целью чаек в приаэродромных зонах Нового Уренгоя (Аэропорт Новый Уренгой имени И.М. Губкина, расположенный в Ханты-Мансийском автономном округе (субарктический пояс, область атлантического влияния) и Минеральных Вод (Международный Аэропорт Минеральные Воды имени М.Ю. Лермонтова (умеренный пояс, степная область). Хоть чайки встречаются в обоих указанных местах, однако в Новом Уренгое они распространены гораздо меньше и обычно не собираются большими стаями, тогда как в Минеральных Водах с большим количеством тёплых естественных водоёмов вокруг аэродрома их популяция гораздо выше. После выполнения расчёта получается следующий результат:

– Международный Аэропорт Минеральные Воды имени М.Ю. Лермонтова: $R = 0,9$, $K_{ТВ} = 0,61$;

– Аэропорт Новый Уренгой имени И.М. Губкина: $R = 0,2$, $K_{ТВ} = 0,14$.

Таким образом, данный подход к оценке результативности мероприятий будет способствовать более обоснованному принятию решений и улучшению БП.

Предложенный расчёт не затрагивает ещё достаточно большое количество аспектов, поддающихся учёту в области орнитологического обеспечения полётов. Однако, при необходимости, расчёт можно масштабировать, уточнять и дорабатывать с учётом поступления новых данных и проведения исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макарова Е.Р. Орнитологическое обеспечение полетов / Е.Р. Макарова, А.В. Ратушняк, А.В. Грачева, А.Г. Дамдинов, И.И. Горбачева. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ornitologicheskoe-obespechenie-poletov (дата обращения: 06.03.2026).

2. Хачикян П.П. Орнитологическое обеспечение безопасности полетов как задача принятия решений в условиях неопределенности // Научный Вестник МГТУ ГА. 2024. Т. 27, № 2. С. 25-42.

3. Правила расследования авиационных происшествий и инцидентов с гражданскими воздушными судами в Российской Федерации, утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 18 июня 1998 года № 609 (ПРАПИ-98).

4. Приложение 13 к Конвенции о международной гражданской авиации. Расследование авиационных происшествий и инцидентов. ИКАО, изд. 13, 2024.

5. Николайкин Н.И., Старков Е.Ю. Уменьшение экологических последствий от воздействия авиационных происшествий // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2016. № 225 (3). С. 129-136. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26906695 (дата обращения: 06.03.2026).

© Майоров А.Д., Шендрикова А.О., 2026

УДК 614.8:620.9

Бурденко С.И., Шпаковская А.В.

Российский государственный университет туризма и сервиса, г. Пушкино, Российская Федерация

e-mail: burdenko.snezhana@mail.ru

РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ В ЧС

Аннотация. В статье проанализированы нормативные и методические подходы к оценке эффективности техники с учётом расхода топливных, энергетических, материальных и временных ресурсов. Приведены конкретные ресурсосберегающие технологии и альтернативные источники энергии для

работы в условиях нарушения энергоснабжения. Обоснованы количественные критерии ресурсоэффективности. На примерах типовых чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера доказано, что выбор ресурсоэффективных технических средств позволяет снизить затраты, сократить сроки ликвидации последствий и повысить устойчивость системы защиты населения.
Ключевые слова: ресурсосбережение, технические средства защиты населения, чрезвычайные ситуации, критерии выбора оборудования, альтернативные источники энергии, энергоэффективность.

Burdenko S.I., Shpakovskaya A.V.
Russian State University of Tourism and Service, Pushkino, Russian Federation

RESOURCE CONSERVATION AS A CRITERION FOR CHOOSING EQUIPMENT IN EMERGENCIES

Abstract. The article examines regulatory and methodological approaches to equipment efficiency assessment, considering fuel, energy, material, and time consumption. Resource-saving technologies and alternative energy sources for power disruption conditions are presented. Quantitative resource efficiency criteria are substantiated. Examples of natural and man-made emergencies prove that resource-efficient technical means reduce costs, shorten response times, and improve system resilience.
Keywords: resource conservation, technical means of population protection, emergency situations, equipment selection criteria, alternative energy sources, energy efficiency.

В контексте планирования мероприятий по защите населения ключевым требованием к техническим средствам является не только их функциональная

способность выполнить задачу (спасение, эвакуация, подавление источника ЧС), но и экономическая эффективность их применения. Методические рекомендации МЧС России (утв. 19.03.2021 № 2-4-71-5-11) закрепляют принцип рациональности при формировании резервов материальных ресурсов. Согласно логике документа, выбор технических средств должен осуществляться исходя из условия достижения максимального результата при минимальном расходовании топливно-энергетических и материальных ресурсов [1].

В научной литературе данный подход находит свое подтверждение. Как отмечается в исследованиях по оптимизации аварийно-спасательного оборудования, в основе выбора техники лежит стремление к минимизации временных и материальных затрат на проведение неотложных работ. Например, при ликвидации последствий на рассредоточенных объектах предпочтение отдается не самым мощным, а самым мобильным и автономным средствам, способным работать в условиях ограниченного подвоза топлива или отсутствия централизованного энергоснабжения[2].

Современные системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций критически зависят от стабильного энергоснабжения. Как отмечается в исследовании, опубликованном в научном журнале, изменение климата и глобальные энергетические переходы создают новые уязвимости для служб экстренного реагирования на местном уровне из-за каскадных эффектов. Любая чрезвычайная ситуация неизбежно сопровождается нарушением или ограничением штатных каналов энергоснабжения. Опыт европейских стран в области ресурсосбережения при нарушении энергоснабжения проанализирован в [3]. Разрушение линий электропередачи, повреждение топливной инфраструктуры, блокировка дорог для подвоза горюче-смазочных материалов (ГСМ) делают энергию дефицитным ресурсом. В этих условиях энергосбережение превращается в оперативно-тактическую задачу: чем меньше энергии потребляет техническое средство, тем дольше оно сможет автономно

работать без дозаправки или подзарядки, тем выше будет общая устойчивость группировки спасательных сил.

Для обеспечения работы технических средств в условиях нарушения энергоснабжения целесообразно применение следующих технологий и альтернативных источников энергии (таблица 1).

Таблица 1

Ресурсосберегающие технологии и альтернативные источники энергии для технических средств в ЧС

Технология/ источник	Пример реализации	Эффект (экономия топлива/энергии)
Рекуперация энергии	Электромеханические тормозные системы в аварийно-спасательных автомобилях, рекуператоры тепла в передвижных электростанциях	Снижение расхода топлива на 15-20%
Гибридные приводы	Спасательные автомобили с последовательной гибридной схемой (ДВС + электромотор)	Снижение расхода топлива на 25-30%
Солнечные панели	Мобильные зарядные станции на фотоэлементах для питания средств связи, освещения, аккумуляторного инструмента	Полная автономность по электроэнергии до 72 часов (при инсоляции)
Портативные ветрогенераторы	Компактные ветроустановки мощностью 0,5-2 кВт для полевых лагерей МЧС	Дополнение к солнечным панелям в ночное время и при пасмурной погоде
Биотопливные установки	Генераторы на биодизеле (отработанное растительное масло) или биогазе (из органических отходов)	Замена до 100% дизельного топлива при наличии местного сырья
Тепловые насосы	Передвижные установки для обогрева/охлаждения временных укрытий (КПД 300-400%)	Снижение расхода топлива на обогрев в 3-4 раза по сравнению с дизельными калориферами

Современные исследования в области применения беспилотных авиационных систем (БПЛА) для спасательных операций демонстрируют, что выбор архитектуры технического средства напрямую влияет на общее энергопотребление. Двухуровневая система БПЛА использует интеллектуальное

планирование задач и коллаборативную коммуникационную структуру «воздух-земля». Экспериментально доказано, что по сравнению с традиционными одноуровневыми системами и фиксированными схемами планирования маршрутов, предложенная система достигает снижения системных издержек на 66,78% при сохранении 98% покрытия зоны бедствия.

Для того чтобы техническое средство считалось ресурсоэффективным при планировании мероприятий по защите населения[4], его удельное энергопотребление не должно превышать следующих пороговых значений (установленных на основе анализа типовых операций МЧС и требований Федерального закона № 261-ФЗ):

- для аварийно-спасательных автомобилей – расход топлива не более 0,55 л/км пробега;

- для насосных станций (перекачка воды) – удельный расход топлива не более 0,25 л на 100 м³ при напоре 20 м;

- для передвижных электростанций – удельный расход топлива не более 0,30 л/кВт·ч;

- для средств освещения – не более 15 Вт на 1000 лм (светодиодные технологии);

- для аккумуляторного ручного инструмента – энергопотребление не более 100 Вт·ч на 1 час непрерывной работы под нагрузкой.

Превышение указанных значений требует обоснования в каждом конкретном случае (например, при работе в экстремально низких температурах). Общие принципы ресурсосбережения, применимые при выборе техники, изложены в [5].

Таким образом, в условиях чрезвычайных ситуаций энергосбережение превращается в оперативно-тактическую задачу, от которой напрямую зависят автономность, мобильность и живучесть спасательных подразделений. Чем ниже удельное энергопотребление техники, тем дольше она может работать без дозаправки при сбоях штатного энергоснабжения. Поэтому выбирать средства для ликвидации ЧС разумнее не по максимальной мощности, а по критерию

минимальных энергозатрат на единицу полезной работы (например, литры на километр или киловатт-часы на квадратный километр обследования), а пороговые значения из Федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» позволяют объективно сравнивать разные образцы[6]. Дополнительно применение альтернативных источников энергии – солнечных зарядных станций, ветрогенераторов, биотопливных установок, тепловых насосов – и ресурсосберегающих технологий вроде рекуперации и гибридных приводов снижает зависимость от централизованного снабжения, продлевает время автономной работы и уменьшает логистическую нагрузку на службы снабжения в зоне ЧС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов И.И. Энергосбережение в аварийно-спасательных работах // Технологии гражданской безопасности. 2024. № 2(80). С. 45-52.
2. Кожевин Д.Ф., Матвеев А.В., Самигуллин Г.Х., Смирнов А.С. Метод многокритериальной оценки эффективности технических средств... //Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. - 2024. № 4. - С. 59-70.
3. Борисова О. Н. Насущные вопросы ресурсосбережения в ЖКХ – опыт европейских стран // Славянский форум. 2017. № 3 (17). С. 248-255.
4. Борисова О. Н. Оптимизация энергоэффективности зданий в системе ЖКХ // Славянский форум. 2019. № 1 (23). С. 94-99.
5. Борисова, О. Н. Ресурсосбережение в строительстве – стимул экологического прогресса // Экология промышленного производства. 2020. № 1 (109). С. 39-42.
6. Борисова О. Н. Первостепенные мероприятия по энергосбережению в ЖКХ / О. Н. Борисова, А. С. Кочетков, Ю.В. Кудров, Л.В. Сумзина, Н.Н. Губанов // Современные проблемы туризма и сервиса: сборник статей Всероссийской научной конференции. М., 2018. С. 42-49.

© Бурденко С.И., Шпаковская А.В., 2026

1.5. ИНФОРМАЦИОННАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 004.056.5

Николайкин И.А.[1], *Селезнёв В.М.*[2]

[1]Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Российская Федерация

[2]Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, г. Москва, Российская Федерация

e-mail: inikolaykin@bk.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ДАШБОРДА ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ СОСТОЯНИЯ МЕТРИК КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ

Аннотация. В статье описаны возможности визуализации данных в области управления рисками кибербезопасности с помощью дашборда, а также проанализированы преимущества и недостатки инструмента.

Ключевые слова: кибератаки, кибербезопасность, киберриск, ключевые индикаторы риска, метрики риска, дашборд.

Nikolaykin I.A.[1], *Seleznyov V.M.*[2]

[1]National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russian Federation

[2]Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

APPLICATION OF A DASHBOARD FOR MONITORING CYBERSECURITY METRICS STATUS

Abstract. The article describes the possibilities of data visualization in the field of cybersecurity risk management using a dashboard, and also analyzes the advantages and disadvantages of the tool.

Keywords: cyber attacks, cybersecurity, cyber risk, key risk indicators, risk metrics, dashboard

Одна из актуальных проблем в настоящее время – обеспечение безопасности и непрерывности работы компаний, относящихся к финансовому сектору, поскольку именно они занимают лидирующие позиции в качестве мишеней для хакерских атак. Так, например, согласно данным представленным в бюллетене «Лаборатории Касперского» «Киберпульс.Финансы», представленном на Уральском форуме «Кибербезопасность в финансах», финансовая отрасль остаётся одной из самых атакуемых в России: в 2025 году по сравнению с 2024-м количество кибератак на организации из этого сектора выросло на 43%. [1]. При этом в 2025 г. аналитики RED Security SOC снова отметили, как увеличение общего количества кибератак на российские компании, так и то, что компании финансового сектора оказались в лидерах рейтинга мишеней. Так за первые два квартала 2025 г. было зафиксировано более 63 тыс. хакерских нападений, а это на 27% превышает показатели аналогичного периода предыдущего года. Наиболее активно преступники вели себя в предпраздничный и праздничный период, т.е. в апреле и мае 2025 г. Среди мишеней, как упоминалось ранее, в лидерах снова оказались компании финансового сектора. Единственное изменилось распределение: первое место заняли компании из сферы телекоммуникаций (35%), IT-компании вышли на второе место (19%), и замкнул тройку финансовый сектор (17%) [2].

Ещё одной особенностью хакерских атак в 2025 г., отмеченной аналитиками, стало использование легитимных средств защиты информации, таких как антивирусные решения и системы класса EDR (Endpoint Detection and Response), их использование увеличилось примерно в 2 раза. Причина очевидна, когда злоумышленники подключаются к системам антивируса и EDR, обладая правами администратора, то они получают возможность максимально быстро и

незаметно распространить вредоносные программы везде, где установлены агентские модули упомянутых систем защиты [2].

Чтобы минимизировать финансовые и репутационные потери компаний и создать условия для безопасного оказания услуг, организациям необходимо отслеживать и управлять метриками кибербезопасности, которые в соответствии со своим назначением отражают состояние направления, которое они отслеживают. Ситуация осложняется тем, что киберпреступники постоянно совершенствуются для достижения целей и пользуются всеми передовыми технологиями. Это диктует ужесточение существующих требований и введение новых по обеспечению информационной безопасности, включая кибербезопасность, для всех предприятий и организаций, в том числе и финансового сектора.

Одно из основных понятий - это понятие «риска кибербезопасности» или же «киберриска» - это вероятность нанесения ущерба вследствие использования каких-либо недостатков в ИТ-инфраструктуре, различных бизнес-процессах в цифровой среде. Понятие «киберриск» закреплено в нормативных документах [3]. Он включает в себя: «риск преднамеренных действий со стороны работников кредитной организации и (или) третьих лиц с использованием программных и (или) программно-аппаратных средств, направленных на объекты информационной инфраструктуры кредитной организации (головной кредитной организации банковской группы) в целях нарушения и (или) прекращения их функционирования и (или) создания угрозы безопасности информации, подготавливаемой, обрабатываемой и хранимой такими объектами, а также в целях несанкционированного присвоения, хищения, изменения, удаления данных и иной информации (структуры данных, параметров и характеристик систем, программного кода) и нарушения режима доступа» [3, 4].

Информационная безопасность и кибербезопасность это две области, имеющие много пересечений, все же это разные области. Информационная

безопасность направлена на защиту всех форм информации и данных компаний от несанкционированного доступа, как со стороны сотрудников, так и 3-х лиц. Кибербезопасность – это процесс защиты информации в киберпространстве. Он связан с защитой данных или информации, которая находится в компьютерной системе или сети, от посягательств мошенников, вирусов, вредоносных программ и т.д.

Информационная безопасность обеспечивает технологические компоненты, необходимые для защиты данных, а кибербезопасность обеспечивает основу для того, как эти технические компоненты должны использоваться организациями, которые хотят защитить свои данные от злоумышленников.

В условиях стремительного развития цифровых технологий, цифровизации внутренних процессов, увеличения количества кибератак, в том числе и на организации кредитно-финансовой сферы, управление рисками кибербезопасности становится одной из ключевых задач, которую необходимо выполнить для обеспечения устойчивости и безопасности информационных систем компании.

Киберугрозы становятся все более изощренными, и соответственно возрастают риски. Цель данного исследования - повышение кибербезопасности путем разработки современных средств анализа и интерпретации данных, которые упростят управление ими и сделают задачу понятной всем заинтересованным сторонам.

Визуализация данных – эффективный инструмент, который позволяет преобразовывать и представлять в наглядном формате большие и сложные массивы данных. Визуализация облегчает восприятие информации, помогает в выявлении закономерностей и аномалий. В контексте управления рисками кибербезопасности визуализация данных позволяет не только улучшить понимание текущего состояния безопасности, но и предсказать возможные в

будущем осложнения, принимать своевременные управленческие решения с целью минимизации данных осложнений. Она является важным элементом для проактивного подхода к защите информационных ресурсов.

В Российской Федерации вопросам защиты от киберугроз относятся серьёзно. Существует ряд нормативных правовых актов, которые регулируют данную сферу. Однако не менее важную роль в защите компании играют внутренние документы и протоколы безопасности, в которых закреплен порядок функционирования системы информационной и кибербезопасности. При этом приоритетную важность приобретают ключевые индикаторы риска (КИР) - показатели, которые позволяют спрогнозировать и оценить вероятность реализации риска (наступления рискового события). Вероятность реализации риска нередко можно привязать к различным количественным показателям деятельности организации, эти показатели и будут ключевыми индикаторами риска.

Формальное определение рисков, связанных с информацией и информационными технологиями приводятся в документе «Risk IT framework by ISACA» [5], где указано, что Key risk indicators (KRIs) – это метрики, способные продемонстрировать, что предприятие подвержено или имеет высокую вероятность подвергнуться риску, превышающему определённый уровень приемлемого риска (risk appetite) или толерантности к риску. Как следует из их названия, они являются лишь индикаторами риска, а не прямыми измерениями риска. Важно разграничивать сам процесс измерения риска (и соответствующее присвоение рейтингов риска) и определение ключевых индикаторов риска (KRIs). Они специфичны для каждой компании, и их выбор зависит от множества параметров внутренней и внешней среды, включая размер и сложность предприятия, а также регуляторный контекст [5].

Таким образом, цель использования ключевых индикаторов риска кибербезопасности (КИР КБ) – предоставить ранние сигналы о возможных

проблемах, чтобы принять превентивные меры для минимизации ущерба. В общем виде система управление рисками состоит из 4 основных элементов, объединяющую в систему на рис. 1 [6].

Рис. 1. Схема управления рисками

Этапы управления рисками представляют непрерывный процесс, поскольку всегда можно совершенствовать принятые меры митигации или переоценивать уже известный и обработанный риск.

В каждой крупной финансовой организации метрики КИР КБ установляются на основании результатов собственной глубокой экспертизы. С позиции упомянутой выше схемы (рис. 1) происходит это после прохождения оценки риска. Для целей обеспечения информационной и кибербезопасности недостаточно использовать только графики или только диаграммы, именно поэтому предлагается использовать на этапе контроля рисков дашборд - информационно-аналитическую панель, которая получает данные из других систем и отображает их в понятном виде (текст, графики, и другие средства

визуализации). Дашборд позволяет отслеживать, анализировать и интерпретировать ключевые показатели деятельности компании в режиме реального времени, что становится особенно важным при непрерывном наблюдении за текущей ситуацией.

Следует отметить, что, например, в крупных финансовых организациях КИР КБ в соответствии с нормативными требованиями носят обязательный характер исполнения, что означает, что все владельцы продуктов, которые попали в список данных метрик КИР КБ, обязаны исполнить возложенные на них обязательства в соответствии с тем, какую метрику КИР КБ им необходимо выполнять.

Для того, чтобы убрать двоякое прочтение и помочь владельцам полностью и в срок выполнять метрики КИР КБ, у каждой метрики есть свои официально закрепленные формулы расчёта, которые учитывают уникальность каждой метрики и имеют различные закрепленные весовые коэффициенты. Продуктивная работа с метриками КИР КБ обеспечивают различные способы отслеживания текущего статуса метрик по продуктам. Данные источники информации об актуальном состоянии разработаны с помощью различных систем и инструментов, но их объединяет одно – постоянный мониторинг статуса метрики, для продуктивного и удобного управления КИР КБ.

Таким образом, визуализация помогает проще воспринимать сложные массивы информации, другим немаловажным фактом является то, что правильно созданный инструмент по визуализации данных, в нашем случае дашборд, помогает работать с данными напрямую, минуя дополнительные этапы в виде отчётов или презентаций, которые составляют подчинённые. Помимо этого он поддерживает актуальность данных без задержки (в реальном времени), то это ещё даёт возможность получать информацию в любое удобное и необходимое время, отпадает необходимость подготовки нового отчёта, поскольку все уже

сделано и выведено на дашборд. Иными словами, дашборд облегчает доступ к информации и уменьшает сроки ее получения.

Однако, когда создаётся дашборд, то в нём заранее закладывается результат вывода, и информация будет выводиться в заранее настроенной форме, иными словами получить данные в какой-нибудь нетипичной форме не получится. То есть для единичного принятия решения необходимо, например, разбить данные по регионам, то человек сделает это, а настроенный инструмент придется дорабатывать, и зачастую это может потребовать большие трудовые и временные затраты, чем создание карты человеком.

Несмотря не имеющиеся пробелы и недостатки, роль визуализации данных в управлении рисками кибербезопасности невозможно переоценить. Она не только упрощает анализ сложных данных, но и способствует более эффективному взаимодействию между техническими специалистами и бизнес-руководством. Можно утверждать, что в условиях растущего числа киберугроз визуализация становится ключевым инструментом для оперативного реагирования, приоритизации рисков и разработки стратегий защиты.

Кроме того, в современной обстановке дополнительным преимуществом является то, что существуют полностью отечественные продукты, которые позволяют реализовать создание дашборда на своей основе, например, АС «Навигатор BI» – российская платформа бизнес-аналитики (BI) и визуализации данных, разработанная ПАО «Сбербанк» для сбора, обработки и интерактивного анализа больших объемов информации. Помимо прочего АС «Навигатор BI» имеет ролевую модель предоставления доступов, что позволяет, в зависимости от потребностей сделать дашборд как общедоступным, так и ограничить круг пользователей, которые будут его видеть. Ещё одним преимуществом дашборда является то, что все метрики КИР КБ в итоге собираются в одном месте, в котором, например, доступна детализация информации вплоть до ответственных за неисполнение планов.

В заключении хотелось бы ещё отметить, что возможность трансформировать дашборд под мобильные устройства ещё больше повышают его удобство и универсальность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В 2025 году число кибератак на финансовые учреждения выросло на 43% [Электронный ресурс]. 2026. URL: https://www.kaspersky.ru/about/press-releases/v-2025-godu-chislo-kiberatak-na-finansovye-uchrezhdeniya-vyroslo-na-43 (дата обращения: 23.02.2026).
2. Аналитика RED Security SOC: финансы и телеком стали устойчивыми агрессивными отраслями с начала года [Электронный ресурс]. 2025. URL: https://redsecurity.ru/news/analitika-red-security-soc-finansy-i-telekom-stali-samymi-atakuemymi-otraslyami-s-nachala-goda (дата обращения 21.02.2026).
3. Положение Банка России от 8 апреля 2020 г. № 716–П «О требованиях к системе управления операционным риском в кредитной организации и банковской группе». – URL: https://www.cbr.ru/faq_ufr/dbrnfaq/doc?number=716-%D0%9F (дата обращения 22.02.2026).
4. Толстой А.И. Систематика понятий в области информационной безопасности [Электронный ресурс] // Безопасность информационных технологий. 2023. Том 30, № 1 (2023). URL: https://bit.spels.ru/index.php/bit/article/view/1478 (дата обращения 22.02.2026).
5. Risk IT framework [Электронный ресурс]. 2025. URL: https://www.hci–itil.com/ITIL_v3/docs/RiskIT_FW_30June2010_Research.pdf (дата обращения: 25.02.2026).
6. Что такое риск информационной безопасности? Зачем его оценивать? И как это сделать [Электронный ресурс]. 2024. URL: https://habr.com/ru/articles/649279/ (дата обращения: 25.02.2026).

© Николайкин И.А., Селезнёв В.М., 2026

УДК 004.056:004.738.5:658.52

Бояров Е.Н., Шитов Э.Н.

Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Российская Федерация

e-mail: e.boyarov@mail.ru

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ ВНЕДРЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО IOT

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы обеспечения информационной безопасности технологических процессов при внедрении промышленного интернета вещей. Проанализированы особенности цифровизации производства, выявлены ключевые угрозы и ограничения существующих подходов. Обоснована необходимость комплексной модели защиты, включающей архитектурные, организационные и технические меры, направленные на снижение киберфизических рисков и повышение устойчивости производственных систем.

Ключевые слова: промышленный интернет вещей, информационная безопасность, технологические процессы, киберфизические системы, киберугрозы, мониторинг безопасности.

Boyarov E.N., Shitov E.N.
Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Russian Federation

ENSURING INFORMATION SECURITY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES UNDER THE IMPLEMENTATION OF INDUSTRIAL IoT

Abstract. The article examines the problems of ensuring information security of technological processes in the context of industrial Internet of Things implementation. The features of production digitalization are analyzed, and key threats and limitations of existing approaches are identified. The necessity of a comprehensive security model is substantiated, including architectural, organizational, and technical measures aimed at reducing cyber-physical risks and improving the resilience of industrial systems.
Keywords: Industrial Internet of Things, information security, technological processes, cyber-physical systems, cyber threats, security monitoring

Внедрение промышленного IoT (от англ. Internet of Things) меняет архитектуру технологических процессов. Ранее производственные системы часто работали изолированно. Сейчас датчики, контроллеры, исполнительные механизмы, SCADA-системы (Supervisory Control and Data Acquisition), MES (Manufacturing Execution System) / ERP (Enterprise Resource Planning), облачные платформы и удаленный доступ объединяются в единую цифровую среду. Это повышает управляемость производства, но одновременно расширяет поверхность атаки [1].

Одним из базовых документов в данной области является NIST SP 800-82 Rev. 3. Руководство систематизирует подходы к защите промышленных систем управления, включая SCADA, DCS (Distributed Control System) и PLC (Programmable Logic Controller), и отражает современное понимание угроз, характерных для интеграции ИТ- и ОТ-сред (от англ. Operational Technology) как

совокупности аппаратных и программных средств, которые управляют физическими процессами в реальном мире [6]. Соответственно, здесь речь идет не о данных как таковых, а о воздействии на оборудование, технологические параметры и производственные операции. Тем самым, промышленная инфраструктура обладает рядом принципиальных отличий: длительный жизненный цикл оборудования, ограниченные возможности обновления, высокая чувствительность к задержкам и сбоям, а также прямая связь с физическими процессами.

NIST SP 800-82 Rev. 3 прямо указывает, что OT-системы отличаются от обычных ИТ-систем тем, что они воздействуют на физическую среду и требуют особого учета надежности, безопасности и непрерывности технологического процесса [6]. То есть кибератака в такой среде может привести не только к утечке данных, но и к остановке оборудования, браку продукции, аварийной ситуации или угрозе жизни персонала.

На наш взгляд, основная проблема безопасности состоит в противоречии между цифровизацией производства и недостаточной готовностью промышленных систем к работе в открытой сетевой среде. Промышленный IoT предполагает постоянный обмен данными, удаленный мониторинг, аналитику и интеграцию с внешними сервисами. Но многие технологические системы проектировались с приоритетом доступности и устойчивости, а не кибербезопасности [1, 3].

В ходе проведенного анализа были выявленные следующие закономерности, определяющие сущность данной проблемы:

Первая закономерность – сближение ИТ и ОТ повышает риск распространения атак из корпоративной сети в технологический контур. Производственная инфраструктура становится зависимой от учетных записей, удаленного доступа, сетевых шлюзов, API и облачных сервисов.

Вторая закономерность – промышленность остается одной из наиболее атакуемых отраслей. По данным IBM X-Force, производство несколько лет подряд находится среди главных целей атак, а значительная часть инцидентов связана с эксплуатацией уязвимостей и нарушением операционной устойчивости [5].

Третья закономерность – IoT-устройства часто становятся слабым звеном. Для них характерны ограниченные вычислительные ресурсы, слабая аутентификация, устаревшие прошивки, сложность обновления, использование небезопасных протоколов и недостаточный контроль жизненного цикла.

Четвертая закономерность – последствия атак в IoT имеют киберфизический характер. Речь идет не только о нарушении конфиденциальности, но и о влиянии на параметры процесса: температуру, давление, скорость, дозировку, режимы работы оборудования, показания датчиков и команды исполнительным механизмам.

Теоретический анализ показал наличие некоторых сложностей при обеспечении безопасности таких систем. К ним относятся:

1. Невозможность механически перенести обычные ИТ-подходы в промышленную среду, поскольку в ОТ нельзя свободно перезагружать оборудование, часто нельзя быстро установить обновления, а сканирование уязвимостей может нарушить работу технологического процесса.

2. Наличие устаревших систем, т.к. на производстве часто используются контроллеры и SCADA-компоненты с длительным жизненным циклом, которые могут работать 10-20 лет и не поддерживать современные механизмы защиты.

3. Слабая инвентаризация активов ввиду того, что предприятие может не иметь точного перечня всех датчиков, контроллеров, шлюзов, сетевых соединений и удаленных точек доступа. Без этого невозможно корректно оценить риски [2].

4. Организационный разрыв между ИТ- и производственными подразделениями, поскольку ИТ-службы мыслят категориями конфиденциальности и контроля доступа, а технологические службы – категориями непрерывности, безопасности производства и допустимого простоя.

Рассмотрим вероятные пути решения данной проблемы в виде сформулированных направлений (рис. 1).

Первое направление – риск-ориентированная архитектура защиты. Для промышленного IoT целесообразно использовать подход ISA/IEC 62443 [5]. Эта серия стандартов ориентирована на безопасность промышленных систем автоматизации и управления, связывает ИТ, ОТ и безопасность технологического процесса, а также использует принципы зон и каналов взаимодействия [4].

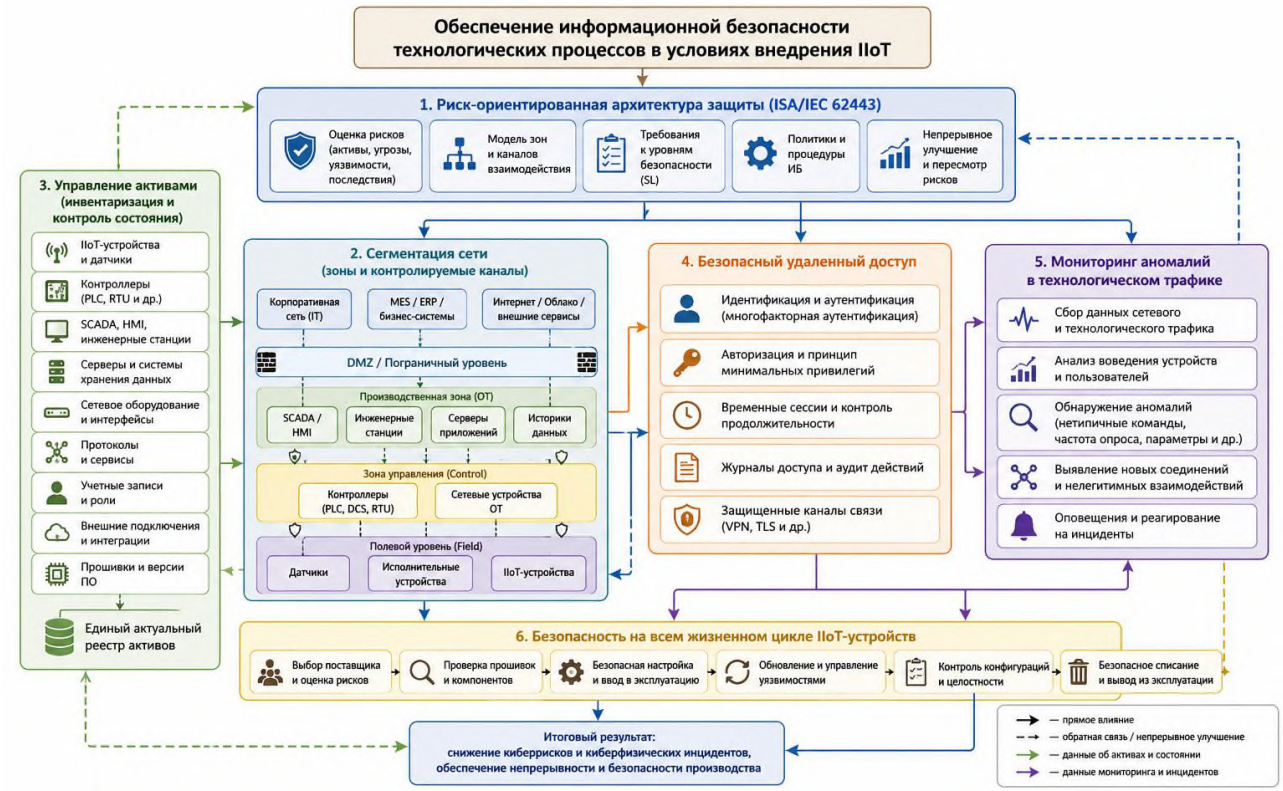


Рис. 1. Основные направления обеспечения информационной безопасности технологических процессов в условиях внедрения промышленного IoT

Второе направление – сегментация сети. IoT-устройства, контроллеры, SCADA, инженерные станции, серверы данных и корпоративная сеть должны быть разделены на зоны с контролируемыми каналами обмена. Это снижает риск бокового перемещения атакующего.

Третье направление – управление активами. Необходим реестр IIoT-устройств, контроллеров, прошивок, сетевых интерфейсов, протоколов, учетных записей и внешних подключений. Без инвентаризации защита будет фрагментарной.

Четвертое направление – безопасный удаленный доступ. Следует исключать постоянные незащищенные подключения, использовать многофакторную аутентификацию, журналы доступа, принцип минимальных привилегий и временные сессии.

Пятое направление – мониторинг аномалий в технологическом трафике. Для IIoT важны не только сигнатуры атак, но и контроль отклонений от нормального режима процесса: необычные команды, нетипичная частота опроса датчиков, изменение параметров, новые сетевые связи.

Шестое направление – учет безопасности на всем жизненном цикле IoT-устройств: выбор поставщика, проверка прошивок, безопасная настройка, обновление, контроль конфигураций и безопасное списание оборудования.

Схема на рис. 1 отражает системный подход к обеспечению информационной безопасности технологических процессов в условиях промышленного IoT. В ее основе лежит риск-ориентированная архитектура, формируемая по принципам ISA/IEC 62443, которая задает структуру взаимодействия между ИТ- и ОТ-средами через зоны и контролируемые каналы [5].

Ключевую роль играет управление активами, так как наличие полного и актуального реестра устройств, связей и конфигураций обеспечивает основу для реализации всех остальных мер защиты. Сегментация сети ограничивает

распространение атак, разделяя инфраструктуру на изолированные уровни. Безопасный удаленный доступ снижает риски компрометации через внешние подключения за счет строгой аутентификации и контроля сессий.

Мониторинг аномалий выполняет функцию оперативного выявления инцидентов, анализируя отклонения в поведении устройств и параметрах технологического процесса. Безопасность жизненного цикла IoT-устройств обеспечивает устойчивость всей системы защиты за счет контроля на этапах поставки, эксплуатации и вывода из эксплуатации. Все направления взаимосвязаны и формируют замкнутый контур защиты.

Таким образом, в результате анализа установлено, что основная проблема обеспечения информационной безопасности технологических процессов в условиях внедрения промышленного IoT заключается в структурном несоответствии между традиционной изолированной архитектурой OT-сред и современной моделью их интеграции с ИТ и внешними цифровыми сервисами. Соответственно, увеличение сетевой связанности приводит к росту киберфизических рисков, при этом классические методы ИТ-безопасности не обеспечивают необходимого уровня защиты в силу ограничений технологических систем. Это требует перехода к специализированным подходам, учитывающим особенности промышленной среды.

В этой связи, эффективное обеспечение безопасности возможно только при реализации комплексной модели, включающей риск-ориентированное проектирование архитектуры, сегментацию, управление активами, контроль доступа, мониторинг и управление жизненным циклом устройств. Только их совместное применение позволяет снизить вероятность инцидентов и обеспечить устойчивость и безопасность производственных процессов в условиях цифровизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабкин, А. Ю. Анализ проблем безопасности автоматизированых систем управления технологическими процессами // Инжиниринг предприятий и управление знаниями (ИП&УЗ-2019): сборник научных трудов XXII Международной научной конференции. В 3-х томах, Москва, 25–26 апреля 2019 года / Под научной редакцией Ю.Ф. Тельнова. Том 3. Москва: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2019. С. 31-35.

2. Возможности современных интеллектуальных систем в управлении производственными профессиональными рисками / Е.Н. Бояров, С.В. Абрамова, Э.Н. Шитов, Н.Ф. Двойнова // Приморские зори - 2024: Международные научные чтения: сборник научных трудов, Владивосток, 18–20 апреля 2024 года. Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2024. С. 166-170.

3. Будзко В.И. Кибербезопасность систем, реализующих интенсивное использование данных. Часть 1. Место кибербезопасности в защите информации / В.И. Будзко, В.И. Королев, В.Г. Беленков, П.А. Кейер // Системы высокой доступности. 2024. Т. 20, № 1. С. 16-29.

4. ФСТЭК России. Методические рекомендации по обеспечению безопасности значимых объектов КИИ. Режим доступа: https://fstec.infobezopasnost.ru/kii-fstec-239.pdf (дата обращения: 20.04.2026 г.)

5. ISA/IEC 62443. Industrial communication networks – Network and system security. – International Society of Automation, International Electrotechnical Commission, 2018–2023.

6. NIST SP 800-82 Rev. 3. Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security. – Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2023. – 522 p.

© Бояров Е.Н., Шитов Э.Н., 2026

УДК 336.71:338.2

Самойлова Л.К.

Санкт-Петербургский институт (филиал) Всероссийского государственного университета юстиции (РПА Минюста России), г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

e-mail: samoylovalk@mail.ru

МЕХАНИЗМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФИНАНСОВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СУБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ НЕСТАБИЛЬНОСТИ

Аннотация. Установлено, что финансовая безопасность выступает базовой характеристикой экономических субъектов, отражающей их способность закрывать индивидуальные нужды за счет собственных и привлеченных финансовых ресурсов. Определено, что разный механизм вовлеченности в воспроизводственный процесс предопределяет абсолютную связь между частными и публичными финансами, оказывающую взаимное влияние на финансовое положение разнотипных акторов. Раскрыта уязвимость «финансового статуса» микросубъектов, вызванная непопулярными регуляторными мерами в области финансов, порождающая угрозы финансовой безопасности мезо- и макросубъектов. Сформулированы подходы к трансформации налоговой политики в целях достижения баланса между публичными и частными финансовыми интересами.

Ключевые слова: финансовая безопасность, нестабильность, публичные и частные интересы, баланс, налоговая политика.

Samoilova L.K.

St. Petersburg Institute (branch) of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «All-Russian State University of Justice (RPA of the Ministry of Justice of Russia)», Saint-Petersburg, Russia

MECHANISM FOR ENSURING FINANCIAL SECURITY OF ECONOMIC ENTITIES IN CONDITIONS OF INSTABILITY

Abstract. It has been established that financial security is a basic characteristic of economic entities, reflecting their ability to meet individual needs at the expense of their own and attracted financial resources. It is determined that the different mechanism of involvement in the reproductive process determines the absolute relationship between private and public finance, which has a mutual impact on the financial situation of diverse actors. The vulnerability of the "financial status" of micro-entities caused by unpopular regulatory measures in the field of finance, which poses threats to the financial security of meso- and macro-entities, is revealed. Approaches to the transformation of tax policy in order to achieve a balance between public and private financial interests are formulated.

Keywords: financial security, instability, public and private interests, balance sheet, tax policy.

Финансовая безопасность представляет собой сложно структурированную характеристику акторов, поскольку ее достижение сопряжено с удовлетворением разнообразия их финансовых интересов, которые содержательно «лежат в плоскости возможностей» закрытия определенных нужд. Дефиниция «финансовая безопасность» многогранна по своей сути ввиду существования явного противоречия между финансовыми потребностями публично-правовых образований, хозяйствующих субъектов и домохозяйств,

поэтому ее уместно рассматривать через призму субъектно-объектного состава: государство – субъект защиты, имеющий в распоряжении инструментарий для урегулирования финансовой среды в целях обеспечения баланса между макро-, мезо- и микрофинансовыми интересами; объекты защиты включают все множество акторов, обладающих как несхожими потребностями, так и не совпадающими возможностями по их удовлетворению [1].

В целом финансовая безопасность каждого «объекта защиты» зависит от особенностей формирования его финансового потенциала и многообразия сопутствующих этому процессу факторов. Кроме того, исключить взаимное влияние различных экономических субъектов на финансовое положение друг друга невозможно, вместе с тем, некоторые из них в силу особого статуса, диктуют свою волю остальным. Но не всегда подчиняющийся актор реагирует в соответствии с ожиданиями воздействующего. Ввиду этого субъект защиты при выработке сбалансированных решений в финансовой сфере должен во главу угла ставить гармонию интересов всего множества групп экономических акторов, включая свои собственные, в то же время учитывая «подвижность» внутренней и внешней среды. Разумеется, что нацеленные на трансформацию в финансовом секторе меры, принимаемые и реализуемые государством, отражаются на материальном положении не только его самого, но и хозяйствующих субъектов, домохозяйств, которые, в свою очередь, перестаивают индивидуальное поведение, ориентируясь на перемены регуляторно-контрольного характера. А следовательно, финансовые ожидания субъекта защиты могут не оправдаться, поскольку подобные изменения, как правило, вызывают необходимость адаптации к ним, поэтому любое финансовое решение «в моменте» может давать предполагаемый результат, но в перспективе, без надлежащей корректировки, иметь обратный эффект. Подобные реакции уже наблюдались и не раз. К примеру, начатый эксперимент по внедрению специального налогового режима – Налога на профессиональный доход – привел не столько к выводу «из тени»

доходов самозанятых, сколько к попытке сократить издержки, сопряженные с выплатами страховых взносов работодателями, до введения дополнительных ограничений, накладываемых на участников этих налоговых отношений. Работодатели для снижения затрат начали увольнять постоянных сотрудников, сразу же нанимая их в качестве самозанятых, что отрицательно сказалось на наполняемости бюджетов государственных внебюджетных фондов из-за снижения объемов поступлений. Апробация данного специального налогового режима предопределила необходимость его трансформации во избежание недобросовестного поведения среди нанимателей.

В условиях экономической нестабильности, обусловленной в том числе и ростом внешнего «давления», использование фискальных платежей как инструмента наращивания бюджетных поступлений может аналогично привести неприемлемому исходу. Уже не раз говорилось, что чрезмерное налоговое бремя имеет обратный эффект – вместо увеличения бюджетных поступлений их снижение. Ярким подтверждением приведенного тезиса являются основные характеристики федерального бюджета на 2025 год и на плановый период 2026 и 2027 годов. Так, изначально доходы федерального бюджета были запланированы в объеме 40,296 трлн. рублей, но уже 4 ноября 2025 эта цифра была скорректирована (повторно, ранее 24 июня 2025 уже проводилось уточнение – падение до 38,506 трлн. рублей) и составила 36,562 трлн рублей, что практически на 10% меньше изначально установленной величины (Федеральный закон от 30.11.2024 № 419-ФЗ «О федеральном бюджете на 2025 год и на плановый период 2026 и 2027 годов; Федеральный закон от 24.06.2025 № 152-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон “О федеральном бюджете на 2025 год и на плановый период 2026 и 2027 годов”»). Стоит отметить, что с 1 января 2025 года произошло беспрецедентное изменение налоговой системы в Российской Федерации: существенно выросла ставка налога на прибыль организаций, введена прогрессивная шкала налогообложения по налогу на

доходы физических лиц, повышены ставки по иным налогам в определенной их части (например, ставка по налогу на имущество физических лиц, по которой облагаются дорогостоящие объекты недвижимости, была увеличена до 2,5%, аналогичные изменения коснулись и налога на имущество организаций).

Вне сомнения, предпринимательская деятельность сопряжена со множеством рисков, но при росте фискального, административного и прочего воздействия на производителей и потребителей, первые, соотнося риск и доходность, отказываются от участия в ней ввиду того, что либо прогнозируемая прибыль существенно снижается, либо предприятие вообще получает убыток, сопровождающийся падением платежеспособного спроса в долгосрочной перспективе, приводящим к невозможности достигнуть безубыточности производства. В таких условиях хозяйствующие субъекты нуждаются в финансовой поддержке, а усиление фискального бремени ведет лишь к утрате их жизнеспособности, последствием которой может стать значительное сокращение поступлений в бюджеты бюджетной системы. Таким образом, государству как субъекту защиты необходимо изыскивать иные приемы и способы поддержания собственной финансовой безопасности при параллельной поддержке всех иных групп акторов.

Обращаясь к налоговым инструментам, стоит упомянуть их возможности в вопросе обеспечения финансовой стабильности акторов. Так, по налогу на доходы физических лиц имеются явные «резервы». Некоторые физические лица, включая тех, кто получает существенные доходы от покупки и последующей продажи недвижимого имущества, пользуются противоречивыми формулировками налогового законодательства. В статье 40 Налогового кодекса Российской Федерации (НК РФ) установлено, что при исчислении цены товаров, работ, услуг возможно ее отклонение от рыночной, но не более чем на 20% в ту или другую сторону. Однако в статье 214.10 НК РФ указывается следующее: при купле-продаже недвижимого имущества физическими лицами установлен

понижающий коэффициент 0,7 (допустимо понижение цены объекта на 30% от его кадастровой стоимости, которая в отдельных случаях может быть как значительно ниже, так и выше рыночной цены, поскольку согласно законодательству в зависимости от региона кадастровая оценка объектов недвижимости проводится раз в четыре или два года). В этой связи физические лица могут заметно занизить свой реальный доход от сделки, а следовательно, целесообразно привести в соответствие статье 40 НК РФ положения статьи 214.10 НК РФ. Кроме того, изменениям должна быть подвергнута периодичность оценки кадастровой стоимости недвижимого имущества, поскольку рыночная цена подобных объектов в крупных городах Российской Федерации – областных центрах (а не только в городах федерального значения) растет более быстрыми темпами, чем в иных населенных пунктах. Что ведет упущенным возможностям увеличения налоговых доходов соответствующих бюджетов. Приведенный подход позитивно отразится на налоговой дисциплине граждан, поскольку сойдут на нет возможности сокрытия доходов от данного типа сделок. В то же время уменьшение длительности «периода действия» кадастровой стоимости с четырех лет до менее продолжительного промежутка позитивно скажется на сборе поимущественных налогов.

Также особого внимания заслуживает статья 217 НК РФ, в которой упоминаются доходы, не подлежащие обложению налогом на доходы физических лиц. Согласно, пункту 70 статьи 217 НК РФ следующие виды доходов освобождаются от налогообложения: предоставление физическими лицами другим физическим лицам услуг по уходу, присмотру за отдельными категориям индивидов, по репетиторству, по ведению домашнего хозяйства. К настоящему времени перечисленные виды услуг, очевидно, нашли широкое распространение, пользуются спросом, а в отдельных случаях их нельзя назвать дешевыми – доход от репетиторства, услуг няни, сиделки и прочих может превышать среднюю заработную плату по региону, но при этом он

освобождается от налогообложения, что ведет к упущению крупных поступлений в бюджеты бюджетной системы. Разумно удалить этот пункт из статьи 217 НК РФ.

Спорным являются и положения статьи 224 НК РФ в части нераспространения прогрессивной шкалы налогообложения на отдельные виды доходов физических лиц. Как упоминалось ранее, некоторые физические лица излишки денежных средств направляют на инвестирование: кто-то выбирает высокорисковые активы – инвестирование в деятельность хозяйствующих субъектов, инновации, стартапы; кто-то использует «условно консервативные» методы приумножения капитала – приобретение недвижимости на этапе строительства и последующая ее продажа после введения в эксплуатацию. Вторая группа инвесторов не только получает крупный доход, так как стоимость недвижимого имущества, как правило, ежегодно растет, но и влияет на состояние рынка – повышенный спрос ведет к ценовому дисбалансу, вынуждая государство изыскивать средства для поддержки лиц, которые менее финансово обеспечены и не могут самостоятельно удовлетворить потребность в жилье, включая семьи с детьми. Однако максимальная ставка обложения указанных доходов данного типа инвесторов составляет всего лишь 15%, что лишь провоцирует усугубление ситуации с доступностью жилья для широкого круга лиц. Целесообразно исключить данный вид дохода, как облагающегося по пониженной ставке, из пункта 1.1 статьи 224 НК РФ, а также скорректировать подпункт 1 пункта 6 статьи 210 НК РФ.

В дополнение уместно использовать полноценную прогрессивную шкалу при обложении доходов в виде дивидендов. Апеллировать к снижению инвестиционной активности, массовому вывозу капитала за рубеж в настоящее время некорректно. Как показал опыт, законодательство любого государства может измениться в соответствии с его потребностями, что в целом отражается на интересах различных субъектов, ограничивая их возможности по

использованию собственного капитала за рубежом, по его перемещению. В подобных условиях инвестирование в национальную экономику становится перспективным. Кроме того, в налоговом законодательстве уже и так предусмотрены формы поддержки отдельных инвесторов (статьи 219.1, 220.1, 220.2 НК РФ).

Относительно налогообложения хозяйствующих субъектов особого внимания заслуживает такой специальный налоговый режим, как упрощенная система налогообложения, позволяющая сократить издержки на сумму налога на имущество (за исключением объектов, перечисленных в статье 378.2 НК РФ). Однако важно уточнить, что нормы НК РФ не действуют в абсолютном их «содержании», поскольку региональным законодательством может быть установлен иной перечень, как правило, более усеченный (к примеру, в Санкт-Петербурге жилые помещения не включены в этот реестр), чем закреплено в Налоговом кодексе Российской Федерации. С одной стороны, налицо, позитивная мера поддержки малого и среднего предпринимательства, с другой – тотальное недопоступление налоговых платежей в бюджетную систему от предпринимателей-рантье в сфере жилой недвижимости. А следовательно, физические лица (предприниматели без образования юридического лица, избравшие УСН), имеющие возможность инвестировать капитал в жилую недвижимость, а потом ее задействовать для извлечения дохода, не платят налог на имущество физических лиц, тогда как домохозяйства, проживающие в собственном жилом помещении, использующие его для удовлетворения базовой потребности в жилье, не освобождают от данного фискального платежа, если собственник не входит в число льготников. Иными словами лица, создающие искусственный спрос на рынке недвижимости, скупая активы, ненужные для закрытия личной потребности в жилье, по большому счету находятся в более выгодном положении при налогообложении, чем те, кто приобретает жилое помещение для своего проживания. Такой подход лишь усугубляет

дифференциацию индивидов в области финансов. В этой связи поддержку малого и среднего предпринимательства целесообразно реализовывать так, чтобы не ущемлять финансовое положение широкого круга физических лиц, обеспечивая справедливость и равенство налогообложения.

Резюмируя, финансовая безопасность акторов может быть достигнута только при поддержании баланса их интересов, доминирующая позиция кого-либо за счет ограничения, дискриминации нужд других лишь приведет к масштабируемой деградации, выражающейся в сокрытии доходов, сокращении инвестиционной и в целом экономической активности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самойлова Л.К. Финансовая безопасность домохозяйств: экономико-правовые аспекты обеспечения // Национальная безопасность. 2025. № 4. С. 56-80.

© Самойлова Л.К., 2026

УДК 338.2:004

Нурисламова А.Р., Пантелькина А.С., Заманова Н.А.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: zamanovanailja@mail.ru

ИНФОРМАЦИОННАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ: ПРОБЛЕМЫ КОНВЕРГЕНЦИИ И ПУТИ ИНТЕГРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ

Аннотация. В настоящей статье исследуется комплексная проблема уязвимости критической информационной инфраструктуры как детерминанты возникновения трансграничных финансовых рисков и дестабилизации

рыночных институтов. Целью работы является концептуализация модели интегративного управления рисками, возникающими на стыке кибернетических угроз и экономических преступлений. В рамках исследования применялись системный подход, методы сравнительного анализа и статистического моделирования вероятностных угроз. Основные результаты работы заключаются в обосновании необходимости формирования единого контура защиты цифровых активов и предотвращения финансового ущерба. В выводах подчеркивается, что обеспечение синергии между механизмами информационной защиты и инструментами экономического контроля позволяет минимизировать системные издержки и повысить конкурентоспособность государства в условиях неопределенности мировой конъюнктуры.

Ключевые слова: информационная безопасность, экономическая безопасность, критическая информационная инфраструктура, киберугрозы, интегративное управление рисками, цифровые активы, финансовые риски.

Nurislamova A.R., Pantelkina A.S., Zamanova N.A.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

INFORMATION AND ECONOMIC SECURITY: CONVERGENCE PROBLEMS AND WAYS TO INTEGRATIVE RISK MANAGEMENT

Abstract. This article examines the complex problem of critical information infrastructure vulnerability as a determinant of cross-border financial risks and the destabilization of market institutions. The aim of the study is to conceptualize a model for integrative risk management at the intersection of cyber threats and economic crimes. The study utilized a systems approach, comparative analysis, and statistical modeling of probabilistic threats. The main findings of the study substantiate the need to develop a unified framework for protecting digital assets and preventing financial

losses. The conclusions emphasize that ensuring synergy between information security mechanisms and economic control tools minimizes systemic costs and enhances state competitiveness in an uncertain global environment.

Keywords: information security, economic security, critical information infrastructure, cyber threats, integrated risk management, digital assets, financial risks.

Современное мировое хозяйство переживает всеобъемлющую цифровую трансформацию, где информационные технологии стали основой функционирования всех сфер, от финансов и госуправления до обороны и критической инфраструктуры. Этот процесс необратим и затрагивает все аспекты жизни общества.

Актуальность данного исследования обусловлена ростом кибератак на критически важные объекты, что свидетельствует о переносе геополитических конфликтов в цифровое пространство. Финансовая система, как наиболее оцифрованный сектор, особенно уязвима перед новыми угрозами, способными вызвать системные кризисы. Кроме того, разрозненность существующих механизмов обеспечения безопасности создает пробелы в защите активов и повышает общую уязвимость экономики.

Цель работы – разработка модели интегративного управления рисками, возникающими на пересечении киберугроз и экономических преступлений, и обоснование необходимости создания единой системы защиты цифровых активов. Для этого будут проанализированы современные угрозы, выявлены точки конвергенции рисков, предложены подходы к формированию интегративной системы управления и оценена эффективность механизмов защиты цифровых активов.

1. Теоретические основы взаимосвязи информационной и экономической безопасности

Традиционное понимание экономической безопасности как защищенности от внутренних и внешних угроз, обеспечивающей устойчивое развитие, нуждается в расширении в контексте цифровой экономики. Информационная безопасность, ранее фокусировавшаяся на конфиденциальности, целостности и доступности данных, сегодня неразрывно связана с экономической безопасностью. Взаимосвязь этих понятий проявляется в технологической зависимости, когда все сектора экономики, использующие ИКТ, становятся уязвимыми. Информация и цифровые активы приобретают самостоятельную экономическую ценность, становясь объектами рыночного оборота. Институциональная интеграция процессов управления рисками требует согласованных действий различных структур.

Особую значимость приобретает кибербезопасность критической информационной инфраструктуры (КИИ), включающей системы, используемые в ключевых сферах, таких как оборона, государственное управление, энергетика и финансы. Сбои в работе КИИ могут повлечь за собой тяжелые последствия, включая прямые экономические потери, угрозы для жизни и здоровья населения, дестабилизацию финансовой системы и снижение обороноспособности.

Современные угрозы становятся все более изощренными, переходя от простых вирусов к целенаправленным атакам с применением социальной инженерии и сложных вредоносных программ. Особенно опасны атаки на системы управления технологическими процессами (SCADA), способные вызвать физические разрушения. Экономические последствия таких атак включают прямой финансовый ущерб, косвенные потери из-за нарушения производственных цепочек и репутационные издержки, а также макроэкономические эффекты, выражающиеся в снижении инвестиционной привлекательности и оттоке капитала.

2. Анализ современных угроз на стыке информационной и экономической безопасности

Анализ угроз на стыке информационной и экономической безопасности выявил несколько ключевых категорий. К ним относятся киберпреступления в финансовой сфере, такие как хищения и взломы, объем которых исчисляется миллиардами рублей и неуклонно растет. Значительную опасность представляют атаки на критическую информационную инфраструктуру (энергетика, транспорт, связь), которые не только влекут экономические потери, но и несут социально-гуманитарные риски, как показал пример с трубопроводом Colonial Pipeline.

Еще одной угрозой является дестабилизация рыночных институтов посредством информационного воздействия, включая распространение фейковых новостей и использование технологий deepfake для манипуляции курсами ценных бумаг и потребительским поведением. Уязвимости в цепочках поставок, где информационные системы являются связующим звеном, также представляют серьезный риск; компрометация одного звена может вызвать каскадный эффект, парализующий целые отрасли.

Статистическое моделирование угроз показало, что ключевыми факторами риска являются степень цифровизации отрасли, уровень концентрации данных, квалификация персонала в области кибергигиены и наличие процедур реагирования. Особую роль играет человеческий фактор: до 70% атак начинаются с действий сотрудников, ставших жертвами социальной инженерии.

3. Модель интегративного управления рисками

Сложность и взаимосвязанность современных угроз требуют перехода от разрозненных мер защиты к целостной системе управления рисками. Предлагаемая интегративная модель строится на принципе единства объектов защиты, рассматривая цифровые активы как единый контур, объединяющий технологические, финансовые и управленческие компоненты, что позволяет преодолеть ведомственную разобщенность. Принцип превентивности смещает

акцент с реагирования на прогнозирование и предупреждение угроз через системы раннего обнаружения аномалий и поведенческий анализ.

Принцип адаптивности обеспечивает гибкость защитных механизмов, позволяя оперативно корректировать параметры защиты в зависимости от эволюции угроз, чему способствует использование искусственного интеллекта. Принцип синергии механизмов защиты предполагает создание гибридных инструментов, анализирующих как технические, так и экономические показатели операций для выявления аномалий, свидетельствующих о подготовке или совершении атаки.

Формирование единого контура защиты цифровых активов включает создание координирующей организационной структуры, разработку унифицированных стандартов безопасности и систему непрерывного обучения персонала для развития компетенций в области гибридных угроз. Этот комплексный подход призван обеспечить эффективную защиту в условиях постоянно меняющегося ландшафта киберугроз.

4. Институциональные аспекты обеспечения конвергенции безопасности

Эффективная реализация интегративной модели управления рисками требует институциональных преобразований. Необходимо совершенствование нормативно-правовой базы, устраняющее разрывы между законодательством в области информационной и экономической безопасности, а также определяющее четкий порядок взаимодействия регуляторов при инцидентах. Также целесообразно создание единого координационного органа, например, в рамках Совета Безопасности, для выработки общих подходов и оперативного взаимодействия между различными ведомствами, курирующими вопросы информационной безопасности.

Развитие публично-частного партнерства является ключевым направлением, учитывая, что большая часть критической информационной инфраструктуры находится в частной собственности. Необходимо

стимулировать инвестиции в кибербезопасность через налоговые льготы, субсидии и развитие систем страхования киберрисков. Важным аспектом также является гармонизация международного сотрудничества, направленного на противодействие трансграничным киберугрозам, обмен информацией и выработку общепризнанных норм поведения в цифровом пространстве, несмотря на сложную геополитическую обстановку.

5. Оценка экономической эффективности интегративных подходов

Экономическая эффективность интегративной модели управления рисками требует оценки затрат и выгод. Прямые затраты включают расходы на техническое оснащение, организационные изменения и обслуживание защитных систем, составляя в среднем 5-10% ИТ-бюджета крупных компаний. Прямые выгоды выражаются в предотвращении многомиллиардного ущерба от хищений, причем эффективность защиты в финансовом секторе, начавшем внедрение интегративных подходов раньше, значительно выше.

Косвенные выгоды, такие как сохранение репутации, обеспечение непрерывности бизнес-процессов, снижение операционных издержек и повышение конкурентоспособности, также являются значительными. Макроэкономический эффект заключается в повышении устойчивости национальной экономики, снижении рисков оттока капитала и сохранении инвестиционной привлекательности, тогда как глобальный ущерб от кибератак может достигать 0,5-1 % мирового ВВП.

Инвестиции в защиту цифровых активов, таким образом, являются не просто необходимой мерой, но и экономически оправданным вложением, способствующим общему благосостоянию и стабильности.

Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать ряд выводов теоретического и практического характера.

Во-первых, конвергенция информационной и экономической безопасности является объективной закономерностью современного этапа развития, обусловленной цифровой трансформацией всех сфер общественной жизни. Раздельное рассмотрение этих аспектов безопасности не соответствует реалиям и ведет к формированию разрывов в защите критически важных активов.

Во-вторых, современные угрозы, возникающие на стыке кибернетических атак и экономических преступлений, характеризуются высокой сложностью, адаптивностью и способностью наносить системный ущерб. Традиционные методы защиты, ориентированные на реагирование после наступления инцидента, оказываются недостаточно эффективными.

В-третьих, предложенная в работе модель интегративного управления рисками, основанная на принципах единства объектов защиты, превентивности, адаптивности и синергии механизмов, позволяет сформировать единый контур защиты цифровых активов. Реализация этой модели требует институциональных изменений, включая совершенствование нормативной базы, координацию деятельности государственных органов, развитие публично-частного партнерства и гармонизацию международного сотрудничества.

В-четвертых, экономическая эффективность интегративных подходов подтверждается как прямыми результатами предотвращения ущерба, так и косвенными эффектами, связанными с повышением устойчивости экономики, сохранением репутации и ростом конкурентоспособности. Инвестиции в формирование единого контура защиты цифровых активов следует рассматривать не как издержки, а как стратегические вложения в обеспечение долгосрочного развития.

Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой конкретных методик оценки рисков, созданием отраслевых стандартов интегративного управления, а также изучением возможностей использования

технологий искусственного интеллекта для прогнозирования и предотвращения гибридных угроз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации: Федеральный закон от 26.07.2017 № 187-ФЗ.
2. Об утверждении Доктрины информационной безопасности Российской Федерации: указ Президента РФ от 05.12.2016 № 646.
3. Стратегия экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года (утв. Указом Президента РФ от 13.05.2017 № 208).
4. Отчет о глобальных угрозах информационной безопасности. М.: Лаборатория Касперского, 2024.

© Нурисламова А.Р., Пантелькина А.С., Заманова Н.А., 2026

УДК 502:658

Филатова Н.С., Иванов А.Н.
Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, Российская Федерация
e-mail: 3_nadin@mail.ru

ИННОВАЦИОННЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ В УПРАВЛЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ И ТЕХНОГЕННЫМИ РИСКАМИ

Аннотация. Статья посвящена изучению инновационных экономических моделей, применяемых в управлении экологическими и техногенными рисками. Описывается актуальность проблемы, связанная с ростом числа техногенных катастроф и ухудшением экологической обстановки. Основное внимание уделено современным подходам к оценке и управлению рисками, включая

использование рыночных механизмов, внедрение цифровых технологий и применение принципов устойчивого развития. Научное исследование включает обзор существующих методов и предложений по их улучшению.

Ключевые слова: инновационные экономические модели, управление рисками, экология, техногенные риски, устойчивое развитие, цифровые технологии, рыночные механизмы.

Filatova N.S., Ivanov A.N.
Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, Tomsk, Russian Federation

INNOVATIVE ECONOMIC MECHANISMS IN MANAGING ENVIRONMENTAL AND TECHNOGENIC RISKS

Abstract. The article is devoted to the study of innovative economic models used in the management of environmental and man-made risks. The urgency of the problem related to the increasing number of man-made disasters and the deterioration of the environmental situation is described. The focus is on modern approaches to risk assessment and management, including the use of market mechanisms, the introduction of digital technologies and the application of sustainable development principles. Scientific research includes an overview of existing methods and suggestions for their improvement.

Keywords: innovative economic models, risk management, ecology, man-made risks, sustainable development, digital technologies, market mechanisms.

Современные вызовы, стоящие перед человечеством, требуют разработки и внедрения новых подходов к управлению экологическими и техногенными рисками. Традиционные методы уже не способны эффективно справляться с

растущей сложностью проблем, связанных с изменением климата, истощением природных ресурсов и увеличением частоты техногенных катастроф. В этой связи особую значимость приобретают инновационные экономические модели, позволяющие интегрировать принципы устойчивого развития, использовать новейшие технологические достижения и оптимизировать затраты на предотвращение и ликвидацию негативных последствий [1].

Проблема управления экологическими и техногенными рисками становится все более актуальной в условиях глобализации и роста антропогенной нагрузки на природу. Увеличение численности населения, урбанизация и интенсивное промышленное производство приводят к усилению давления на экосистемы, что, в свою очередь, повышает вероятность возникновения катастрофических событий. К ним относятся природные катаклизмы, аварии на промышленных объектах, загрязнение окружающей среды и другие факторы, способные нанести значительный ущерб экономике и обществу.

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), ежегодно миллионы людей страдают от заболеваний, вызванных неблагоприятной экологической обстановкой. Экономический ущерб от техногенных катастроф также достигает огромных масштабов. Например, авария на Чернобыльской АЭС в 1986 году обошлась мировому сообществу в миллиарды долларов. Аналогичные случаи наблюдаются и в наше время, что подчеркивает необходимость поиска эффективных способов управления рисками.

Научное сообщество активно разрабатывает различные подходы к управлению экологическими и техногенными рисками. Одним из наиболее перспективных направлений является использование инновационных экономических моделей. Эти модели основываются на принципах рыночной

экономики, позволяют учитывать интересы всех участников процесса и стимулируют экологически ответственное поведение.

Одним из ключевых элементов инновационных экономических моделей являются рыночные механизмы. Они включают такие инструменты, как квоты на выбросы парниковых газов, углеродные налоги и торговые системы разрешений на эмиссию. Эти механизмы создают финансовые стимулы для предприятий, способствуя снижению вредных выбросов и внедрению энергоэффективных технологий.

Примером успешного применения рыночного механизма является система торговли квотами на выбросы CO_2, введенная Европейским союзом в рамках Киотского протокола. Эта система позволяет компаниям покупать и продавать разрешения на эмиссии, создавая таким образом экономический интерес к сокращению загрязнения атмосферы.

Цифровизация экономики открывает новые возможности для управления рисками. Современные информационные системы позволяют собирать и анализировать большие объемы данных, прогнозировать возможные угрозы и оперативно реагировать на изменения ситуации. Использование интернета вещей (IoT), блокчейн-технологий и искусственного интеллекта значительно улучшает качество принятия решений в области экологии и техносферной безопасности.

Например, IoT-сенсоры могут контролировать состояние окружающей среды в режиме реального времени, предупреждая о превышении допустимых уровней загрязнений. Блокчейн обеспечивает прозрачность и надежность транзакций, связанных с торговлей квотами на выбросы. Искусственный интеллект помогает моделировать сценарии развития событий и предлагать оптимальные решения для минимизации рисков.

Важнейшим аспектом инновационных экономических моделей является интеграция принципов устойчивого развития. Это означает, что при принятии

решений учитываются долгосрочные последствия для окружающей среды, общества и экономики. Устойчивые практики предполагают сбалансированное использование природных ресурсов, сокращение отходов и минимизацию негативного воздействия на экосистемы.

Примером такого подхода является концепция циркулярной экономики, предполагающая переход от линейной модели производства («взять-произвести-выбросить») к циклической, где отходы одного производственного цикла становятся ресурсами для другого. Этот подход способствует уменьшению потребления первичных материалов и снижает нагрузку на природную среду [2].

Для дальнейшего совершенствования инновационных экономических моделей предлагается провести комплексный анализ следующих аспектов:

1. Эффективность рыночных механизмов: Оценка влияния различных инструментов регулирования (углеродные налоги, торговля квотами и др.) на снижение экологических и техногенных рисков [3].

2. Потенциал цифровых технологий: Изучение возможностей применения IoT-блокчейна и искусственного интеллекта для повышения точности прогнозирования и оперативного реагирования на угрозы.

3. Интеграция принципов устойчивого развития: Разработка рекомендаций по включению критериев устойчивости в экономические модели управления рисками.

4. Междисциплинарный подход: Проведение исследований, объединяющих знания из областей экономики, экологии, инженерии и социологии для создания комплексных решений.

Инновационные экономические модели представляют собой мощный инструмент для управления экологическими и техногенными рисками. Они сочетают в себе элементы рыночной экономики, цифровые технологии и принципы устойчивого развития, обеспечивая баланс между экономическими интересами и необходимостью сохранения природы. Дальнейшее изучение и внедрение этих моделей позволит снизить негативное воздействие человеческой

деятельности на окружающую среду и минимизировать риски техногенных катастроф.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Качалов Р.М. Управление деятельностью социально-экономических экосистем / Р.М. Качалов, А.А. Кобылко, Ю.А. Слепцова. Москва: Центральный экономико-математический институт РАН, 2024. 174 с.
2. Экономическая безопасность: управление в различных сферах / А.П. Плотников, В.В. Бехер, О.А. Мызрова [и др.]. Саратов : Вузовское образование, 2023. 368 с.
3. Ходковская Ю.В. Зеленые инвестиции и их роль в современном обществе / Ю.В. Ходковская, А.К. Букраба // Современные проблемы национальной экономики, Уфа, 24 октября 2023 года. Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2023. С. 155-158.

© Филатова Н.С., Иванов А.Н., 2026

УДК 331.103

Кузьмина А.В., Саидова К.Б., Галкина М.И.
Нижегородский институт управления – филиал РАНХиГС, г. Нижний Новгород, Российская Федерация
e-mail: anna31122003@yandex.ru

ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В СИСТЕМЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация. В работе проведен анализ технико-технологической безопасности как ключевого элемента экономической безопасности на примере предприятия

ПАО «ОДК-Сатурн». Предложены и рассчитаны показатели. Даны рекомендации по нейтрализации угроз.
Ключевые слова: технико-технологическая безопасность, экономическая безопасность, коэффициент обновления, коэффициент выбытия, собственные нематериальные активы, опытно-конструкторские разработки.

Kuzmina A.V., Saidova K.B., Galkina M.I.
Nizhny Novgorod Institute of Management – Branch of RANEPA, Nizhny Novgorod, Russian Federation

ANALYSIS OF TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL SAFETY USING AN ENGINE MANUFACTURING ENTERPRISE

Abstract. This paper analyzes technical and technological safety as a key element of an enterprise's economic security. Indicators are proposed and calculated. Recommendations for mitigating threats are provided.
Keywords: Technical and technological safety, economic security, renewal rate, retirement rate, intangible assets, R&D.

Технико-технологическая безопасность предприятия – это основа экономической безопасности организации. Эффективная производственная деятельность напрямую связана с развитием производства, использованием передовых технологий и современного оборудования. Поэтому технико-технологическая безопасность играет ключевую роль, она фактически обеспечивает устойчивое функционирование бизнеса и предполагает не только минимизацию рисков, но и наличие потенциала для опережающего развития бизнеса [1]. Ключевыми условиями достижения этого элемента безопасности являются технологический суверенитет, последовательная инновационная

политика и устойчивость производственных процессов. Таким образом, обеспечение технико-технологической безопасности – это процесс стратегического управления, нацеленный на поддержание долгосрочной конкурентоспособности за счёт воспроизводства инновационного потенциала и адаптации к внешним изменениям.

Технико-технологическая безопасность является важнейшей функциональной составляющей обеспечивающих экономическую безопасность бизнеса. Так, ее состояние влияет на финансовую безопасность - инвестиции в обновление основных средств определяют ликвидность, а низкое выбытие может привести к росту затрат на ремонт. На кадровую и интеллектуальную безопасность - при внедрении новых технологий необходимо повышать квалификацию персонала. На правовую безопасность, так как должная защита патентов и ноу-хау минимизирует утечки технологий. На информационную безопасность – новые технологии неразрывно связаны с цифровизацией, что повышает риск кибератак. На экологическую безопасность – модернизация оборудования по стандартам снижает негативное воздействие на окружающую среду. И на силовую безопасность, ведь новое оборудование, ноу-хау требует физической защиты.

Важным становится выбор метода оценки данного вида безопасности. Современные исследования предлагают различные подходы и предлагают множество систем показателей, однако единая, унифицированная методика на сегодняшний день отсутствует.

Для практической диагностики технико-технологической безопасности целесообразно использовать показатели, отражающие как состояние производственного, так и инновационную активность. Такой подход позволяет оценить не только текущую оснащённость, но и потенциал технологического развития. В качестве информационной базы в нашей работе выступила бухгалтерская отчётность ПАО «ОДК-Сатурн» с 2020 по 2023 гг. по российским

стандартам, а также консолидированная отчётность по МСФО за 2023–2024 гг., что обеспечило сопоставимость показателей в динамике.

ПАО «ОДК-Сатурн» - двигателестроительная компания, которая специализирующаяся на разработке и производстве различного вида двигателей для авиации. Является частью АО «Объединённая двигателестроительная корпорация», которая входит в Государственную корпорацию «Ростех».

Для оценки технико-технологической безопасности нами выбраны следующие показатели:

- Коэффициент обновления (Кобн) и выбытия (Квыб) основных средств;
- Коэффициент обновления и выбытия нематериальных активов;
- Динамика нематериальных активов по видам;
- Доля собственных НМА;
- Темп прироста опытно-конструкторских работ (ОКР);
- Динамика объема и структуры незавершенных капитальных вложений.

Коэффициент обновления (Кобн) и выбытия (Квыб) основных средств и нематериальных активов в период с 2020 по 2024 представлены в таблице 1.

Таблица 1

Динамика коэффициентов обновления и выбытия ОС и НМА

Год		2020	2021	2022	2023	2024
ОС	Кобн	8,3%	11,3%	12,3%	8,0%	8,3%
	Квыб	0,2%	1,8%	0,3%	0,8%	0,2%
	Кобн - Квыб	8,1%	9,5%	12,0%	7,2%	8,1%
ОС (машины и оборудования)	Кобн	9,0%	11,5%	8,9%	8,0%	9,0%
	Квыб	0,1%	1,3%	0,1%	0,3%	0,1%
	Кобн - Квыб	8,8%	2,5%	8,9%	7,8%	8,8%
НМА	Кобн	0,8%	1,3%	10,6%	3,7%	0,8%
	Квыб	0,0%	3,1%	26,6%	31,9%	0,0%
	Кобн - Квыб	0,8%	-1,7%	-16,0%	-28,2%	0,8%

Коэффициент обновления основных средств колеблется в диапазоне 8-12,3%, достигая пика в 2022 году, после чего снизился до 8 – 8,3% в 2023-2024 г.

Это свидетельствует о сохраняющейся, но замедляющейся инвестиционной активности. Коэффициент выбытия крайне низкий, всего 0,2-0,8%, что указывает на отсутствие систематического списания устаревших фондов [2-4]. Среднеотраслевой показатель Коб для обрабатывающих производств в 2021-2024 г. 6-8 %, однако показатели конкурентов, занимающихся авиастроением выше, например, ПАО «Корпорация «Иркутск» в 2022-2023 г. 9-12% [5].

В этом случае, наблюдается угроза. При сохранении такой динамики возрастает опасность накопления физического и морального износа активной части фондов, что может негативно повлиять на технологическую устойчивость. Для сохранения технологического лидерства и модернизации активной части фондов желательно удерживать обновление на уровне не ниже 10-12 %.

Высокий коэффициент выбытия свидетельствует о списании устаревших или неэффективных нематериальных активов, что расчищает баланс для новых разработок и привело к сокращению первоначальной стоимости НМА с 1 276 млн руб. в 2020 г. до 704 млн. руб. в 2023 году [2-4].

Одновременно обновление резко ускорилось в 2023 г. до 10,7%, что свидетельствует о начале активного формирования нового портфеля интеллектуальной собственности [3].

Если же рассмотреть структуру НПА, то доля патентов сократилась с 96 % до 89 % при одновременном росте прочих НМА и ПО [2-4]. С одной стороны, это диверсификация, с другой – снижение доли классических патентных прав может ослабить правовую защиту ключевых технологических решений.

Таблица 2

Динамика показателей, характеризующих ОКР

Показатель	2020	2021	2022	2023
Первоначальная стоимость ОКР на конец года, млн руб.	2 961	2 596	3 108	3 860
Поступление ОКР за год, млн руб.	1 900	321	714	791
Выбытие ОКР за год, млн руб.	0	686	201	39
Списано на расходы (амортизация) за год, млн руб.	885	539	620	749
Коэффициент обновления, %	–	12,4	23	20,5
Коэффициент выбытия, %	–	23,2	7,8	1,2

По таблице 2 стоимость результатов опытно-конструкторских работ выросла 3,86 млрд руб., на 30 % на 3 года. При этом после масштабного списания устаревших разработок в 2021 году компания перешла к устойчивому наращиванию портфеля новыми ОКР, так как сальдо поступлений и выбытий стабильно положительное и достигло 752 млн руб. Коэффициент обновления ОКР, показывающий долю новых разработок, составляет 20-23% в 2022-2023 годах, что свидетельствует о высоких темпах инновационного развития [2-3].

Анализ структуры ОКР показал, что основное внимание уделяется разработке новых изделий, которые составляют 94,4% от общего объёма, в то время как разработка технологий производства занимает 5,6% в среднем за 3 анализируемых года. Это соответствует профилю компании как разработчика и производителя авиационных двигателей [2-3].

Одним из показательных индикаторов технико-технологической безопасности является незавершенные капитальные вложения. На конец 2023 года их общий объем достиг 20,35 млрд руб., что более чем вдвое превышает уровень 2022 года. При этом 51,9% приходится на авансы, выданные поставщикам, это свидетельствует о масштабных заказах оборудования. В структуре незавершенного строительства преобладают вложения в машины и оборудование, что соответствует стратегии технического перевооружения [3].

Проведенный нами анализ показателей позволяет сделать следующий вывод. Технико-технологическая безопасность на предприятии ПАО «ОДК-Сатурн» не обеспечивается должным образом. С одной стороны, происходит устойчивое обновление основных средств, растет доля собственных нематериальных активов. Что позволяет говорить о переходе к самостоятельному созданию технологий. Резкое ускорение обновления нематериальных активов в 2023 году и высокие темпы прироста портфеля опытно-конструкторских работ подтверждают нацеленность предприятия на инновационное развитие.

С другой стороны, выявлены факторы, снижающие уровень безопасности. Крайне низкое выбытие основных средств при сохранении обновления приводит к накоплению изношенного оборудования и увеличению среднего возраста фондов. После 2022 года темпы обновления основных средств снизились до 8 %, это значение не позволяет компенсировать моральное старение активной части. К тому же это повышает текущие затраты на ремонт и обслуживание, что создает дополнительную финансовую устойчивость предприятия. Хоть доля собственных нематериальных активов и выросла, но этот рост в большей степени обусловлен выбытием патентов, которые снизили общий объем НМА на 45 %, а не темпом роста собственных НМА. Снижение доли патентов и росте ноу-хау и ПО требует усиления правовой защиты, так как слабая охрана этих активов может привести к утечке технологий. Имеется риск в вопросе незавершенных капитальных вложений, а именно их замораживания, так как их объем большой и растет высокими темпами.

Для повышения уровня технологической безопасности и минимизации угроз необходимо: увеличить темпы выбытия основных средств до Квыб 3-5%, для своевременной замены устаревшего оборудования; повысить коэффициент обновления на уровень 10-12%, что обеспечит внедрение современных технологий на уровне неотстающем от конкурентов; увеличить долю собственных разработок, что укрепит интеллектуальный капитал и снизит зависимость от внешних источников; ускорить ввод объектов незавершенного строительства, чтобы обезопасить инвестиционные проекты. Все это должно сопровождаться усилением кадрового потенциала, совершенствованием правовой охраны технологий и информационной защиты, усилением силовой охраны новых высокотехнологических мощностей.

Именно способность предприятия эффективно управлять своей технико-технологической составляющей становится решающим фактором успеха и

эффективности деятельности в условиях конкуренции и современной экономической нестабильности, а таже технологических вызовов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуреев П.М. Экономическая безопасность бизнеса [Электронный ресурс]: учебное пособие / П.М. Гуреев, В.Н. Гришин, П.В. Метёлкин. Москва: Русайнс, 2024. 185 с.
2. Годовая бухгалтерская (финансовая) отчетность за 2021 год и аудиторское заключение независимого аудитора [Электронный ресурс]: отчет / ПАО «ОДК-Уфимское моторостроительное производственное объединение». Уфа: ПАО «ОДК-УМПО», 2022. URL: https://www.uecrus.com/about/structure/pao-odk-saturn/docs/bukhgalterskaya-finansovaya-otchetnost-pao-odk-umpo/ (дата обращения: 26.03.2026).
3. Годовая бухгалтерская (финансовая) отчетность за 2023 год и аудиторское заключение независимого аудитора [Электронный ресурс]: отчет / ПАО «ОДК-Уфимское моторостроительное производственное объединение». – Уфа: ПАО «ОДК-УМПО», 2024. URL : https://www.uecrus.com/about/structure/pao-odk-saturn/docs/bukhgalterskaya-finansovaya-otchetnost-pao-odk-umpo/ (дата обращения: 26.03.2026).
4. Обобщенная консолидированная финансовая отчетность за год, закончившийся 31 декабря 2024 года, и аудиторское заключение независимого аудитора [Электронный ресурс]: отчет / ПАО «ОДК-Уфимское моторостроительное производственное объединение». Уфа: ПАО «ОДК-УМПО», 2025. – URL : https://www.uecrus.com/about/structure/pao-odk-saturn/docs/bukhgalterskaya-finansovaya-otchetnost-pao-odk-umpo/ (дата обращения: 26.03.2026).

© Кузьмина А.В., Саидова К.Б., Галкина М.И. 2026

УДК 004.056

Николайкина Е.А., Полунин Н.О.

Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, г. Москва, Российская Федерация

e-mail: elizaveta@nikolaykina.ru

ПРИМЕНЕНИЕ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ РЕЗЮМЕ ИНЦИДЕНТОВ В ЦЕНТРАХ МОНИТОРИНГА БЕЗОПАСНОСТИ

Аннотация. В статье рассматривается применение больших языковых моделей для автоматической генерации резюме инцидентов в центрах мониторинга безопасности. Также в работе систематизируются современные методы: fine-tuning специализированных моделей, подходы для снижения галлюцинаций, а также агентные системы с разделением функций. Анализируются ограничения технологии, включая проблему галлюцинаций и вопросы конфиденциальности.

Ключевые слова: автоматизация, резюмирование инцидентов, агентный искусственный интеллект, кибербезопасность.

Nikolaykina E.A., Polunin N.O.

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russian Federation

APPLICATION OF LARGE LANGUAGE MODELS FOR AUTOMATED INCIDENTSUMMARY GENERATION IN SECURITY OPERATIONS CENTERS

Abstract. The article discusses the use of large language models to automatically generate summaries of incidents in security monitoring centers. The paper also

systematizes modern methods: fine-tuning of specialized models, approaches for reducing hallucinations, as well as agent systems with separation of functions. Limitations of the technology are analyzed, including the problem of hallucinations and privacy issues.

Keywords: automation, incident summary, agent-based artificial intelligence, cybersecurity.

Киберугрозы сегодня эволюционируют быстрее, чем многие организации успевают менять пароли. Атаки становятся многоступенчатыми, замаскированными, а их последствия – разрушительными. На этом фоне становится очень важным структурировать и автоматизировать анализ инцидентов в центрах мониторинга SOC (*security operations center*). Одним из наиболее многообещающих направлений - применение больших языковых. В данном контексте технология LLM (*large language model*) занимает особую роль, обеспечивая аналитиков эффективным инструментарием для автоматической генерации резюме инцидентов. Этот подход позволяет проводить анализ сырых логов, выделять критически значимые события, восстанавливать хронологию атак как на основе известных сценариев, так и с использованием методов выявления аномалий. В данной статье рассмотрим ключевые аспекты и методы применения LLM для генерации резюме инцидентов, которые делают эту технологию важным компонентом современной инфраструктуры центров мониторинга безопасности.

Ключевая задача SOC заключается в обеспечении непрерывного мониторинга, обнаружения, анализа и оперативного реагирования на киберугрозы и инциденты информационной безопасности для минимизации ущерба и времени простоя бизнес-процессов. На данный момент в SOC для сбора и корреляции событий используются SIEM-системы, они собирают и коррелируют события, генерируя тысячи срабатываний, которые в дальнейшем

агрегируются в инциденты. Согласно исследованию [1], от 50% до 70% рабочего времени аналитика SOC затрачивается на первой линии - изучение сырых логов, проверку индикаторов компрометации и отделение ложных срабатываний от реальных угроз.

Появление больших языковых моделей дает возможность перехода от синтаксической автоматизации к семантической, что открывает больше возможностей в обработке инцидентов. В отличие от классических методов машинного обучения, которые работают на уровне правил и статистических паттернов, LLM способны понимать контекст, выделять причинно-следственные связи и генерировать связные текстовые выводы. Они более эффективно решают комплексные задачи обработки естественного языка, такие как суммаризация разнородных данных, извлечение значимых сущностей и генерация связных ответов по неструктурированным источникам [2]. Это создает предпосылки для трансформации «сырых» технических данных - json-логов, netflow-записей, дампов памяти - в лаконичные, структурированные резюме, максимально приближенные по форме и содержанию к аналитической записке, которую составил бы опытный эксперт.

Прямое применение общих моделей дает ряд серьезных ограничений в контексте задач SOC: в кибербезопасности стоят предельно высокие требования к точности, недопустимы галлюцинации, инцидент может включать тысячи строк событий, и он зачастую не помещается в ограниченное окно контекста. Универсальные модели также плохо понимают специфику внутренней инфраструктуры конкретной организации без дополнительной адаптации, ограничение контекстного окна является документированной характеристикой архитектуры трансформер [3].

Пусть W - размер окна, а N - полный объем данных инцидента. При N>W требуется сегментация, что вносит потери информации $\Delta_{info} \approx 1 - \frac{W}{N}$.

Преодоление этих ограничений требует применения специализированных архитектурных решений при интеграции LLM в контур SOC.

Современные решения для генерации резюме инцидентов могут быть реализованы на основе нескольких архитектурных подходов, в зависимости от требований к точности, скорости работы, а также необходимости соблюдения конфиденциальности обрабатываемых данных. Наиболее распространены три метода: дообучение специализированных моделей, использование RAG[10]-архитектур и агентный подход.

Метод дообучения основывается на взятии открытой базовой модели и ее дополнительном обучении на основе размеченных данных, характерных для конкретной организации. Преимущество данного подхода - возможность развертывания модели в изолированном контуре предприятия, что важно для организаций с высокими требованиями к безопасности данных. Существенным недостатком остается трудоемкость подготовки качественной размеченной выборки, требуется участие экспертов по безопасности, а также статичность модели после завершения обучения.

Альтернативным подходом является использование RAG-архитектур. В контексте генерации резюме инцидента система векторизует эти данные, одновременно обращаясь к внешней базе знаний. Языковая модель получает пользовательский запрос и релевантные фрагменты из базы знаний, на основе которых и генерирует итоговое резюме. Этот подход позволяет радикально снизить риск галлюцинаций, так как модель строит ответ на извлеченных фактах. Данное утверждение подтверждено в работе [4].

При появлении подозрительного лога система может найти в базе знаний соответствующую технику и включить эту информацию в резюме, повышая его аналитическую ценность.

[10]RAG - Retrieval-Augmented Generation - генерация, дополненная возможностью поиска

Наиболее сложное и перспективное направление - создание многозадачных систем, имитирующих работу группы аналитиков. В таком подходе происходит разделение функций между несколькими специализированными моделями:

- агент-координатор (определяет общий план расследования)

- агент-аналитик журналов событий (занимается парсингом и первичным анализом записей)

- агент-обогатитель (обращается к внешним базам данных для обогащения данных - проверки индикаторов компрометации)

- агент-копирайтер (собирает выводы всех участников и формирует итоговое резюме)

Это позволяет эффективно обрабатывать инциденты, объем данных по которым изначально превышает контекстное окно отдельной модели, за счет итеративного исследования и возможности вызова внешних инструментов [5].

Оценка качества автоматически сгенерированных резюме инцидентов является самостоятельной методологической задачей. Традиционные метрики качества текста, заимствованные из области машинного перевода, плохо коррелируют с экспертной оценкой в предметной области кибербезопасности, поскольку измеряют лексическое сходство с эталонным текстом, но не учитывают семантическую и фактологическую корректность технических утверждений.

Как отмечается в систематическом обзоре [1], на практике используется комбинированный подход, включающий проверку фактологической точности (эксперт подтверждает отсутствие ложных утверждений), оценку полноты (доля критических событий, попавших в итоговый документ) и измерение временных затрат на генерацию.

Согласно исследованию [2], LLM в режиме «на малом числе примеров» обучения способны решать сложные аналитические задачи, однако для

достижения высокой фактологической точности в специализированных доменах требуется дополнительная адаптация. Применение RAG-архитектур позволяет радикально снизить риск галлюцинаций, поскольку модель строит ответ на основе фактов, извлечённых из внешней базы знаний, а не на основе собственных неверифицированных предположений [4]. В контексте задач SOC это означает, что RAG-архитектура обеспечивает более высокую точность атрибуции угроз и полноту охвата критических событий инцидента по сравнению с базовыми LLM без адаптации.

При оценке временной эффективности фиксируется сокращение длительности первичного анализа инцидента на 33% при сохранении экспертного уровня точности [1]. Это соответствует коэффициенту ускорения $\eta = \frac{T_{human}}{T_{LLM}} \approx 1.5$,

где T – среднее время обработки. Снижение временных затрат обеспечивается формированием структурированных резюме с ключевыми атрибутами инцидента, что изменяет процедуру с полноформатного ручного разбора на выборочную верификацию.

С точки зрения качественной оценки, эффективность проявляется в снижении когнитивной нагрузки за счет доступа к структурированным резюме вместо поэтапного изучения массивов сырых логов и восстановления хронологии атаки с нуля. Итеративный цикл «рассуждение, действие, наблюдение» в парадигме ReAct (Reasoning + Acting) повышает эффективность обработки многошаговых расследовательских задач, что обладает значимостью при анализе сложных инцидентов [5].

Преимущества применения LLM для генерации резюме инцидентов, рассмотренные выше, можно суммировать следующим образом: во-первых, сокращение времени первичного анализа инцидента до 33% [1]. Во-вторых, повышение фактологической точности и снижение риска галлюцинаций за счёт использования RAG-архитектур [4]. В-третьих, снижение когнитивной нагрузки

на аналитика благодаря автоматическому выделению ключевых атрибутов инцидента (тип атаки по MITRE ATT&CK[11], затронутые активы, индикаторы компрометации) и стандартизация формата выходных резюме, что упрощает документооборот и передачу инцидентов между сменами. Однако при всех описанных преимуществах внедрения LLM сохраняются серьёзные ограничения. Главным из них является проблема конфиденциальности: передача сырых логов, содержащих персональные данные и критически важную информацию об инфраструктуре, в публичные облачные API (Application Programming Interface) недопустима. Развертывание моделей в приватном контуре с использованием моделей с открытыми весами позволяет решать задачу конфиденциальности. Проблема интерпретируемости результатов выражается в недостаточной прозрачности механизмов, обусловливающих получаемые выводы, что снижает доверие к ним при использовании в регуляторных и управленческих процессах.

Таким образом, применение крупных языковых моделей для формирования резюме инцидентов обеспечивает совокупность эффектов, включающую сокращение времени первичного анализа до 33% и снижение когнитивной нагрузки на аналитиков. Практическая реализация требует развертывания моделей в приватном контуре организации с целью сохранения конфиденциальности данных.

Интеграция LLM в процессы обработки инцидентов расширяет возможности SOC. Автоматизированная генерация резюме снижает нагрузку на аналитиков и обеспечивает выделение критически значимых событий.

[11] MITRE ATT&CK – Adversarial Tactics, Techniques, and Common Knowledge (Масштабная, общедоступная база знаний, структурирующая тактики и техники киберпреступников, основанная на реальных наблюдениях за атаками).

Можно утверждать, что внедрение LLM в контур SOC способно привести к следующим конкретным результатам. Во-первых, применение RAG-архитектур позволяет сократить время первичного анализа инцидента до 33% по сравнению с полностью ручной обработкой, что высвобождает значительный объём рабочего времени аналитиков первой линии. Во-вторых, использование RAG-архитектур, строящих ответы на извлечённых фактах из верифицированной базы знаний, радикально снижает риск галлюцинаций и повышает фактологическую точность генерируемых резюме, что критически важно для принятия обоснованных решений при реагировании на инциденты.

Большие языковые модели способны представлять информацию в форме, приближенной к логике человеческого мышления. В условиях постоянного усложнения киберугроз такие инструменты становятся необходимым элементом современной инфраструктуры безопасности. Перспективы дальнейших исследований связаны с повышением прозрачности принимаемых моделями решений и обеспечением надёжной защиты обрабатываемых данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Xu H., Wang S., Li N. et al. Large Language Models for Cyber Security: A Systematic Literature Review. // ACM Transactions on Software Engineering and Methodology [Электронный ресурс]. 2024. URL: https://arxiv.org/pdf/2405.04760 (дата обращения: 20.04.2026).

2. Brown T. B., Mann B., Ryder N. et al. Language Models are Few-Shot Learners. Advances in Neural Information Processing Systems [Электронный ресурс]. – 2024. – URL: https://proceedings.neurips.cc/paper/2020/file/1457c0d6bfcb 4967418bfb8ac 142f64a-Paper.pdf (дата обращения: 20.04.2026).

3. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N. et al. Attention Is All You Need. Advances in Neural Information Processing Systems [Электронный ресурс]. – 2017. – URL:

https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2017/file/3f5ee243547dee91fbd053c1c4a845aa-Paper.pdf (дата обращения: 20.04.2026).

4. Lewis P., Perez E., Piktus A. et al. Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks. Advances in Neural Information Processing Systems [Электронный ресурс]. 2017. URL: https://proceedings.neurips.cc/paper/2020/file/6b493230205f780e1bc26945df7481e5-Paper.pdf (дата обращения: 20.04.2026).

5. Yao S., Zhao J., Yu D. et al. ReAct: Synergizing Reasoning and Acting in Language Models. Proceedings of ICLR [Электронный ресурс]. – 2023. – URL: https://arxiv.org/pdf/2210.03629 (дата обращения: 20.04.2026).

© Николайкина Е.А., Полунин Н.О., 2026

СЕКЦИЯ 2. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

2.1. МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 504.12:621

Данилов А.Д.[1], Николайкин Н.И.[2], Ершова В.А.[3]

[1]Акционерное общество «Машиностроительное производственное объединение им. И. Румянцева», г. Москва, Российская Федерация

[2]Московский государственный технический университет гражданской авиации, г. Москва, Российская Федерация

[3]Московский политехнический университет, г. Москва, Российская Федерация

e-mail: antionie@mail.ru

ХАРАКТЕРНЫЕ ВЫБРОСЫ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ АВИАЦИОННОГО ПРОФИЛЯ

Аннотация. Проведен анализ характерных выбросов веществ на предприятии авиационного машиностроительного профиля полного производственного цикла, а также методов защиты атмосферы от них. Дана характеристика особенностей состава выбросов в атмосферу от основных производственных подразделений.

Ключевые слова: выбросы, загрязняющие вещества, защита атмосферы, машиностроительное предприятие, авиационная промышленность.

Danilov A.D.[1], Nikolaykin N.I.[2], Ershova V.A.[3]

[1]MPO Rumyantsev JSC, Moscow, Russian Federation

[2]Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russian Federation

[3]Moscow Polytechnical University, Moscow, Russian Federation

TYPICAL EMISSIONS OF AVIATION MACHINERY MANUFACTURING PLANT

Abstract. This article analyzes typical emissions at a full-cycle aviation engineering facility, as well as methods of atmosphere protection from them. The composition of emissions from the main production units is characterized.

Keywords: emissions, polluting substances, air protection, machinery manufacturing plant, aviation industry.

Авиационная промышленность является бурно развивающейся машиностроительной отраслью в развитых странах мира. В настоящее время она представлена такими компаниями и корпорациями, обладающими крупными производственными мощностями, как Boeing, Lockheed Martin, General Motors (Соединенные Штаты Америки); Airbus (Франция); Объединенная авиационная и двигателестроительная корпорации, в которые входят такие предприятия как ПАО «Яковлев», ПАО «Илюшин», ПАО «ОДК – Сатурн», ПАО «ОДК – Климов» и т.д.; АО «Машиностроительное производственное объединение им. И. Румянцева», специализирующееся на производстве топливно-регулирующей аппаратуры, Московский авиационный ремонтный завод и многие другие предприятия (Российская Федерация).

Большинство машиностроительных заводов авиационной промышленности включают в себя полный цикл производства – начиная с закупки сырьевого материала и заканчивая изготовлением конечной продукции.

Как пример, это могут быть предприятия, специализирующиеся на производстве топливно-регулирующей аппаратуры для воздушных судов. Структура такого рода заводов-предприятий формируется из следующих основных производственных структурных подразделений (цехов) механосборочных, гальванических, литейных, термических, и кузнечно-прессовых, сборочных, испытательных и т.д.

Технологические процессы для каждого цеха свои, и они имеют характерные выбросы загрязняющих веществ. Так, в механосборочных цехах, где осуществляется серийное производство партий деталей, а также более сложных конструктивных элементов, как корпусы агрегатов, происходит механическая обработка сырьевого материала – стали, алюминия и т.д. – на фрезерных, токарных, слесарных, шлифовальных станках. В процессе воздействия на металл режущим инструментом, например, зубилом или фрезой, образуется металлическая пыль и более крупные частицы металла. Так как обрабатываемое сырье представляет собой сплав нескольких металлов, то и образующаяся пыль характеризуется неоднородным составом загрязняющих веществ, таких как железо, хром, никель, алюминий, марганец, титан, молибден, медь, углерод и другие основные и легирующие элементы.

В литейных цехах основным технологическим процессом является плавление сырья в плавильных печах и его дальнейшая отливка в специальную форму – кокиль – для придания требуемой конфигурации. Характерными выбросами загрязняющих веществ в данном процессе являются оксиды углерода, оксиды азота, различные соединения металлов и неметаллов, присутствующих как примеси в сплавах [1, 2].

В термических и кузнечно-прессовых цехах происходит тепловая и механическая обработка изготовленных деталей для придания им необходимых механических и физико-химических свойств посредством закалки и дальнейшего отпуска. Для этого используют специальные нагревательные печи,

работающие на органическом газообразном и жидком топливе, закалочные баки и т.п. В связи с этим могут выделяться такие вещества, как пары нефтепродуктов, газы, пыль, соединения серы и азота, пары расплавов солей и щелочей и другие соединения.

Гальванические цехи представляют собой производственные участки, где осуществляется нанесение покрытий на изготовленную деталь, чтобы увеличить ее прочностные, антикоррозионные и другие свойства. В качестве агентов используют соли, кислоты. Примерами служат такие вещества как хромовая, синильная, серная кислоты, соли никеля, меди, цинка. Процесс электрохимической обработки деталей осуществляется в гальванических ваннах при определенной температуре раствора. Так, нанесение никеля на деталь в растворе сульфатов и хлоридов протекает при температуре близкой к ста градусам по шкале Цельсия. Соответственно, при высоких температурах активность электрохимических реакций усиливается, значит и увеличивается количество образуемых загрязняющих веществ. Такими веществами, образующимися на гальваническом участке, являются пары кислот, щелочей, соединения металлов – хрома, никеля, меди и т.д., соединения неметаллов – фторо- и хлороводород, цианистые соединения, окислы серы и др. С позиций санитарно-гигиенического обеспечения безопасности человека гальванические цехи и участки – одни из наиболее вредных типов производств [3].

В испытательных цехах агрегаты после сборки проходят регламентированные испытания на специальных установках, которые моделируют расчетные режимы полета воздушного судна в определенных условиях, т.е. высоту полета, температуру, влажность, давление воздуха. Если при испытаниях происходят процессы сжигания топлива, то характерными выделяющимися загрязняющими веществами будут являются оксиды азота, углерода, продукты неполного сгорания – сажа, углеводороды (как алифатические, так и ароматические), различные соединения металлов и

неметаллов. Если испытанию подлежат такие агрегаты как гидравлические насосы, то основными образующимися вредными веществами будут пары нефтепродуктов.

Вещества, образующиеся при осуществлении различных технологических процессов на авиационном машиностроительном предприятии, также как в процессе экологического воздействия авиационных происшествий [4], наносят вред здоровью человека и окружающей среде. Различные вещества обладают определенными типами воздействия: кислоты и щелочи – кожно-резорбтивным действием; нефтепродукты, хром – канцерогенным действием; оксиды азота, серы – раздражающим действием и т.д. Многие из них являются экотоксикантами – это продукты неполного сгорания топлива (полициклические ароматические углеводороды), оксиды азота и серы, соли металлов и т.п. [5]. Для уменьшения негативного воздействия загрязняющих веществ на человека и окружающую среду на производстве применяют средства индивидуальной (СИЗ) и коллективной защиты (СКЗ) для защиты рабочего персонала, а также вводят в эксплуатацию аппараты защиты атмосферы – газоочистные сооружения (ГОУ). Для каждого технологического процесса выбирается конкретная очистная установка, рассчитанная на улавливание определенных химических и (или) механических веществ. На участках, где образуется механическая пыль, используются мокрые или сухие пылеуловители – скрубберы Вентури, циклоны, пылеосадительные камеры, рукавные, зернистые фильтры, электрофильтры и другие аппараты защиты атмосферы.

Для улавливания газопарообразных веществ, таких как оксиды серы и азота, паров кислот и щелочей, рекомендуется применять аппараты абсорбционного (абсорбционные колонны) или адсорбционного методов очистки. В абсорбционных аппаратах абсорбентом является жидкая среда (вода, растворы солей, кислот, щелочей), в адсорбционных – твердые вещества (алюмогели, силикагели, цеолиты, активированные угли и т.д.) [6].

Авиационное машиностроительное предприятие не менее вредно для человека и окружающей среды, чем многие предприятия других отраслей народного хозяйства страны. Для минимизирования вредного воздействия деятельности машиностроительных предприятий на окружающую среду, требуется проводить природоохранные мероприятия, включающие в себя организационную, правовую, экономическую и инженерно-техническую составляющие. К последней относятся применение специализированных аппаратов защиты атмосферы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маннанов А.Х., Галимова М.П. Оценка экологичности технологии литейных производств // Современные материалы, техника и технологии. 2016. № 5 (8). С. 130-135.

2. Лазаренков А.М., Хорева С.А. Исследование источников литейных цехов и масштабов загрязнения окружающей среды выбросами вредных веществ // Литье и металлургия. 2008. № 2 (46). С. 124-130.

3. ММ 1.4.1038-82. Методические материалы. Расчет количественных характеристик выбросов вредных веществ в атмосферу от основных видов технологического оборудования предприятий отрасли. М.: НИАТ, 1981. 139 с.

4. Николайкин Н., Старков Е. Модель эколого-экономического воздействия авиационных происшествий // Предпринимательство. 2016. №. 7. С. 38-76.

5. Смирнова В.М. Токсикология: промышленные и экологические аспекты: учеб. пособие / Смирнова В.М., Борисов А.В., Борисова Г.Н., Ивашкин Е.Г.; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2019. – 240 с. [Электронный ресурс]. URL: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/instit_fakul_kaf_shkoly/ifhtim/kaf_pbeih/ush-metod-rabota/posob/btpp/up20.pdf (дата обращения: 15.04.2026).

6. Родионов А.И. Технологические процессы экологической безопасности / Основы энвайронменталистики / Родионов А.И., Клушин В.Н., Систер В.Г. /: Учебник для технических и технологических специальностей. 3-е изд. перераб. и доп. Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2000. 800 с.

© Данилов А.Д., Николайкин Н.И., Ершова В.А., 2026

УДК 614.7

Герасимова А.И., Янгуразова З.А.
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: anastasiya20022407@icloud.com

ТЕХНОСФЕРНАЯ НАГРУЗКА СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Аннотация. В статье рассмотрены изменения среды обитания, формирующиеся в условиях длительного техногенного воздействия. Показано, что эксплуатация промышленных объектов топливно-энергетического, нефтехимического и металлургического профиля сопровождается нарушением экологического равновесия на территориях промышленного освоения, ухудшением состояния почв, водных объектов и биотических сообществ. Особое внимание уделено миграции поллютантов в природных средах, их накоплению в растительной продукции и включению в трофические цепи. Обоснована необходимость систематического экологического и санитарного мониторинга территорий, испытывающих интенсивную техносферную нагрузку.

Ключевые слова: среда обитания, техносферная нагрузка, поллютанты, почвенное загрязнение, водные объекты, тяжелые металлы, здоровье населения.

Gerasimova A.I., Yangurazova Z.A.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

TECHNOSPHERIC LOAD OF THE HABITAT

Abstract. The article discusses changes in habitat formed under conditions of prolonged technogenic impact. It is shown that the operation of industrial facilities of the fuel-energy, petrochemical and metallurgical sectors is accompanied by disturbances of ecological balance in industrially developed areas, deterioration of soils, water bodies and biotic communities. Special attention is paid to the migration of pollutants in natural media, their accumulation in plant products and incorporation into trophic chains. The necessity of systematic ecological and sanitary monitoring of territories experiencing intense technospheric load is substantiated.
Keywords: habitat, technospheric load, pollutants, soil contamination, water bodies, heavy metals, public health.

Современный этап промышленного развития характеризуется дальнейшим усилением техногенного воздействия на природную среду. В районах размещения крупных промышленных комплексов хозяйственная деятельность перестаёт быть лишь внешним фактором по отношению к природным системам и становится постоянным условием их существования. Вследствие этого среда обитания приобретает качественно иные свойства: изменяются состав атмосферных выпадений, химические и биологические параметры почв, гидрохимический режим водных объектов, характер растительного покрова и санитарное состояние территории в целом. Подобные изменения следует рассматривать как единый процесс техносферной трансформации жизненного пространства человека.

Особую остроту данная проблема приобретает в промышленных регионах, где в пределах сравнительно ограниченной территории сосредоточены предприятия нескольких отраслей, каждая из которых формирует собственный спектр загрязняющих веществ. При сочетанном воздействии нефтепродуктов, фенольных соединений, оксидов серы и азота, тяжёлых металлов и высокоминерализованных сточных вод создаются условия для стойкого изменения естественных механизмов саморегуляции экосистем. Среда обитания в таких условиях испытывает не кратковременное, а длительное многокомпонентное воздействие, последствия которого нередко сохраняются и после снижения интенсивности промышленной нагрузки.

Вопрос о санитарной охране среды обитания в настоящее время имеет выраженное социально-гигиеническое значение. Существенным шагом в направлении ограничения промышленного загрязнения стало принятие Федерального закона от 26 июля 2019 г. № 195-ФЗ, закрепившего проведение эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ и тем самым обозначившего переход к более жёсткому регулированию антропогенной нагрузки на атмосферный воздух [1]. Однако следует признать, что состояние среды обитания определяется не только объёмом выбросов в атмосферу. Не меньшую роль играют сбросы сточных вод, загрязнение почвенного покрова, вторичная миграция накопленных поллютантов и их вовлечение в трофические цепи.

Среда обитания как санитарно-экологическая категория включает совокупность природных и антропогенно изменённых объектов, определяющих условия жизни населения. Именно поэтому оценка техносферной нагрузки не может ограничиваться характеристикой отдельных производственных источников. При этом наибольшую тревогу вызывает то обстоятельство, что в условиях хронического загрязнения даже сравнительно невысокие концентрации вредных веществ способны вызывать долговременные сдвиги в

биологических и биохимических процессах, которые накапливаются и проявляются спустя значительный промежуток времени.

Наиболее устойчивым аккумулятором техногенных загрязнений выступает почвенный покров. В отличие от атмосферного воздуха, где концентрации загрязняющих веществ подвержены значительным колебаниям, почва аккумулирует поллютанты в течение длительного времени, фиксируя историю техногенного воздействия на территорию. Именно здесь наиболее отчётливо проявляются последствия деятельности различных предприятий. Поступление нефти и нефтепродуктов, солесодержащих пластовых вод, соединений серы, а также тяжёлых металлов приводит к изменению структуры почвы, нарушению водно-воздушного режима, угнетению микробиологической активности и снижению ферментативного потенциала [2, 3]. Вследствие этого почва утрачивает не только продуктивные свойства, но и способность к самоочищению.

Особенно неблагоприятно действуют загрязнения нефтяного происхождения. Их поступление в почвенный покров сопровождается образованием гидрофобной плёнки, затрудняющей газообмен и влагообмен, что резко ухудшает условия существования почвенной биоты. Изменяется численность и видовой состав микроорганизмов, нарушаются процессы минерализации органического вещества, снижается активность ферментов, обеспечивающих естественное восстановление плодородия. При длительном загрязнении происходит перестройка всей почвенной системы: снижается содержание доступных форм питательных веществ, ухудшаются агрофизические свойства, замедляются процессы гумусообразования.

Значительный интерес представляет вопрос о транслокации поллютантов из почвы в растительные организмы. В условиях промышленного загрязнения растения становятся одним из главных индикаторов неблагополучия среды обитания. Под влиянием токсических веществ изменяются темпы роста,

морфологические признаки, структура листовой поверхности, интенсивность фотосинтеза и общий уровень продуктивности. Однако наиболее существенным обстоятельством является способность растений накапливать загрязняющие вещества в вегетативных и генеративных органах. По данным исследований, в районах нефтехимической нагрузки загрязнение овощной и плодовой продукции может регистрироваться на значительном удалении от источников выбросов, что свидетельствует о широком радиусе распространения техногенного воздействия [3].

В условиях загрязнения нарушается естественное соотношение между различными группами микроорганизмов, возрастает доля видов, устойчивых к токсикантам, но не обеспечивающих полноценного поддержания биологического круговорота. В результате ухудшаются условия питания растений, возрастает их восприимчивость к стрессовым и инфекционным воздействиям, снижается устойчивость агроценозов в целом. Тем самым техносферная нагрузка вызывает химическое и глубокое биологическое переформирование среды обитания.

Не менее существенные изменения происходят в водных объектах, испытывающих влияние промышленной деятельности. Поверхностные и подземные воды в районах нефтедобычи, нефтехимии и металлургии нередко становятся приёмниками недостаточно очищенных сточных вод, содержащих нефтепродукты, минерализованные соединения, фенолы, соединения тяжёлых металлов и иные токсиканты. Вследствие этого изменяются гидрохимические показатели, нарушается кислородный режим, ухудшаются условия существования гидробионтов и снижается санитарная ценность водных объектов. Опасность данного процесса заключается в том, что вода, в отличие от почвы, обеспечивает более быструю и пространственно широкую миграцию загрязняющих веществ.

Материалы исследований, выполненных на реках Башкирского Зауралья, свидетельствуют о наличии в водной среде приоритетных загрязнителей, среди которых особую значимость имеют медь, цинк, железо и марганец [4]. Накопление указанных элементов в водных объектах отрицательно сказывается не только на санитарно-химических показателях воды, но и на состоянии донных отложений, водной растительности и гидробионтов. При длительном воздействии нарушается естественная способность водной системы к самоочищению, что ведёт к закреплению загрязнения и переходу его в хроническую форму.

В районах металлургического производства особую опасность представляет загрязнение среды тяжёлыми металлами. Для этих веществ характерны высокая биологическая активность, способность к кумуляции и длительное сохранение в объектах окружающей среды. В отличие от многих органических загрязнителей, тяжёлые металлы практически не подвергаются биологическому разложению, а потому длительно циркулируют в системе «почва – вода – растение – животное – человек». Данное обстоятельство определяет их особое санитарное значение. Исследования загрязнения почв в зонах влияния металлургических предприятий показывают, что именно тяжёлые металлы формируют наиболее стойкие очаги химического неблагополучия [5]. Даже при снижении текущих выбросов ранее накопленные элементы продолжают оказывать воздействие на природные среды и через них – на население.

Для характеристики среды обитания в зоне техносферной нагрузки важна не только констатация присутствия загрязняющих веществ, но и понимание механизмов их суммарного действия. В реальных условиях население подвергается не изолированному влиянию одного поллютанта, а одновременному воздействию целого комплекса химических соединений, физико-химические свойства и биологическая активность которых различны.

Такое положение особенно характерно для территорий, где пересекаются выбросы нефтехимических и металлургических производств. В этих условиях среда обитания становится фактором постоянного малодозового, но многокомпонентного воздействия, последствия которого проявляются прежде всего на уровне функциональных нарушений организма.

С санитарно-гигиенической точки зрения наиболее уязвимыми оказываются дети, беременные женщины, лица пожилого возраста и население, уже имеющее хронические заболевания. Для детского организма характерна повышенная чувствительность к факторам среды, поскольку механизмы детоксикации и иммунной защиты находятся в стадии формирования.

Длительное пребывание в зоне техносферной нагрузки сопровождается прямым поступлением токсикантов в организм и общим ухудшением санитарного качества жизненной среды. Речь идёт о сочетании загрязнённого воздуха, химически неблагополучных почв, неудовлетворительного состояния водных объектов, снижения качества местной растительной продукции и психоэмоционального напряжения, связанного с проживанием в промышленно напряжённой зоне. В этих условиях организм человека вынужден существовать при постоянной мобилизации компенсаторных механизмов, что со временем ведёт к их истощению.

Следует признать, что традиционный подход к оценке загрязнения среды, основанный лишь на сопоставлении фактических концентраций с предельно допустимыми, не всегда в полной мере отражает истинную степень риска. Во-первых, предельно допустимые концентрации разрабатываются преимущественно для отдельных веществ, тогда как в реальной обстановке действует их сложная смесь. Во-вторых, при хроническом многолетнем воздействии даже концентрации, близкие к нормативным, способны вызывать неблагоприятные последствия за счёт кумуляции и длительного контакта. В-третьих, санитарная оценка территории должна учитывать не только уровни

загрязнения, но и устойчивость местных экосистем, особенности миграции веществ, структуру землепользования, характер питания населения и возрастной состав проживающих на территории групп.

В связи с этим особую значимость приобретает система комплексного мониторинга среды обитания. Такой мониторинг должен объединять экологические, гигиенические, токсикологические и медико-статистические показатели. Необходимо прослеживать изменение свойств почвы, состояние растительности, накопление поллютантов в сельскохозяйственной продукции, динамику микробиологических и биохимических показателей, а также показатели общей и первичной заболеваемости населения. Только такой подход позволяет выявить реальные причинно-следственные связи между техносферной нагрузкой и нарушением условий жизнедеятельности населения.

Таким образом, среда обитания в зоне техносферной нагрузки представляет собой динамически изменяющуюся систему, в которой под влиянием промышленной деятельности возникают стойкие и взаимосвязанные нарушения почвенных, водных и биотических компонентов. Их общим результатом становится ухудшение санитарного состояния территории и повышение риска неблагоприятных изменений в здоровье населения. Наиболее существенными проявлениями техносферной трансформации являются накопление поллютантов в почвах и водах, включение токсикантов в трофические цепи, ослабление механизмов самоочищения природных систем, снижение устойчивости растительных сообществ и рост хронической патологии у населения.

Изложенное позволяет сделать вывод о том, что проблема техносферной нагрузки должна рассматриваться как междисциплинарная задача, объединяющая интересы экологии, гигиены, медицины и природопользования. В современных условиях первоочередное значение имеют снижение объёмов выбросов и сбросов, совершенствование технологий очистки, рекультивация

загрязнённых территорий, развитие систем экологического и санитарного мониторинга, а также раннее выявление медико-биологических последствий проживания в зонах промышленного влияния. Только при таком подходе возможно сохранение благоприятной среды обитания и предупреждение дальнейшего углубления санитарно-экологического неблагополучия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О проведении эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части снижения загрязнения атмосферного воздуха: Федеральный закон от 26 июля 2019 г. № 195-ФЗ.
2. Хайретдинова В.Р., Нафикова Э.В., Александров Д.В. Совершенствование методов рекультивации нефтезагрязнённых почв с применением биоугля и микоризы // Экологический вестник Северного Кавказа. 2024. Т. 20, № 2. С. 69–72.
3. Ямалетдинова Г.Ф. Исследование техногенного загрязнения почвы / Г.Ф. Ямалетдинова, З.А. Янгуразова, К.Ш. Ямалетдинова, С.Р. Баимова, М.Р. Гимаев // Безопасность жизнедеятельности в современных условиях. Проблемы и пути решения: материалы Международной научно-практической конференции. 2015. С. 167–169.
4. Курманова Л.Г., Кулагин А.Ю. Динамика содержания и распределения химических элементов в водах рек Башкирского Зауралья // Вестник Удмуртского университета. 2012. № 1. С. 3-8.
5. Хасанова Р.Ф. Экологическая оценка загрязнения тяжёлыми металлами почв промышленных зон города Сибай / Р.Ф. Хасанова, Я.Т. Суюндуков, И.Н. Семенова, Ю.С. Рафикова, Г.Я. Биктимирова // Вестник Оренбургского государственного университета. 2017. № 12(212). С. 74-77.

© Герасимова А.И., Янгуразова З.А., 2026

УДК 504:631.6:630*.266]:633.11"324":632.913(470.620)

Вариводова Я.Е., Чернышева Н.В.
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Российская Федерация
e-mail:nv.chernisheva@yandex.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Аннотация. В работе проведен анализ результатов мониторинга экологического состояния агролесомелиоративных лесных насаждений различного типа конструкции. Выявлено видовое биоразнообразие исследуемых лесных полос, их породных и количественный состав. Исследовано экологическое состояние изученных деревьев и кустарников, что позволило распределить их по категориям состояния. На основании полученных результатов определены наиболее устойчивые породы деревьев и кустарников, которые можно рекомендовать при создании агролесомелиоративных насаждений в условиях Краснодарского края.
Ключевые слова: агролесомелиоративные лесные насаждения, мониторинг, биоразнообразие, категории состояния, устойчивость, ослабленность.

Varivodova Ya.E., Chernysheva N.V.
I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russian Federation

USE OF MONITORING STUDIES TO ASSESS THE ECOLOGICAL STATE OF AGROFORESTRY PLANTATIONS

Abstract. The paper analyzes the results of monitoring the ecological state of agroforestry forest plantations of various types of construction. The species

biodiversity of the studied forest strips, their species and quantitative composition are revealed. The ecological condition of the studied trees and shrubs was investigated, which allowed them to be divided into categories of condition. Based on the results obtained, the most stable tree and shrub species have been identified, which can be recommended for the creation of agroforestry plantations in the Krasnodar Territory.
Keywords: agroforestry forest plantations, monitoring, biodiversity, categories of condition, sustainability, attenuation.

Агролесомелиоративные защитные насаждения имеют важное значение для обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации вследствие оказания положительного влияния на урожайность сельскохозяйственной продукции и ее качество. Безусловно, в первую очередь, высокая урожайность сельскохозяйственных культур обеспечивается за счет применения новых, инновационных удобрений, регуляторов роста, использования экологически безопасных пестицидов, соблюдения агротехнологий, севооборотов [3]. Наряду с этим, наличие агролесомелиоративных защитных насаждений создает необходимый микроклимат растениям, обеспечивает удержание влаги в почве, создавая благоприятный водный и воздушный режимы, является защитным барьером для возбудителей грибных и бактериальных болезней и вредителей. Но в настоящее время их экологическое состояние чаще всего оценивается как неудовлетворительное. Большинство агролесомелиоративных защитных насаждений было заложено еще в 50-60 гг. XX в. В последние десятилетия наблюдается их ослабленное состояние, усыхание, повреждение вредителями и болезнями. Проведение регулярных мониторинговых исследований таких насаждений позволяет оценить их экологическое состояние, выделить наиболее устойчивые к внешним факторам породы деревьев и кустарников, дать рекомендации по восстановлению или созданию новых насаждений [1, 2].

Мониторинговые исследования агролесомелиоративных защитных насаждений проводились в южном направлении от ст. Динской Краснодарского края. Всего было исследовано 3 лесополосы (2 непродуваемые и 1 ажурная) общей площадью около 31,2 га (311190 м^2), являющимися основными, так как противостоят действию наиболее частых ветров восточного направления

Мониторинг лесополос проводился на основных и вспомогательных защитных насаждениях: в лесополосе № 1 длиной 2970 м, на лесополосе № 2 длиной 1400 м и лесополосе № 3 длинной 2080 м. Протяженность учетных делянок составила 100 п. м. Инвентаризация зелёных насаждений лесных полос проводилась в летний период 2025 г. с использованием метода оценки по сумме биоморфологических признаков: густота и цвет кроны, облиственность, цвет и повреждение листвы некрозами инфекционного и неинфекционного характера, членистоногими (насекомыми и клещами) и патогенами; прирост побегов и ствола, наличие сухих ветвей, состояние коры. На основании визуальной оценки этих признаков деревьям присваивались категории, являющиеся их интегральной характеристикой [4].

Длина лесополосы № 1 составляет 2970 м, ширина 79 м, площадь – 23,5 га (234630 м^2). Тип конструкции изучаемой лесополосы – непродуваемая. Год закладки неизвестен. Полезащитная полоса является основной, так как она противостоит действию наиболее частых ветров восточного направления.

Главная порода исследуемой лесополосы представлена 2 рядами Дуба черешчатого (*Quercus robur*), вспомогательной породой является Клен ясенелистный (*Acer negundo*). Расстояние в ряду между деревьями главной породы – 5 м; междурядье имеет длину 6 м.

Длина лесополосы № 2 составляет 1400 м, ширина 22 м, площадь – 3,1 га (30800 м^2). Тип конструкции изучаемой лесополосы – непродуваемая. Год закладки неизвестен. Полезащитная полоса является вспомогательной, так как она не противостоит действию наиболее частых ветров восточного направления.

Лесополоса состоит из 4 рядов главной породы Робинии ложноакациевой (*Robinia pseudoacacia*). Расстояние в ряду между деревьями главной породы – 2,5 м; междурядье имеет длину 3 м.

Длина лесополосы № 3 составляет 2080 м, ширина 22 м, площадь – 4,6 га (45760 м^2). Тип конструкции изучаемой лесополосы – ажурная. Год закладки неизвестен. Полезащитная полоса является основной, так как она противостоит действию наиболее частых ветров восточного направления.

Главной породой в лесополосе является Робиния ложноакациевая (*Robinia pseudoacacia*), представленная 4 полосами, вспомогательными породами являются Клен ясенелистный (*Acer negundo*) и Шелковица черная (*Morus nigra*). Расстояние в ряду между деревьями главной породы – 2,5 м; междурядье имеет длину 3 м.

Для оценки биоразнообразия и структуры насаждений был проведен учёт количества древесных и кустарниковых пород в лесополосах различного типа конструкции. Полученные данные о породном составе и численности деревьев представлены на рис. 1.

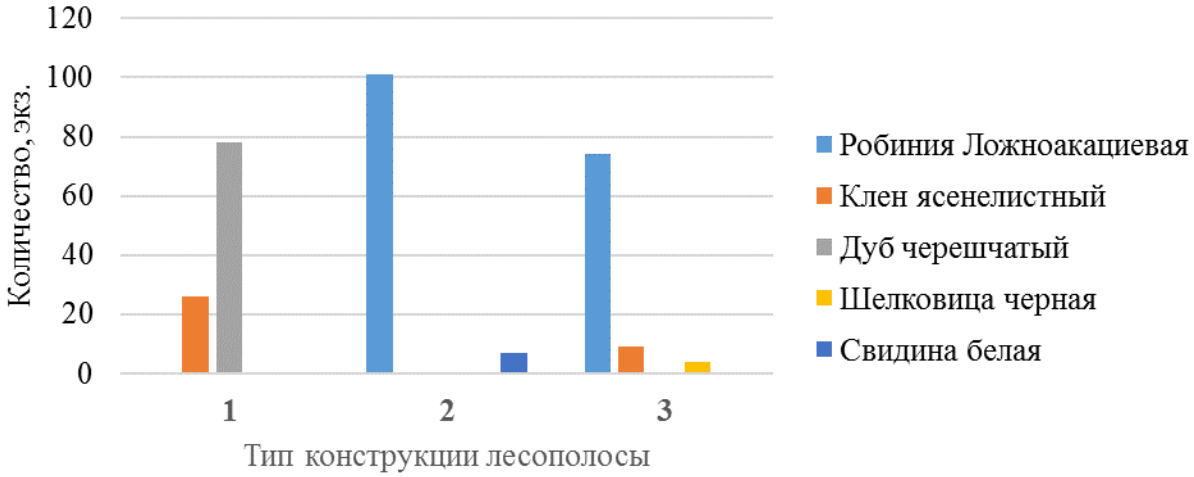


Рис. 1. Породный состав древесных и кустарниковых насаждений в лесополосах различного типа конструкции

Из рис. 1 видно, что лесополосы разного типа конструкции существенно различаются по видовому составу.

Непродуваемые лесополосы № 1 и № 2 характеризуются простой структурой с явным доминированием одной основной породы – Дуба черешчатого (*Quercus robur*) в лесополосе № 1 и Робинии ложноакациевой (*Robinia pseudoacacia*) в лесополосе № 2, что, вероятно, и обеспечивает их высокую плотность. В отличие от них, ажурная лесополоса демонстрирует наибольшее видовое разнообразие, объединяя три породы, хотя и с доминированием Робинии ложноакациевой (*Robinia pseudoacacia*). Каждый тип лесополосы имеет уникальный ботанический профиль: Дуб черешчатый (*Quercus robur*) встречается только в лесополосе № 1, Свидина белая (*Swida alba*) – только в лесополосе № 2, а Шелковица черная (*Morus nigra*) является уникальным видом для ажурной лесополосы № 3. Это разнообразие видового состава, предположительно, и определяет различия в структуре и функциональном назначении лесозащитных насаждений. Мониторинговые исследования включали в себя распределение растительности по категориям состояния, результаты которого представлены в таблице 1.

Таблица 1

Категории состояния пород деревьев от их общего количества в лесополосах различного типа конструкций

Породы деревьев и кустарников	Категория состояния					
	1	2	3	4	5	6
Непродуваемая лесополоса № 1						
Клен ясенелистный	-	-	-	8	18	-
Дуб черешчатый	-	-	-	44	28	6
Непродуваемая лесополоса № 2						
Робиния Ложноакациевая	-	-	4	62	29	6
Свидина Белая	-	1	5	1	-	-
Ажурная лесополоса № 3						
Робиния Ложноакациевая	-	-	41	28	-	5
Клен ясенелистный	-	-	2	5	1	1
Шелковица черная	-	-	2	1	1	-

Данные таблицы 1 показывают, что преобладающее большинство деревьев и кустарников в исследуемых лесополосах относятся к 4-й категории состояния (49,8 %), 25 % – к 5-й категории, 6 % – к 6-й категории состояния, что позволяет отнести изучаемые лесополосы к ослабленным и усыхающим.

Таким образом, наиболее устойчивой породой в представленных лесополосах является Робиния ложноакациевая (*Robinia pseudoacacia*) в ажурной лесополосе № 3, так как более 55 % деревьев этой породы относятся к 3-й категории. Дуб черешчатый (*Quercus robur*) и Клен ясенелистный (*Acer negundo*), демонстрируют более ослабленное состояние, относясь преимущественно к 4-й и 5-й категориям, что подтверждает их низкую резистентность в сложившихся условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесникова И.П. Агроландшафты Краснодарского края: структура и состояние / И.П. Колесникова, М.А. Шемис // Экологическая география: современные векторы в науке: Сб. науч. тр. Краснодар: Кубанский ГАУ, 2023. С. 15-21.

2. Колесникова И.П. Оценка состояния древостоя ореха черного в защитных насаждениях учебно-опытного хозяйства «Кубань» Кубанского ГАУ / И.П. Колесникова, А.И. Мельченко, А.Ф. Инюкин [и др.] // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2024. Т. 20, № 1. С. 188–194.

3. Стрельников В.В. Методические указания для проведения практических занятий по дисциплине «Нормирование выбросов»: учеб.-метод. пособие / В.В. Стрельников, Н.В. Чернышева, В.Г. Живчиков. Краснодар: КубГАУ, 2010. С. 18-21.

© Вариводова Я.Е., Чернышева Н.В., 2026

УДК 656.71:574

Тихонова А.Ф., Николайкин Н.И.
Московский государственный технический университет гражданской авиации, г. Москва, Российская Федерация
e-mail: nikols_n@mail.ru

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ АЭРОПОРТА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ЕГО СНИЖЕНИЮ

*Аннотация***.** В статье представлены результаты анализа экологического воздействия на примере аэропорта Московского авиаузла за период 2019-2024 гг. Приведены данные по динамике выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и сбросов в водные объекты. Показано, что в следствии реализации природоохранных мероприятий устойчиво сокращены выбросы на 139 т/год, при среднем стабильном сбросе со сточными водами загрязняющих веществ на уровне ~170 т/год, но очистка гликолесодержащих стоков ведется недостаточно. Предложен комплекс технических мероприятий, направленных на снижение нагрузки на водные объекты, включая внедрение специализированных систем очистки и автоматизированного мониторинга состава стоков.
Ключевые слова: аэропорт, экологическая нагрузка, выбросы, сбросы, очистные сооружения, этиленгликоль.

Tikhonova A.F., Nikolaykin N.I.
Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russian Federation

ANALYSIS OF THE AIRPORT ENVIRONMENTAL IMPACT AND PROPOSALS FOR ITS REDUCTION

Abstract. This article presents the results of an environmental impact analysis using the Moscow International Airport Hub as an example for the period 2019–2024. Data on

the pollutant emissions dynamics into the atmosphere and discharges into water bodies are presented. It is shown that, as a result of environmental protection measures, emissions have been sustainably reduced by 139 tons per year, with an average stable wastewater discharge of ~170 tons per year. However, the treatment of glycol-containing wastewater remains inadequate. A set of technical measures aimed at reducing the impact on water bodies is proposed, including the implementation of specialized treatment systems and automated wastewater composition monitoring.
Keywords: airport, environmental load, emissions, discharges, wastewater treatment facilities, ethylene glycol.

Деятельность аэропортов, связанная с выполнением транспортной работы и оказанием транспортных услуг, сопровождается значительным негативным воздействием: на атмосферный воздух, водные объекты и почвы, шумовое воздействие, воздействие электромагнитного излучения, воздействие отходов производства и потребления [1].

Московские международные аэропорты относятся к числу крупнейших в России по пассажиропотоку, служат показательными объектами для исследования динамики экологической нагрузки и оценки эффективности природоохранных мероприятий.

Цель работы – анализ экологического воздействия аэропорта за пандемийный и постпантедийный периоды и разработка мер по его снижению.

Экологическая деятельность аэропорта регулируется как международными документами (Конвенция о международной гражданской авиации 1944 г., Приложение 16 «Охрана окружающей среды» и др.), так и отечественным законодательством (Воздушный кодекс РФ, Федеральные законы «Об охране окружающей среды», «Об экологической экспертизе» и др.). В рассматриваемом аэропорту внедрена Система экологического менеджмента (СЭМ), сертифицированная по ISO 14001:2015, которая интегрирована в общую политику качества и безопасности аэропорта. Ежегодно публикуются

нефинансовые отчёты, содержащие ключевые показатели эффективности природоохранной деятельности.

Динамика объема суммарных выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) от стационарных и передвижных источников аэропорта за 2019-2024 гг. представлена на рис. 1.

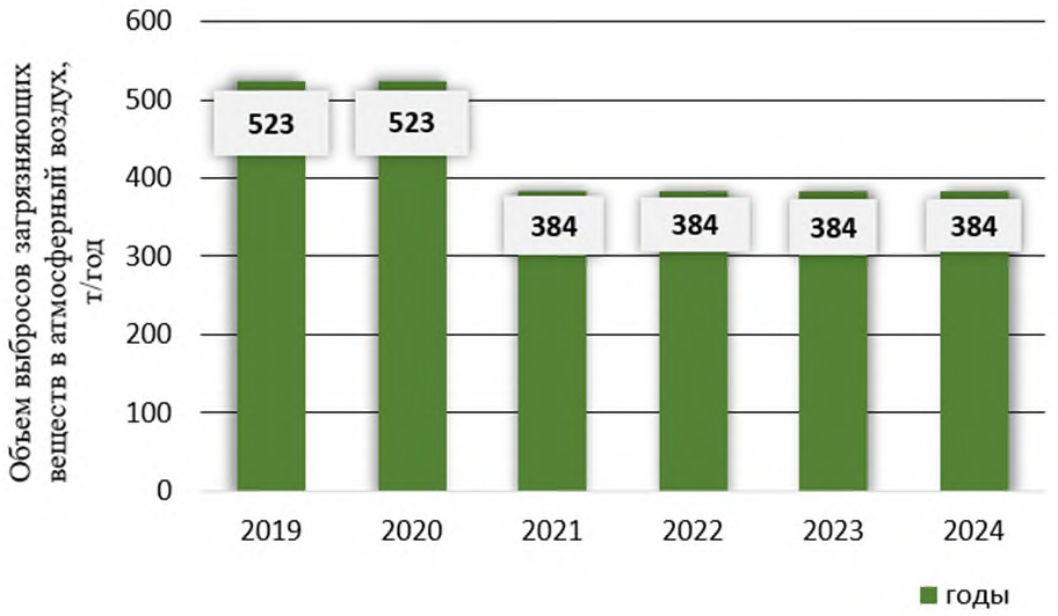


Рис. 1. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

В 2019-2020 гг. объём выбросов ЗВ составил более 500 т/год, но после 2020 г. произошло снижение до менее 390 т/год, и далее (в 2021-2024 гг.) этот показатель оставался стабильным. Таким образом, суммарное сокращение выброса ЗВ за четыре года (2021-2024) оценивается более, чем в 550 т.

Достигнутое снижение связано с модернизацией котельного оборудования, обновлением парка наземной техники и ужесточением контроля токсичности двигателей. Вместе с тем, после 2021 г. дальнейшего снижения не происходит, что указывает на временное достижение технологического предела текущих решений и необходимость поиска новых подходов.

Сброс сточных вод осуществляется через 9 выпусков в реки без достаточной очистки на локальных очистных сооружениях. Динамика объёма сброса загрязняющих веществ в водоёмы приведена на рис. 2.

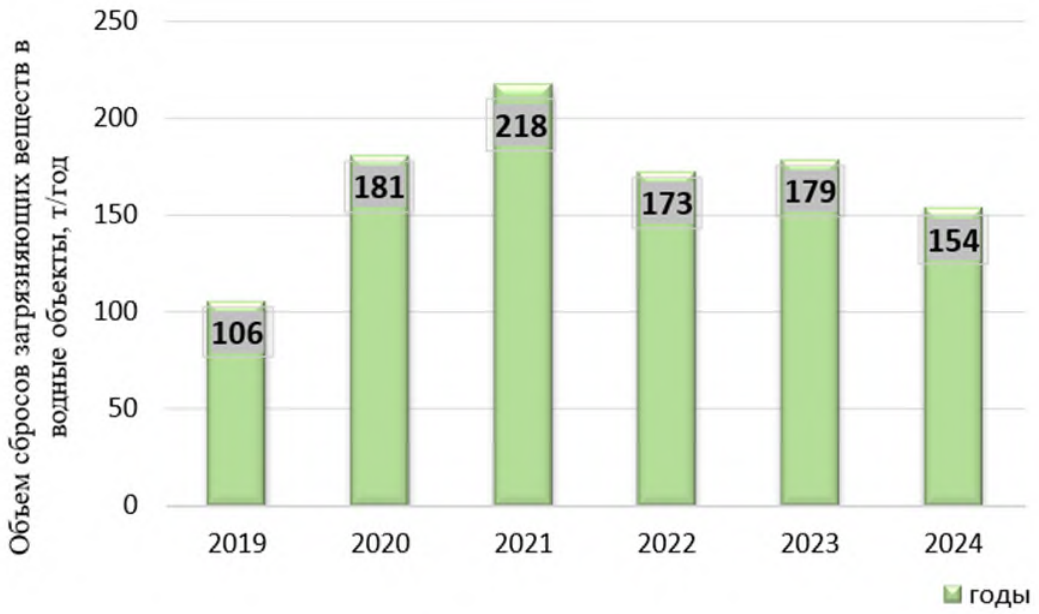


Рис. 2. Динамика сбросов загрязняющих веществ в природные водоемы

В отличие от выбросов в атмосферу, сбросы ЗВ в водоёмы за рассмотренный период практически не снижались. Среднегодовой объём сброса ЗВ за 2019-2021 гг. составил 168,3 т/год, а за 2022-2024 гг. 168,7 т/год. Таким образом, средний уровень нагрузки на водные объекты (сброс ЗВ со сточными водами) практически не изменился, сброс ЗВ остаётся на уровне ~170 т/год.

Особую проблему представляют сточные воды, содержащие этиленгликоль – основной компонент противообледенительных жидкостей. По данным Росприроднадзора и прокуратуры, в 2020-2021 гг. фиксировались многократные превышения предельно допустимых концентраций в природных водоёмах [2]. Несмотря на разработку «Дорожной карты» и модернизации инфраструктуры, завершение работ переносилось, проблема сохраняется. Данные мониторинга свидетельствуют о низкой эффективности используемой в аэропорту технологии очистки от растворённых гликолей.

Первый аэропорт в России, который сегодня начал использовать технологию удаления этиленгликоля из сточных вод в очистных сооружениях это Пулково [3]. В рамках второй очереди развития этой авиагавани запланировано 2,5-кратное расширение комплекса очистных сооружений.

На основе изучения опыта отечественных аэропортов Пулково и Братск [3, 4] могут быть предложены следующие мероприятия:

1. Расширить опыт создания в Пулково специализированной системы очистки гликолесодержащих стоков. Также эффективна проведенная в Братске модернизация локальных очистных сооружений с применением методов химического окисления (озонирования) и анодного окисления для расщепления этиленгликоля [4], что позволило исключить превышения ПДК по гликолям.

2. Целесообразно применить систему автоматизированного контроля состава стоков с установкой IoT-датчиков [5] в ливневой канализации и на выпусках в природные водоёмы для мониторинга в реальном времени уровня концентрации гликолей в воде по показателям ХПК и БПК. Это позволит оперативно выявлять «залповые» сбросы в периоды интенсивной обработки противообледенительными жидкостями и перенаправлять наиболее загрязнённые стоки в накопители для последующей очистки.

Таким образом, в ходе исследования выполнен анализ экологического воздействия в 2019-2024 гг. аэропорта Московского авиационного узла. Установлено, что реализованные мероприятия позволили сократить выбросы в атмосферу на 139 т/год, однако проблема загрязнения водных объектов этиленгликолем остаётся нерешённой - средний объём сбросов ЗВ со сточными водами стабилизировался на уровне ~170 т/год. Для снижения экологической нагрузки на гидросферу предлагаются меры, включающие технологии глубокой очистки гликолесодержащих стоков и автоматизированного мониторинга состава стоков, что будет способствовать достижению требований современных экологических стандартов [6] и целей устойчивого развития аэропорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николайкин Н.И. Экологическая оценка полного жизненного цикла деятельности эксплуатационных авиапредприятий Гражданской авиации // Научный вестник МГТУ ГА. 2006. № 108. С. 73-79.

2. В Шереметьево высказались о попадании жидкости для самолетов в Клязьму. [Электронный ресурс] URL: https://ts-news.ru/week-theme/v-aeroportu-sheremetevo-perenesli-sroki-rekonstrukcii-ochistnyh-sooruzhenij (дата обращения 30.03.2026).

3. Пулково готовится к масштабированию очистных сооружений. [Электронный ресурс] URL: https://pulkovoairport.ru/about/press_center/news/54803/ (дата обращения 18.04.2026).

4. Разработана и внедрена система очистки гликолесодержащих сточных вод для аэропортов. Отраслевое решение от Alta Group для очистки гликоле содержащих сточных вод аэропортов. [Электронный ресурс] URL: https://vodexpo.ru/allnews/tpost/vf8toysmh1-razrabotana-i-vnedrena-sistema-ochistki (дата обращения 18.04.2026).

5. Гарсия Ю. Датчики мониторинга параметров сточных вод // СТА. – 2022. - №1. [Электронный ресурс] URL: https://www.cta.ru/articles/cta/obzory/tekhnologii/165688/?ysclid=mnfzj4whqf959152132 (дата обращения 18.04.2026).

6. Николайкин Н.И. , Николайкина Н.Е., Мелехова О.П. Экология: учебник для вузов. 7-е изд. -М.: Дрофа, 2009. – 624 с.

© Тихонова А.Ф., Николайкин Н.И., 2026

УДК 614.4

Герасимова А.И., Янгуразова З.А.
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: anastasiya20022407@icloud.com

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Аннотация. Рассмотрены экологические и санитарно-гигиенические аспекты реабилитации среды обитания на территориях, испытывающих длительное техногенное воздействие. Показано, что в районах горнорудной, металлургической, нефтедобывающей и нефтехимической специализации формируются устойчивые очаги загрязнения, характеризующиеся накоплением тяжелых металлов, нефтепродуктов, минерализованных вод и других токсикантов в почвенных, водных и биотических системах. Проанализированы основные последствия техносферной нагрузки, проявляющиеся в нарушении биогеохимических процессов, угнетении почвенной биоты, снижении продуктивности растительных сообществ, ухудшении качества природных вод и вовлечении поллютантов в трофические цепи.
Ключевые слова: экологическая реабилитация, среда обитания, техносферная нагрузка, тяжелые металлы, нефтезагрязнение, фиторемедиация, биоремедиация.

Gerasimova A.I., Yangurazova Z.A.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

ENVIRONMENTAL REHABILITATION OF THE HABITAT

Abstract. The paper discusses ecological and sanitary-hygienic aspects of habitat rehabilitation in territories subjected to prolonged technogenic impact. It is shown that

in mining, metallurgical, oil-producing and petrochemical regions, persistent pollution zones are formed, characterized by the accumulation of heavy metals, petroleum products, mineralized waters and other toxicants in soils, waters and biotic systems. The main consequences of technospheric load are analyzed, including disturbance of biogeochemical processes, suppression of soil biota, reduction of plant productivity, deterioration of natural water quality and involvement of pollutants in trophic chains.
Keywords: environmental rehabilitation, habitat, technospheric load, heavy metals, oil contamination, phytoremediation, bioremediation.

Возрастающее техногенное преобразование природной среды в промышленно развитых регионах обусловило формирование обширных территорий, состояние которых уже не может рассматриваться лишь как локальное экологическое неблагополучие. Речь идет о длительно функционирующих зонах техносферной нагрузки, где изменение компонентов среды обитания приобрело устойчивый и системный характер. В подобных условиях проблема охраны окружающей среды закономерно перерастает в проблему экологической реабилитации, то есть в задачу целенаправленного восстановления нарушенных природных свойств территории, ее биологической продуктивности, санитарной полноценности и способности обеспечивать безопасные условия жизнедеятельности населения.

Необходимость реабилитации определяется тем обстоятельством, что техногенное воздействие затрагивает не один какой-либо природный компонент, а весь комплекс взаимосвязанных элементов среды обитания. Почвенный покров, поверхностные и подземные воды, растительность, микробные сообщества, сельскохозяйственная продукция и, в конечном счете, здоровье человека вовлекаются в единый процесс антропогенной трансформации. При этом длительное загрязнение изменяет не только химический состав среды, но и нарушает внутренние механизмы ее саморегуляции. Следовательно, речь должна идти не о частичном устранении отдельных загрязнителей, а о

восстановлении экологических функций территории в широком смысле этого слова.

Особую актуальность данная проблема приобретает для районов горнорудной, металлургической, нефтедобывающей и нефтехимической промышленности. Для горнорудных территорий характерно накопление в почвах, водах и донных отложениях тяжелых металлов, миграция которых поддерживается как текущими выбросами и сбросами, так и ранее накопленными техногенными отложениями. Исследования, проведенные в зоне влияния Бурибаевского горно-обогатительного комбината, показали, что загрязнение объектов окружающей среды в подобных районах сопряжено не только с ухудшением экологических показателей, но и с неблагоприятными сдвигами в состоянии здоровья населения [1]. Тем самым подтверждается, что загрязнение среды обитания в промышленных регионах не может рассматриваться вне его санитарно-гигиенических последствий.

Значительная экологическая опасность металлургических центров обусловлена высокой токсичностью и стойкостью металлов, поступающих в природные среды. В зонах влияния предприятий металлургической отрасли загрязнение почв нередко достигает уровня, при котором нарушаются их биохимические и санитарные свойства. Показано, что в почвах, отобранных в районах размещения металлургических объектов, регистрируется превышение нормативов по большинству тяжелых металлов, что свидетельствует о формировании хронически загрязненного почвенного покрова [2]. Особая опасность подобной ситуации состоит в том, что тяжелые металлы не подвергаются разрушению в природной среде, а накапливаются в ней, переходят в растения, вовлекаются в пищевые цепи и создают долговременную угрозу для человека и животных.

Почва в условиях техносферной нагрузки выступает как основной аккумулятор поллютантов. Она фиксирует результаты многолетнего

воздействия промышленности и одновременно становится источником вторичного загрязнения других природных компонентов. Загрязненная почва изменяет свою структуру, утрачивает часть биологической активности, хуже выполняет барьерные и самоочищающиеся функции. В этих условиях экологическая реабилитация должна быть направлена на снижение концентрации токсикантов и на восстановление биологической полноценности почвенного покрова.

Не менее значимым источником техногенного нарушения среды обитания является нефтедобывающая и нефтехимическая промышленность. Для этих отраслей характерно поступление в окружающую среду нефти, нефтепродуктов, пластовых минерализованных вод, органических соединений различной токсичности, а также продуктов неполного сгорания углеводородного сырья. По данным исследований, выполненных в районах нефтедобычи, загрязнение окружающей среды приобретает выраженный комплексный характер и проявляется в изменении химических и биологических свойств почв, ухудшении качества поверхностных вод и угнетении растительного покрова [3]. Попадание нефти в почву нарушает водно-воздушный режим, затрудняет газообмен, изменяет интенсивность окислительно-восстановительных процессов и вызывает угнетение природной почвенной биоты. В результате формируется состояние, при котором самовосстановление загрязненной территории протекает крайне медленно либо становится практически невозможным без целенаправленного вмешательства.

Общим признаком техногенно нарушенных территорий является нарушение сложившихся биогеохимических связей. Под влиянием промышленных выбросов и сбросов происходит перераспределение химических элементов в системе «почва – вода – растение – животное – человек». Вследствие этого среда обитания утрачивает стабильность, а ее отдельные элементы приобретают свойства постоянных носителей загрязнения. Вода переносит

растворенные и взвешенные формы токсикантов на значительные расстояния, почва их аккумулирует, растения вовлекают в трофические цепи, а животные и человек становятся конечными звеньями этого процесса. Именно поэтому любая программа экологической реабилитации должна исходить из необходимости восстановления не изолированного компонента, а всей системы межкомпонентных связей.

Одним из наиболее перспективных направлений экологической реабилитации является фиторемедиация. Ее сущность состоит в использовании растений для извлечения, закрепления, трансформации или ослабления токсического действия загрязняющих веществ. Применительно к почвам, загрязненным тяжелыми металлами, данный метод представляет особый интерес, поскольку позволяет сочетать постепенное уменьшение содержания поллютантов с восстановлением растительного покрова и предотвращением дальнейшей эрозионной деградации территории. Анализ различных способов повышения эффективности фиторемедиации показывает, что ее результативность возрастает при правильном подборе видов растений, обладающих выраженной устойчивостью к загрязнению, развитой корневой системой и способностью к аккумуляции определенных химических элементов [4]. Вместе с тем фиторемедиация требует длительного времени и наиболее эффективна в составе комплексных восстановительных мероприятий.

С практической точки зрения большое значение имеет не только аккумуляция загрязнителей растениями, но и формирование на нарушенных территориях устойчивого растительного покрова как основы дальнейшей экологической стабилизации. Восстановление растительности улучшает структуру почвы, способствует накоплению органического вещества, активизирует деятельность почвенной микрофлоры, уменьшает поверхностный сток и снижает пылеобразование. В санитарном отношении это также важно, поскольку уменьшение вторичного переноса загрязненных частиц с поверхности

почвы снижает экспозицию населения и работников промышленных зон к токсикантам.

Наряду с фиторемедиацией существенное место в системе реабилитационных мероприятий занимает биоремедиация. Под этим направлением понимают использование микроорганизмов и биологических препаратов для ускоренного разложения или преобразования загрязняющих веществ, прежде всего углеводородов нефти и органических соединений техногенного происхождения. В условиях нефтезагрязненных почв биопрепараты оказывают особенно заметный эффект, поскольку способствуют активации микробиологических и биохимических процессов, лежащих в основе естественного самоочищения. Исследования показывают, что применение биопрепарата «Метаболит» способствует повышению биологической активности почвы и восстановлению ее продуктивности [5]. Существенно и то обстоятельство, что подобные методы не вносят дополнительной химической нагрузки в среду и потому отвечают современным требованиям экологической безопасности.

Однако биоремедиация не должна рассматриваться как универсальное средство для всех типов загрязнения. Ее эффективность зависит от свойств загрязнителя, степени и давности загрязнения, гранулометрического состава почвы, водного режима, содержания органического вещества и ряда других факторов. В тяжелых случаях она требует сочетания с агротехническими и инженерными приемами: рыхлением загрязненного горизонта, внесением органических и минеральных компонентов, регулированием влажности, использованием сорбционных материалов. Такое сочетание позволяет создать условия, при которых биологические процессы восстановления протекают интенсивнее и устойчивее.

Особое значение имеет санитарно-гигиеническая оценка эффективности реабилитации. Восстановление природной территории не может считаться

завершенным только на том основании, что концентрация отдельных загрязняющих веществ снизилась. Экологическая реабилитация должна быть ориентирована не только на химические показатели, но и на восстановление полноценной среды обитания.

С этих позиций особого внимания заслуживает комплексный подход, при котором восстановительные мероприятия строятся с учетом характера техногенной нагрузки, природных условий территории и степени нарушенности экосистем. Такой подход требует объединения санитарно-гигиенических, экологических, биологических и инженерных методов. На первом этапе необходима детальная оценка состояния территории с выявлением основных источников загрязнения, путей миграции поллютантов и наиболее уязвимых компонентов среды. Затем определяются способы снижения текущей техногенной нагрузки и методы локального или системного восстановления нарушенных участков. Наконец, обязательным условием является длительный мониторинг результатов, поскольку без наблюдения в динамике невозможно судить о реальной устойчивости достигнутого эффекта.

Следует признать, что реабилитация среды обитания не может быть успешной при сохранении прежних масштабов антропогенного воздействия. Поэтому наряду с природоохранными и восстановительными мерами особое значение имеют правовые и организационные механизмы ограничения загрязнения. В этом отношении важным шагом стало введение эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ, закрепленного Федеральным законом от 26 июля 2019 г. № 195-ФЗ [1]. Квотирование выбросов представляет собой не только экономико-правовой инструмент регулирования промышленной деятельности, но и важный элемент профилактики дальнейшей деградации среды обитания. Оно ориентировано на предупреждение ущерба, снижение текущей техносферной нагрузки и создание предпосылок для последующей реабилитации территорий.

Тем самым экологическая реабилитация должна рассматриваться как неотъемлемая часть общей стратегии сохранения среды обитания в промышленных регионах. Ее конечная цель заключается не в простом улучшении отдельных показателей, а в возвращении территории экологической устойчивости, биологической полноценности и санитарной безопасности. Для этого необходимо сочетать снижение текущего загрязнения с восстановлением уже нарушенных природных комплексов, активизацией процессов естественного самоочищения и предупреждением вторичного вовлечения ранее накопленных поллютантов в миграционные цепи.

Таким образом, экологическая реабилитация среды обитания в зонах техносферной нагрузки представляет собой сложную многоуровневую задачу, решение которой возможно лишь при условии комплексного научно обоснованного подхода. Тяжелые металлы, нефтепродукты и промышленные выбросы вызывают стойкие нарушения почвенных, водных и биотических систем, формируют неблагоприятные санитарные условия и повышают риск для здоровья населения. Восстановление таких территорий требует сочетанного применения фиторемедиации, биоремедиации, сорбционных и агротехнических приемов, а также постоянного экологического и санитарного контроля. Только при таком подходе возможно не временное ослабление последствий загрязнения, а действительное восстановление экологических функций среды обитания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О проведении эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части снижения загрязнения атмосферного воздуха: Федеральный закон от 26 июля 2019 г. № 195-ФЗ.

2. Елизарьева Е.Н Оценка загрязнения почв в зоне влияния предприятий металлургической отрасли / Е.Н. Елизарьева, Ю.А. Янбаев, Н.Н. Редькина,

Н.В. Кудашкина, А.Г. Байков // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2017. – № 9 (209). – С. 8–13.

3. Янгуразова З.А., Рашитова Г.С., Ямалетдинова К.Ш. Оценка окружающей среды в районах нефтедобычи // Материалы Международной научно-практической конференции. Уфа, 2017. С. 218-221.

4. Елизарьева Е.Н., Елизарьев А.Н. Способы повышения эффективности фиторемедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами // Современные проблемы пожарной безопасности: теория и практика (Firesafety 2019): материалы I Всероссийской научно-практической конференции. Уфа, 2019. С. 24-27.

5. Багаутдинова Г.Г., Нурмухаметов Н.М., Киреева Н.А. Биологическая активность почв и продуктивность сахарной свеклы при обработке биопрепаратом // Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. № 6 (100). С. 540-542.

© Герасимова А.И., Янгуразова З.А., 2026

УДК 633.854.78:631.559 (470.620)

Колесникова И.П., Смоленцев В.М., Новак А.Д.
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина
e-mail: kolesnikova.i@kubsau.ru

СОСТОЯНИЕ АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ НАСАЖДЕНИЙ АО «ВОРОНЦОВСКОЕ» ДИНСКОГО РАЙОНА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Аннотация. Проведена инвентаризация и экологическая оценка состояния защитных лесополос АО «Воронцовское» Динского района Краснодарского края. Выявлено критическое фитосанитарное состояние насаждений (средневзвешенная категория 4,77), обусловленное монокультурной структурой,

отсутствием регламентных уходов и возрастным усыханием. На основе анализа разработаны рекомендации по выборочной санитарной рубке, полной замене погибших древостоев и досадке продуваемых полос. Предложено создание смешанных насаждений с участием дуба, гледичии, ореха грецкого и кустарникового яруса. Реализация мер позволит восстановить мелиоративные функции, стабилизировать микроклимат полей и повысить урожайность культур.

Ключевые слова: агролесомелиоративные насаждения, лесные полосы, инвентаризация древостоев, категория состояния, реконструкция насаждений, главные породы, урожайность сельскохозяйственных культур.

Kolesnikova I.P., Smolentsev V.M., Novak A.D.
I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University

THE STATE OF AGROFORESTRY PLANTATIONS OF JSC «VORONTSOVSKOYE» IN DINSKY DISTRICT OF KRASNODAR REGION

Abstract. An inventory and ecological assessment of protective forest strips at JSC «Vorontsovskoye» in Dinsky District, Krasnodar Region, was carried out. A critical phytosanitary condition of plantations was revealed (weighted average category 4.77), caused by monoculture structure, lack of regulatory maintenance, and age-related dieback. Based on the analysis, recommendations were developed for selective sanitary cutting, complete replacement of dead stands, and underplanting in permeable strips. The creation of mixed plantations involving oak, honey locust, walnut, and shrub layer is proposed. Implementation of these measures will restore ameliorative functions, stabilize field microclimate, and increase crop yields.

Keywords: agroforestry plantations, forest strips, stand inventory, condition category, plantation reconstruction, main species, crop yield.

Эффективность агролесомелиоративных систем в степной и лесостепной зонах юга России определяется не только проектной конфигурацией защитных насаждений, но и их текущим фитосанитарным состоянием. В условиях возрастающей частоты засух и усиления ветровой эрозии почв, характерных для Краснодарского края, лесные полосы выступают ключевым элементом адаптивного земледелия [2]. Их способность снижать скорость ветра у поверхности почвы на 20–40 %, аккумулировать снегозапасы и уменьшать испарение влаги напрямую коррелирует с показателями урожайности зерновых и технических культур. Однако длительная эксплуатация без проведения регламентных уходов, монокультурная структура и возрастная деградация приводят к утрате насаждениями защитных функций. Цель настоящей работы – провести натурную инвентаризацию и категориальную оценку состояния лесополос АО «Воронцовское», выявить причины снижения их мелиоративного потенциала и разработать технологически выполнимые меры по восстановлению защитного эффекта.

Исследования выполнены на территории структурного подразделения АО «Воронцовское», расположенного в юго-западной части Динского района Краснодарского края, вблизи ст. Нововеличковская. Рельеф участка слабоволнистый, почвы преимущественно чернозёмы обыкновенные с признаками агрогенной деградации. В соответствии с методическими рекомендациями по инвентаризации агролесомелиоративных насаждений юга России и стандартизированными подходами к оценке состояния растительности [5], обследованы все функционирующие лесные полосы общей площадью более 9 000 м². Для репрезентативности оценки в каждой полосе заложены учётные делянки протяжённостью 100 пог. м. Визуальный мониторинг

и фиксация фитосанитарных показателей проводились по методике, адаптированной для древесных насаждений южных регионов [6].

Параметры обследованных объектов:

− Лесополоса №1 (непродуваемая конструкция): протяжённость 1 280 м, ширина 13 м;

− Лесополоса №2 (непродуваемая): 608 м, ширина 33 м;

− Лесополоса №3 (непродуваемая): 872 м, ширина 17 м;

− Лесополоса №4 (продуваемая): 621 м, ширина 20 м.

Оценка состояния проводилась по пятибалльной шкале, принятой в лесомелиоративной практике: 1 – здоровые, 2 – ослабленные, 3 – сильно ослабленные, 4 – усыхающие, 5 – сухостой/погибшие. На каждой делянке фиксировались порода, диаметр ствола, степень развития кроны, наличие патогенов и механических повреждений, густота подлеска. Средневзвешенная категория состояния (СКС) рассчитывалась с учётом доли деревьев каждой категории в общей численности древостоя.

По результатам полевых работ интегральный показатель состояния всех обследованных полос составил СКСобщ = 4,77, что соответствует стадии массового усыхания и частичной утраты жизнеспособности насаждений. Детализированные показатели по каждой лесополосе представлены в таблице 1.

В лесополосе №1 90 % деревьев робинии ложноакациевой (Robinia pseudoacacia) отнесены к 5 категории. Аналогичная картина зафиксирована в полосах №2 и №3, где доля особей 5 категории по робинии достигает 100 %. В полосе №4 40 % деревьев грецкого ореха (Juglans regia) находятся в 4 категории, остальные 60 % – в 5 категории, что согласуется с данными по оценке состояния ореховых насаждений в защитных полосах региона [4]

Таблица 1

Характеристика обследованных агролесомелиоративных насаждений АО «Воронцовское» и рекомендации по их восстановлению

№ поло-сы	Конструкция	Протяжён-ность, м	Ширина, м	Доминирую-щая порода	СКС *	Доля деревьев 4–5 кат., %	Рекомендуемые мероприятия
1	Непродуваемая	1 280	13	*Robinia pseudoacacia*	4,8	90	Выборочная санитарная рубка; досадка *Quercus robur*, *Gleditsia triacanthos*
2	Непродуваемая	608	33	*Robinia pseudoacacia*	5,0	100	Сплошная реконструкция; закладка смешанного древостоя с кустарниковым ярусом
3	Непродуваемая	872	17	*Robinia pseudoacacia*	5,0	100	Сплошная реконструкция; внедрение засухоустойчивых главных и сопутствующих пород
4	Продуваемая	621	20	*Juglans regia*	4,5	100	Досадка второго ряда: *Morus nigra*, *Malus sylvestris*; уплотнение кустарниками

* СКС – средневзвешенная категория состояния (шкала: 1 – здоровые, 5 – погибшие).

Примечание: Данные получены в ходе полевой инвентаризации 2024 г. на учётных делянках протяжённостью 100 пог. М в каждой полосе.

Анализ показывает, что деградация обусловлена комплексом факторов. Во-первых, преобладание одной породы без участия сопутствующих видов и кустарникового яруса привело к истощению почвенного плодородия и снижению устойчивости к биотическим стрессам. Во-вторых, отсутствие санитарных рубок и ухода за подростом в течение последних 15-20 лет способствовало накоплению сухостоя, ухудшению аэрации и созданию условий для развития стволовых вредителей и грибковых патогенов. В-третьих, в засушливые периоды последних лет корневая система робинии, несмотря на её засухоустойчивость, не компенсировала дефицит влаги в верхних горизонтах

почвы, что ускорило физиологическое старение деревьев. Отсутствие продуваемости в полосах №1-3 дополнительно снизило естественное обновление и усилило внутриполосное иссушение, что особенно актуально в контексте экологических последствий нарушения водного режима агроландшафтов [1].

Полученные данные согласуются с региональными исследованиями, указывающими на критический возраст реконструкции большинства лесополос Краснодарского края, заложенных в 1970-1980-х гг. Робиния ложноакациевая, ранее широко применявшаяся благодаря быстрому росту и способности связывать азот, в монопосадках демонстрирует высокую уязвимость к корневой гнили и усыханию в условиях длительной жары. Замена на смешанные древостои с включением засухоустойчивых главных и сопутствующих пород позволяет восстановить гидрологический баланс и увеличить продолжительность защитного действия насаждений до 60-80 лет.

Выбор рекомендуемых видов обоснован их адаптацией к почвенно-климатическим условиям Прикубанья. Дуб черешчатый (*Quercus robur*) формирует глубокую стержневую корневую систему, устойчив к ветровалам и обеспечивает долгосрочное закрепление почвы. Гледичия трёхколючковая (*Gleditsia triacanthos*) обладает высокой соле- и засухоустойчивостью, не поражается местными листовертками и создаёт разреженную крону, благоприятную для развития подлеска. В продуваемых конструкциях целесообразно комбинировать орех грецкий, шелковицу чёрную (*Morus nigra L.*) и яблоню лесную (*Malus sylvestris L.*), которые различаются по архитектуре кроны и фенологии, что способствует равномерному распределению ветрового потока и снижению турбулентности у поверхности почвы. Включение кустарникового яруса (лох узколистный, скумпия, спирея) повышает структурную плотность нижней части полосы, предотвращает пылеобразование и создаёт условия для гнездования энтомофагов, что косвенно снижает

необходимость применения пестицидов и способствует экологической устойчивости агроценозов [3].

На основе проведённого обследования сформулированы поэтапные мероприятия по восстановлению мелиоративного потенциала:

Лесополоса №1 (непродуваемая). Провести выборочную санитарную рубку с удалением сухостоя и деревьев 5 категории. Сохранить жизнеспособные особи для временного защитного эффекта. На освободившихся местах высадить дуб черешчатый и гледичию трёхколючковую по схеме 3×2 м с чередованием рядов. Предусмотреть установку защитных кожухов и капельное увлажнение в первый вегетационный сезон.

Лесополосы №2 и №3. Ввиду полной утраты жизнеспособности древостоя рекомендована сплошная реконструкция. Корчевку провести осенью, с последующим глубоким рыхлением и внесением фосфорно-калийных удобрений. Весной заложить смешанный древостой с участием главных (дуб, клён ясенелистный как сопутствующий) и кустарниковых пород. Разместить полосу с учётом преобладающих ветров для формирования оптимальной аэродинамической тени.

Лесополоса №4 (продуваемая). Досадить второй ряд ветроустойчивых пород: орех грецкий, шелковица чёрная, яблоня лесная. Интервал посадки 2,5 м, глубина ям не менее 0,8 м для формирования развитой корневой системы. Уплотнить нижний ярус кустарниками для снижения скорости ветра у поверхности до 1,5-2,0 м/с. Организовать регулярный мониторинг приживаемости и фитосанитарный контроль каждые 6 месяцев в течение трёх лет.

Результаты натурной инвентаризации свидетельствуют о неудовлетворительном фитосанитарном статусе агролесомелиоративных насаждений АО «Воронцовское»: деградация древостоев существенно ограничивает их способность экранировать посевы от суховеев и

аккумулировать продуктивную влагу в почве. Значение интегрального показателя СКС=4,77 служит объективным индикатором того, что откладывание реконструкционных мероприятий недопустимо. Научно обоснованный переход от моновидовых посадок к полидоминантным фитоценозам с обязательным формированием подлеска создаст предпосылки не только для возобновления ветроломной функции полос, но и для оптимизации гидротермического режима пахотного слоя, что в перспективе обеспечит стабилизацию продуктивности севооборотов. Вектор дальнейших изысканий логично выстроить вокруг отслеживания адаптации реконструируемых насаждений и количественной оценки их отклика на ключевые метеопараметры в фазы онтогенеза возделываемых культур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кожушко Ю.К. Ирригация в сельском хозяйстве и ее экологические последствия / Ю.К. Кожушко, А.А. Зеленина, И.П. Колесникова // Экология и природопользование: сборник статей по материалам II Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 06–10 июня 2022 года. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2022. С. 228-231.

2. Колесникова И.П. Агроландшафты Краснодарского края: структура и состояние / И.П. Колесникова, М.А. Шемис // Экологическая география: современные векторы в науке: сборник научных трудов. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2023. С. 15-21.

3. Колесникова И.П. Экологическая оценка пестицидов, применяемых в СПК «Белоглинское» / И.П. Колесникова, Н.В. Чернышева // Аграрная наука на современном этапе: состояние, проблемы, перспективы: материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Майкоп, 19–21 октября 2022 года. Майкоп: Издательство «Магарин Олег Григорьевич», 2022. С. 190-193.

4. Колесникова И.П. Оценка состояния древостоя ореха черного в защитных насаждениях учебно-опытного хозяйства «Кубань» Кубанского ГАУ / И.П. Колесникова, А.И. Мельченко, А.Ф. Инюкин [и др.] // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2024. Т. 20, № 1. С. 188–194.

5. Попова О.Г. Стандартизация, сертификация и метрология в сельском хозяйстве: учебное пособие для студентов аграрных вузов / О.Г. Попова, А.В. Попова, В.М. Смоленцев. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2004. 83 с.

6. Проскурин С.В. Мониторинг визуального состояния древесных насаждений в среде города Сочи / С.В. Проскурин, И.П. Колесникова // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам 78-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2022 год: в 3 ч. / отв. за вып. А.Г. Кощаев. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2023. Ч. 1. С. 95-97.

© Колесникова И.П., Смоленцев В.М., Новак А.Д., 2026

УДК 504.054

Якупова Э.Р., Кузнецова В.Д., Кострюкова Н.В.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: elina.yakupova.2024@mail.ru

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Аннотация. В статье представлены результаты оценки воздействия горно-обогатительного комбината по добыче и обогащению медно-цинковых руд на компоненты окружающей среды. Выполнен расчет массы выбросов загрязняющих веществ от основного и вспомогательного производств, определен класс опасности хвостов флотации, проведена корректировка

санитарно-защитной зоны с учетом розы ветров. Скорректирован размер санитарно-защитной зоны для преобладающего направления ветра.
Ключевые слова: горнодобывающая промышленность, обогащение руд, загрязнение атмосферы, тяжелые металлы, санитарно-защитная зона.

Yakupova E.R., Kuznetsova V.D., Kostryukova N.V.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF A MINING AND ENRICHMENT COMPLEX

Abstract. The article presents the results of assessing the impact of a mining and processing plant for the extraction and processing of copper-zinc ores on environmental components. The mass of pollutant emissions from the main and auxiliary production processes has been calculated, the hazard class of flotation tailings has been determined, and the sanitary protection zone has been adjusted taking into account the wind rose. The size of the sanitary protection zone has been adjusted for the prevailing wind direction.
Keywords: mining industry, ore processing, atmospheric pollution, heavy metals, sanitary protection zone.

Горнодобывающая промышленность является одной из ключевых отраслей экономики Российской Федерации, однако она сопряжена с серьезными экологическими последствиями: нарушением земной поверхности, загрязнением атмосферного воздуха, сбросами сточных вод и образованием огромных объемов отходов [1,2]. Особую озабоченность вызывает состояние водных объектов, принимающих сточные воды горных предприятий, а также накопление многомиллионных тонн отходов обогащения в хвостохранилищах [3].

Предприятия по добыче и обогащению руд цветных металлов относятся к I классу опасности с нормативной санитарно-защитной зоной 1000 м.

В качестве объекта исследования рассмотрен горно-обогатительный комбинат (ГОК), осуществляющий добычу и обогащение медно-цинковых колчеданных руд. В состав предприятия входят подземные рудники, карьер, обогатительная фабрика, хвостохранилище и вспомогательные подразделения. Технологическая схема обогащения включает стадии дробления, измельчения, флотации, сгущения, фильтрации и сушки концентратов. Основные источники загрязнения: взрывные работы, карьерные самосвалы, дробильно-сортировочное оборудование, сушильные барабаны, ремонтно-механический цех.

Расчет выбросов загрязняющих веществ выполнен по отраслевым методикам [4,5]: при взрывных работах, бурении скважин, работе карьерных самосвалов и погрузочно-доставочных машин, от дробильно-сортировочного оборудования, сушильных барабанов, а также при механической обработке металлов и сварочных работах. Класс опасности отхода определен расчетным методом согласно Приказу Минприроды России № 158 [6].

В таблице 1 представлены результаты расчета годовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от основных источников предприятия.

Таблица 1

Годовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от основных источников

Источник выбросов	Твердые частицы (пыль), т/год	CO, т/год	NOx, т/год	Прочие, т/год	Итого, т/год
Взрывные работы	4,06	0,135	0,225	–	4,42
Бурение скважин	2,20	–	–	–	2,20
Карьерные самосвалы	–	5,581	12,398	2,526	20,505
ПДМ (подземные)	–	12,147	25,153	5,529	42,829

Окончание табл. 1

Источник выбросов	Твердые частицы (пыль), т/год	CO, т/год	NOx, т/год	Прочие, т/год	Итого, т/год
Дробильно-сортировочное оборудование	106,25	–	–	–	106,25
Сушильные барабаны	170,00	4,8	12,8	0,8	188,4
Ремонтно-механический цех	0,16	–	–	0,581	0,741
Итого	**282,67**	**22,663**	**50,576**	**9,436**	**365,345**

Как видно из таблицы 1, суммарный годовой выброс загрязняющих веществ в атмосферу от рассмотренных источников составляет 365,35 т/год. Основной вклад вносят сушильные барабаны (51,6%), дробильно-сортировочное оборудование (29,1%) и подземные погрузочно-доставочные машины (11,7%). Среди загрязняющих веществ преобладают твердые частицы (пыль) – 282,67 т/год (77,4%) и оксиды азота – 50,58 т/год (13,8%). Применяемые средства пылегазоподавления позволяют существенно снизить выбросы.

Шахтные и карьерные воды характеризуются кислой реакцией (pH 3,0-4,5) и повышенным содержанием тяжелых металлов. После нейтрализации известковым молоком концентрации меди и цинка в сбрасываемой воде превышают рыбохозяйственные нормативы в 5-15 раз. Масса сброса меди составляет 0,37 т/год, цинка – 1,84 т/год. Ежегодно образуется 8,16 млн т хвостов флотации (V класс опасности по расчетному методу, суммарный индекс опасности I = 290,4) и 1,28 млн т вскрышных пород, которые складируются в хвостохранилище и отвалы.

На рис. 1 представлена скорректированная санитарно-защитная зона предприятия с учетом розы ветров (преобладающие направления – юго-западное и юго-восточное).

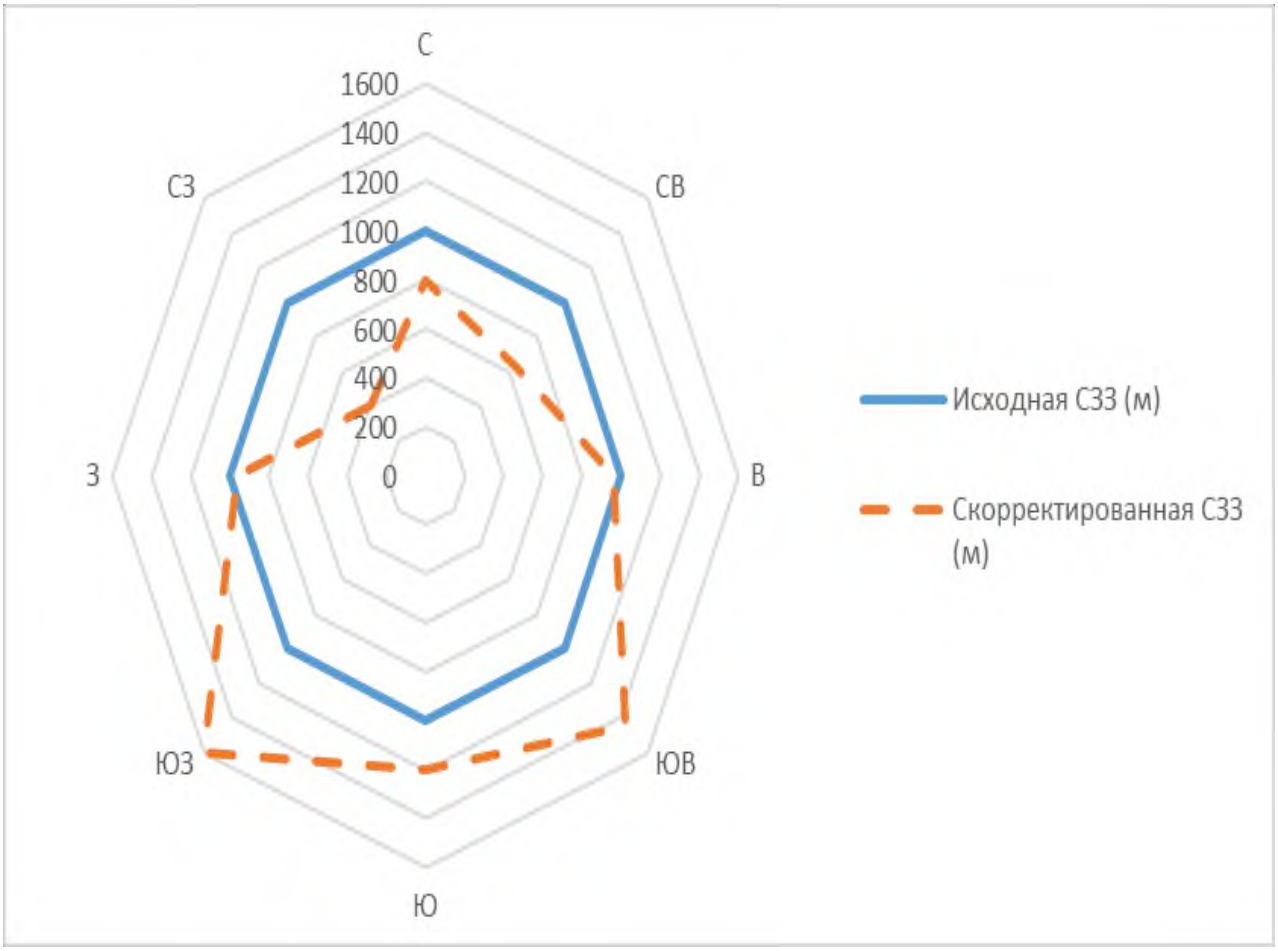


Рис. 1. Схема расположения установленной и скорректированной санитарно-защитной зоны

Максимальный скорректированный размер СЗЗ (1600 м) установлен для юго-западного направления (преобладающее направление ветра), минимальный (400 м) – для северо-западного. Это позволяет снизить воздействие загрязняющих веществ на жилую застройку, расположенную с подветренной стороны.

Проведённая комплексная оценка показала, что предприятие относится к I классу опасности. На основе анализа розы ветров выполнена корректировка СЗЗ: максимальная протяжённость (1600 м) установлена в юго-западном направлении. Более 90 % массы выбросов формируют твердые частицы (пыль) и оксиды азота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонова С.Р. Экологические проблемы почвы в городской среде / С.Р. Антонова, Н.В. Кострюкова // Гражданская оборона и природно-технические системы: Сборник статей по материалам XX Международной научно-практической конференции, Воронеж, 21 марта 2024 года. Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2024. С. 116-119.

2. Photo driven homogeneous advanced oxidation coupled to adsorption process for an effective arsenic removal from drinking water / A. Melnikova, A. Faggiano, M. Visconti [et al.] // Journal of Environmental Management. 2024. Vol. 349. P. 119568.

3. Сытник Н.А. Промышленная экология: практикум. Керчь: Керченский государственный морской технологический университет, 2019. 132 с.

4. Методика расчёта вредных выбросов (сбросов) для комплекса оборудования открытых горных работ (на основе удельных показателей). Люберцы, 1999. 58 с.

5. Методика расчёта выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при сварочных работах (по величинам удельных выделений). Санкт-Петербург, 2000. 44 с.

6. Приказ Минприроды России от 31.03.2025 № 158 «Об утверждении критериев отнесения отходов к I–V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду». Москва, 2025.

© Якупова Э.Р., Кузнецова В.Д., Кострюкова Н.В., 2026

УДК 504.064:338.5

Зверева Е.Ю., Ишкинина О.И.
Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: z.ekaterina2023@yandex.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

Аннотация. В статье были рассмотрены способы снижения расходов на экологический мониторинг на промышленных объектах за счёт применения автоматизированных систем контроля. Также был выполнен разбор структуры затрат при использовании традиционных методик, выявлены ключевые факторы их роста. Внедрение автоматизированных решений позволяет значительно уменьшить эксплуатационные издержки, повысить достоверность получаемых данных и снизить вероятность экологических нарушений.
Ключевые слова: мониторинг, автоматизация, стоимость, системы автоматического управления, экология.

Zvereva E.Y., Ishkinina O.I.
Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russian Federation

OPTIMIZATION OF COST FOR ENVIRONMENTAL MONITORING USING AUTOMATION

Abstract. The paper analyzes ways to reduce the cost of environmental monitoring at industrial facilities through the use of automated control systems. The analysis of the cost structure using traditional methods has been performed, and the key factors of

their growth have been identified. It is shown that the implementation of automated solutions can significantly reduce operating costs, increase the reliability of the data obtained and reduce the likelihood of environmental violations. Approaches to calculating the economic benefits of automation are proposed, including calculating return on investment (ROI), net present value (NPV), and total cost of ownership (TCO). The expediency of digitalization of environmental control processes as a way to increase the sustainability of production is emphasized.

Keywords: monitoring, automation, cost, automatic control systems, ecology.

Экологический мониторинг занимает ключевое место в системе управления промышленными объектами, оказывающими негативное воздействие на природную среду. В условиях усиления экологического законодательства и роста издержек на производство организациям требуется повышать эффективность контроля за состоянием окружающей среды, не допуская при этом резкого роста расходов на эти цели.

Традиционные подходы к мониторингу (отбор проб, лабораторные исследования) характеризуются высокой трудоёмкостью, длительными сроками обработки данных и низкой оперативностью. В таких условиях всё большее распространение получают автоматизированные системы контроля выбросов. Затраты на мониторинг условно делятся на несколько категорий.

Капитальные затраты – это расходы на приобретение оборудования, его монтаж, интеграцию с действующей инфраструктурой предприятия.

Косвенные издержки – это штрафы за нарушения, потери от простоев оборудования, убытки, связанные с некачественной отчётностью и репутационными рисками.

Операционные расходы включают оплату труда персонала, обслуживание техники, проведение лабораторных анализов, потребление электроэнергии и иные текущие издержки. По данным статистики, именно они составляют основную долю всех затрат на экологический мониторинг.

Автоматизированные системы контроля выбросов предусматривают внедрение программного обеспечения, технологий передачи данных, датчиков, обеспечивающих непрерывный сбор и анализ информации.

Преимущества автоматизации - снижение трудозатрат на проведение исследований, отказ от постоянного лабораторного анализа, переход на постоянный мониторинг, что повышает объективность и стабильность данных, уменьшает погрешности измерений, снижает экологические риски, обеспечивает быстрое выявление превышений нормативов, что позволяет оперативно принимать меры по снижению выбросов вредных веществ.

Одним из ключевых факторов при внедрении автоматизированных систем контроля выбросов на производстве является снижение расходов на экологический мониторинг. Достичь этого позволяет комплексный подход, учитывающий технические, организационные и эксплуатационные особенности.

На конечные затраты существенно влияет выбранная архитектура системы. Централизованная модель подразумевает объединение данных от всех датчиков в единую вычислительную платформу. Её преимущества включают:

- упрощённое администрирование;
- централизованная обработка поступающей информации;
- снижение расходов на ПО.

Однако у неё есть и недостатки:

- повышенная нагрузка на каналы связи;
- зависимость от одного узла обработки данных;
- риск полной остановки системы при сбоях.

Альтернативой выступает распределённая архитектура, при которой данные обрабатываются на локальных узлах. Такой подход даёт такие плюсы как: рост отказоустойчивости, снижение нагруженности сетевого трафика, оперативность принятия решений непосредственно на месте. Но и минусы: рост первоначальных вложений, усложнённость настройки интеграции.

Оптимальный выбор архитектуры зависит от масштабов предприятия, количества точек выбросов и требований к надёжности системы.

IoT (Internet of Things) – это объединение физических объектов, подключённых к интернету, способных обмениваться информацией. Благодаря датчикам предметы могут «взаимодействовать» друг с другом и с цифровыми платформами.

Применение решений IoT позволяет строить гибкие и легко масштабируемые системы контроля. Это снижает расходы на укладку кабельных линий за счёт беспроводной передачи данных, упрощает расширение за счёт лёгкой интеграции новых узлов, обеспечивает удалённый контроль и управление объектами. Благодаря IoT удаётся сократить затраты на техобслуживание за счёт дистанционного диагностирования оборудования.

Модульная разработка предполагает поэтапный вывод системы под контроль, что позволяет сократить начальные капитальные вложения. Благодаря ей можно протестировать отдельные компоненты системы, а также обеспечить удобство при внесении изменений и модернизации. Такой метод особенно выгоден для организаций с ограниченными финансовыми ресурсами.

Применение технологии прогнозирующего обслуживания позволяет сократить затраты на поддержание оборудования в работоспособном состоянии. Метод основан на анализе данных для предсказания вероятности поломок. Его плюсы – это снижение расходов на ремонтные работы, сокращение простоев из-за отказов, рост ресурса датчиков и других компонентов.

Оценка экономической эффективности играет важную роль при обосновании введения автоматизированных систем экологического контроля.

Рентабельность инвестиций показывает эффективность вложенных средств. Для этого рассчитывают показатель рентабельности инвестиций (ROI):

Формула расчета:

$$ROI = \frac{п-и}{и} \times 100\ \%,$$

где П – прибыль (экономический эффект) от внедрения системы, руб.;

И – объем инвестиций, руб.

Если ROI > 0, проект является экономически целесообразным.

Чистая приведенная стоимость (NPV) учитывает изменение стоимости денег во времени. Формула расчета:

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{ДП_t}{(1+r)^t} - И$$

где $ДП_t$ – денежный поток в период t, руб.;

r – ставка дисконтирования;

n – расчетный период;

И – инвестиции.

Если NPV > 0, проект приносит прибыль с учетом дисконтирования.

Совокупная стоимость владения (TCO) отражает все затраты на систему за весь жизненный цикл. Формула расчета:

$$TCO = C_{кап} + \sum_{t=1}^{n} C_{экспл,t}$$

где $C_{кап}$ - капитальные затраты;

$C_{экспл,t}$ - эксплуатационные затраты в период t.

Срок окупаемости показывает время, за которое инвестиции полностью окупаются. Формула расчета:

$$T_{ок} = \frac{И}{C_{год}},$$

где $C_{год}$ – ежегодный экономический эффект.

Несмотря на все достоинства автоматизации, у неё есть свои ограничения:

- значительные первоначальные вложения;

- необходимость наличия квалифицированных кадров;

- повышенные требования к защите информации;

- сложности с соответствием нормативным регламентам.

Несмотря на это в перспективе долгосрочного использования автоматизация ведёт к снижению общей себестоимости и улучшению

эффективности экологического контроля. Автоматизация процессов экологического мониторинга позволяет эффективно оптимизировать расходы на производственных объектах.

По результатам исследования выявлено, что внедрение автоматизированных решений способствует уменьшению эксплуатационных расходов. С из помощью возрастает точность и скорость проведения контрольных мероприятий, снижается уровень экологических и финансовых угроз, а также формируется устойчивая модель функционирования предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ларионов Н.М., Рябышенков А.С. Промышленная экология: учебник и практикум для вузов / Н.М. Ларионов, А.С. Рябышенков. – 4-е изд., пер. и доп. – М.: Юрайт, 2023. - 441 с.
2. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология. Человек – Экономика – Биота – Среда: учебник для студентов вузов / Т.А. Акимова, В.В. Хаскин. – 3-е изд., ЮНИТИ-ДАНА, 2023. – 495 с.
3. ГОСТ Р 71507-2024 Системы автоматического контроля выбросов и сбросов. Системы автоматического контроля выбросов. Термины и определения. – М.: Российский институт стандартизации, 2024. –16 с.
4. Аскинадзи В.М., Максимова В.Ф. Инвестиционный анализ. Практикум / В.М. Аскинадзи и В.Ф. Максимова. – 1-е изд., Юрайт, 2020. – 400 с.
5. Зеленцов В.А., Ковалев А.П. Оценивание эксплуатационных затрат при расчете совокупной стоимости владения распределенными техническими комплексами. В.А. Зеленцов, А.П. Ковалев., Приборостроение., 2022. – С. 789-795.

© Зверева Е.Ю., Ишкинина О.И., 2026

УДК 504.054:665.63

Билалов И.А., Бондарь К.Е.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация

e-mail: bilalovilnaz790@gmail.com

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УФИМСКОГО НПЗ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ГОРОДА УФЫ

Аннотация. В статье представлены результаты оценки влияния ПАО «Уфимский нефтеперерабатывающий завод» на качестве атмосферного воздуха г. Уфы. Проанализированы основные источники выбросов, динамика концентраций загрязняющих веществ и их соответствие предельно допустимым значениям. Установлено, что в периоды неблагоприятных метеорологических условий фиксируют превышения ПДК по диоксиду азота (в 2,5 раза) и взвешенным частицам PM10 (в 7 раз). Предложен комплекс природоохранных мероприятий, позволяющий снизить валовые выбросы на 15%.

Ключевые слова: нефтеперерабатывающий завод, атмосферный воздух, загрязняющие вещества, экологический мониторинг, предельно допустимая концентрация, выбросы.

Bilalov I.A., Bondar K.E.

Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THE UFA OIL REFINERY ON THE AMBIENT AIR OF THE CITY OF UFA

Abstract. The article presents the results of assessing the impact of Ufa Oil Refinery PJSC on the ambient air quality of the city of Ufa. The main sources of emission, the

dynamics of pollutant concentration and their compliance with maximum permissible values are analyzed. It has been established that during periods of adverse meteorological conditions, exceedances of the maximum permissible concentrations for nitrogen dioxide (by 2,5 times) and PM10 particulate matter (by 7 times) are recorded. A set of environmental measures is proposed to reduce gross emissions by 15%.

Keyword: oil refinery, ambient air, pollutants, environmental monitoring, maximum permissible concentration, emissions.

Введение. Проблема антропогенного загрязнения атмосферного воздуха является одной из наиболее острых экологических проблем современной урбанизированной среды. Уфа исторически развивалась как крупнейший центр нефтепереработки и нефтехимии России. Наличие в черте города мощного промышленного узла – Уфимской группы нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) – формирует крайне неблагоприятную с экологической точки зрения ситуацию. ПАО «Уфимский нефтеперерабатывающий завод» (УНПЗ), будучи старейшим и одним из крупнейших предприятий кластера, представляет собой объект пристального внимания. Оценка реального вклада этого источника в общий уровень загрязнения города является критически важной задачей, что обусловливает высокую актуальность настоящего исследования.

Характеристика УНПЗ как источника загрязнения. Уфимский НПЗ расположен по адресу: г. Уфа, ул. Ульяновых, 74. Проектная мощность первичной переработки составляет 6,6 млн т/год. Технологическая схема включает установки ЭЛОУ-АВТ-6, каталитического крекинга Г-43-107, гидрокрекинга, риформинга и производства битума, а также резервуарный парк и факельную систему [1].

Основными загрязняющими веществами, поступающими в атмосферу от предприятия, являются: диоксид серы (SO_2), оксиды азота (NO_x), оксид углерода

(CO), углеводороды (в том числе летучие органические соединения) и твердые частицы (PM10). Предприятие расположено в непосредственной близости от жилой застройки, что создает дополнительные риски для здоровья населения.

Анализ данных мониторинга. Для оценки влияния УНПЗ на атмосферный воздух были проанализированы данные Росгидромета о концентрациях загрязняющих веществ в районе расположения предприятия. В таблице 1 приведены значения фактических концентраций в сравнении с предельно допустимыми концентрациями (ПДК).

Таблица 1

Концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в районе расположения УНПЗ

Загрязняющее вещество	Макс. разовая ПДК, мг/м^3	Среднесуточная ПДК, мг/м^3	Фактическая концентрация, мг/м^3
Диоксид серы (SO_2)	0,5	0,05	0,4
Оксид углерода (CO)	5,0	3,0	1,2
Диоксид азота (NO_2)	0,2	0,04	0,5
Взвешенные вещества (Pm10)	0,3	0,06	2,1

Примечание к таблице 1: приведены максимальные разовые концентрации, зафиксированные в периоды неблагоприятных условий (НМУ), когда рассеивание загрязняющих веществ затруднено. В обычных условиях значения концентраций могут быть ниже.

Как видно из представленных данных, в периоды НМУ наблюдаются превышения ПДК по диоксиду азота (в 2,5 раза) и взвешенным частицам (в 7 раз). Превышений по диоксиду серы и оксиду углерода в рассматриваемый период не зафиксировано, однако концентрации приближаются к предельно допустимым значениям.

Расчет выбросов и оценка эффективности мероприятий. Для количественной характеристики выбросов выполнена укрупненная расчетная оценка. Исходные данные: валовый объем выбросов $M_{год}$= 20 000 т/год, мощность переработки Q = 6 000 000 т/год, время работы оборудования t = 8 000 ч/год.

Удельный показатель выбросов составил: $K_{уд}$= $M_{год}/Q$=20 000/ 6 000 000 = 0.00333 т/т = 3,33 кг/т.

Средний выброс: $M_{час}$ = $M_{год}/t$=20000/8000=2,5 т/ч

Среднесекундный выброс: $M_{сек}$= 694 г/с.

В таблице 2 представлены результаты расчета эффективности предлагаемых природоохранных мероприятий (модернизация оборудования, внедрение систем газоочистки, герметизация оборудования) со суммарным эффектом снижения выбросов на 15%. Предложенные мероприятия основаны на наилучших доступных технологиях, описанных в отраслевых справочниках [1].

Таблица 2

Расчет эффективности природоохранных мероприятий

Показатель	До внедрения	После внедрения	Снижение
Валовые выбросы, т/год	20000	17000	3000
Удельные выбросы, кг/т	3,33	2,83	0,50

Таким образом, ожидаемое снижение валовых выбросов составит 3 тыс. тонн в год, что позволит уменьшить антропогенную нагрузку на прилегающие к промзоне жилые районы.

Выводы.

Проведенное исследование показало, что ПАО «УНПЗ» является значительным источником загрязнения атмосферного воздуха г. Уфы. В периоды неблагоприятных метеорологических условий фиксируются превышения ПДК по диоксиду азота и взвешенным частицам. Предложенный

комплекс природоохранных мероприятий позволит снизить валовые выбросы на 3000 т/год (15%), что улучшит качество атмосферного воздуха в жилых районах, прилегающих к промышленной зоне. Полученные результаты могут быть использованы при разработке программ производственного экологического контроля и планирования природоохранных мероприятий на предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ИТС 30–2021. Переработка нефти: информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям.

2. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. М., 2021.

3. Ежегодник состояния загрязнения атмосферного воздуха в городах на территории деятельности Башкирского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за 2023 год / Башкирское УГМС. Уфа, 2024. – URL: https://www.meteorb.ru/monitoring/monthly-review-of-environmental-pollution (дата обращения: 31.03.2026).

4. Шитскова А.П. Охрана окружающей среды в нефтеперерабатывающей промышленности / А.П. Шитскова, Ю.В. Новиков, Л.С. Гурвич, Н.В. Климкина. Москва: Химия, 1991. 176 с.

5. Першин С.Е. Влияние выбросов предприятий химии и нефтехимии на здоровье населения // Гигиена и санитария. 2003. № 6.

6. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны // Docs.cntd.ru: [сайт]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200003608 (дата обращения: 31.03.2026).

© Билалов И.А., Бондарь К.Е., 2026

УДК 574.21

Сайфиев Р.Р.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень, Российская Федерация
e-mail: sajfievrr@tyuiu.ru

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА МЕТОДОМ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ НА ПЛОЩАДКАХ РЕГИОНАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА В ЯМАЛО-НЕНЕЦКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ

Аннотация. В статье представлены результаты оценки состояния атмосферного воздуха методом лихеноиндикации на территории 11 региональных полигонов, расположенных в Ямало-Ненецком автономном округе Тюменской области. Оценка проводилась на основании анализа морфометрических показателей слоевищ лишайников, их проективного покрытия и биоразнообразия видов. По итогам работ сформулированы выводы о качестве атмосферного воздуха в границах полигонов наблюдений.
Ключевые слова: лихеноиндикация, лихеноиндекс, лишайники, таллом, слоевища, ценоз, синузии.

Sayfiev R.R.
Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Industrial University of Tyumen», IUT, Tyumen, Russia

ASSESSMENT OF ATMOSPHERIC AIR QUALITY BY LICHEN INDICATION AT REGIONAL MONITORING SITES IN THE YAMAL-NENETS AUTONOMOUS DISTRICT

Abstract. The article presents the results of assessing the state of atmospheric air using lichenoindication in 11 regional test sites located in the Yamalo-Nenets Autonomous

District of the Tyumen Region. The assessment was based on the analysis of morphometric indicators of lichen thalli, their projective cover, and species biodiversity. Based on the results of the study, conclusions were made about the quality of atmospheric air within the test sites.
Keywords: lichen indication, lichen index, lichens, thallus, fronds, coenosis, sinusiae.

Интенсивное освоение территорий Крайнего Севера в результате поиска, разработки и эксплуатации месторождений углеводородного сырья приводит к соответствующим изменениям в облике уникальных ландшафтов и природно-территориальных комплексов, характеризующихся низким потенциалом к самовосстановлению. Увеличивающиеся объемы выбросов в атмосферный воздух за счет сжигания попутного газа, работы привлекаемой техники, а также строительство перерабатывающих предприятий вносит свой вклад в обострение экологической обстановки северных регионов Российской Федерации.

С учетом этого, актуальной задачей является проведение регулярного мониторинга состояния природных компонентов, в том числе для оценки состояния атмосферного воздуха. Воздушная среда играет ведущую роль в трансграничном переносе веществ на большие расстояния за счет циркуляции и рассеивания выброшенных химических соединений в толще атмосферы.

Таким образом, мониторинг и анализ качества атмосферного воздуха для установления уровня его загрязнения приобретают особую значимость в современных реалиях существующей техногенной нагрузки. В данном контексте особенно эффективными, как наиболее надежные и доступные, зарекомендовали себя методы биоиндикации состояния окружающей среды. Проведенные исследования продемонстрировали, эффективность использования методов лихеноиндикации наряду с лабораторными методами изучения атмосферного воздуха [1, 2, 3],

Таким образом, лишайники могут быть использованы в качестве дополнительного показателя уровня воздушного загрязнения, проявляя морфологические изменения на различных стадиях своего роста и развития. Присутствие или, отсутствие определенных видов лихенофлоры на исследуемой местности также демонстрирует важную индикационную нагрузку.

Методика и объекты исследования

В качестве базовой основы для оценки состояния атмосферного воздуха была использована методика, разработанная Трасс (1984) [4] В основе метода используется оценка морфометрических показателей слоевищ лишайников (цвет, форма, наличие или отсутствие плодовых тел) в зависимости от степени загрязнения атмосферного воздуха.

В настоящее время законодательно регламентирующих документов на использование методики лихеноиндикации не существует. Для оценки состояния атмосферного воздуха методом лихеноиндикации используются практические наработки отдельных авторов: Трасс Х.Х (1984) [4], Инсарова И.Д., Инсаров Г.Э. (1989) [5].

Для оценки ориентировочного содержание сернистого газа и фторида водорода в атмосфере лихеноиндикационные исследования проводятся по следующим показателям:

– проективное покрытие лишайников;

– видовой состав и биоморфы лишайников (кустистые, листоватые и накипные);

– морфологические признаки слоевищ (окраска и форма таллома) лишайников.

Мониторинг состояния определяемых показателей на участках с различным уровнем загрязнения атмосферного воздуха включает фиксацию формы и цвета слоевищ, а также наличие подеций или плодовых тел, характеризующих репродуктивную функцию лишайников (таблица 1).

Таблица 1

Изменение морфометрических показателей лишайников от степени загрязнения атмосферного воздуха

Характеристика показателей	Уровень загрязнения атмосферного воздуха
Цвет естественный, форма таллома без признаков деформации или утолщения, подеции хорошо развиты, слоевища не ломкие, плотные	Отсутствует
Цвет естественный, форма таллома без признаков деформации или утолщения, подеции хорошо развиты, слоевища не ломкие, плотные. Отмечаются признаки снижения видового разнообразия и проективного покрытия лишайников	Слабое
Ослабление естественной окраски, появление отдельных экземпляров с признаками обесцвечивания, отмечается слабое утолщение слоевищ, подеции развиты слабо. Проективное покрытие менее 50%, присутствуют в основном накипные лишайники.	Умеренное
Естественные цвета талломов не идентифицируются, форма в виде полумесяца у листоватых лишайников, таллом утолщается, появляются признаки пылевого загрязнения, следы беловатого или серого налета. Проективное покрытие снижено до 5% и менее. Видовое разнообразие низкое, присутствуют исключительно накипные лишайники.	Сильное

Оценку загрязнения воздуха на основании результатов наблюдений за состоянием лишайников проводили по дополнительным критериям, представленным в таблице 2 [6].

Таблица 2

Оценка частоты встречаемости и степени покрытия лишайниками субстрата

Частота встречаемости		Степень покрытия		Балл
Очень редко	Менее 5 %	Очень низкая	Менее 5 %	1
Редко	5-20 %	Низкая	5-20 %	2
Редко	20-40 %	Средняя	20-40 %	3
Часто	40-60 %	Высокая	40-60 %	4
Очень часто	60-100 %	Очень высокая	60-100 %	5

Исследования за состоянием лишайников в качестве индикаторов уровня загрязнения атмосферного воздуха проводилось в границах 11 полигонов, местоположение которых определялось с учетом существующей антропогенной нагрузки на территории различных муниципальных округов Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области.

Результаты исследования и выводы

По результатам проведенных полевых и камеральных работ, а также анализа и интерпретации полученных данных установлено, что по внешним признакам лишайники на всех полигонах наблюдений характеризуются как жизнеспособные без признаков деградации и отмирания слоевища. Отмечаются хорошо развитые талломы лишайников без признаков пылевого загрязнения, усыхания, или изменения формы и толщины. На слоевищах наблюдаются хорошо развитые подеции кустистых лишайников с генеративными побегами – апотециями.

Лишайниковые синузии в напочвенном покрове характеризуются смешанным построением из видов с однотипным строением слоевища, такие как Cladonia, Cladina, Stereocaulon. На стволах и ветвях деревьев встречаются, как правило, разрозненные синузии одиночных листоватых и эпифитных лишайников из рода Usnea, Evernia, Hypogimnia, Parmelia.

Проективное покрытие лишайников определяется характером сложения растительного ценоза исследуемой территории и варьирует в пределах 10-70%. Наименьшее видовое разнообразие отмечено в сообществах с хорошо развитым и сомкнутым травяным покровом, наибольшее разнообразие приходится на полигоны с открытыми пространствами торфяников и тундровых экосистем.

Видовой состав лишайников исследованных полигонов достаточно разнообразен и включает представителей 24 вида из 10 родов. Наибольшим видовым разнообразием отличается род Cladonia, включающий 8 видов лишайников, менее распространены представители рода Cetraria (6 видов), наиболее редко отмечены представители рода Parmeliopsis, Hypogymnia, Evernia, Dactylina, Parmelia, Usnea (по одному – двум видам). По строению слоевища наибольшее распространение получили листоватые и кустистые лишайники, по характеру произрастания преобладают виды, поселяющиеся на стволах и ветвях деревьев среди которых распространены представители родов Hypogimnia, Evernia и Usnea.

На основании выполненных наблюдений в 2025 г. можно заключить, что степень загрязнения атмосферного воздуха на территории региональных полигонов характеризуется как низкая, экологические угрозы не выявлены. Преимущество в развитии получают эпифитные и листоватые лишайники, произрастающие на стволах и ветвях деревьев. По внешним признакам талломы лишайников характеризуются как полноценно сформированные без признаков деформации, усыхания или отмирания слоевища. На талломах отмечаются хорошо развитые апотеции, что свидетельствует о прохождении полного цикла развития лишайников в благоприятных условиях окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блюм О.Б. Влияние газообразных загрязнителей на лишайники // Международная школа по лихеноиндикации. Таллин:, 1984. С. 35-51.
2. Бязров Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге. М.: Научный мир, 2002. 336 с.
3. Мелехова О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений - 2-е издание испр. / О.П. Мелехова, Е.И. Сарапульцева, Т.И. Евсеева. М.: Издательский центр «Академия», 2008. С. 146-153.
4. Трасс Х.Х. - Классы полеотолерантности лишайников и экологический мониторинг // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеоиздат, 1984. т.7.
5. Инсарова И.Д., Инсаров Г.Э. Сравнительные оценки чувствительности эпифитных лишайников различных видов к загрязнению воздуха // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л., 1989. Т. 12. С. 113-175.
6. Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие / под ред. Т. Я. Ашихминой. М.: Академический проект, 2006. 416 с.

© Сайфиев Р.Р., 2026

УДК 504.054

Ахияров И.И., Насырова Э.С.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: ElinaSagitovna@yandex.ru

АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ НЕФТЕПРОДУКТАМИ В 2022-2024 ГГ.

Аннотация. В работе выполнен анализ состояния загрязнения почв нефтепродуктами. Установлено, что уровень загрязнения нефтепродуктами на городских территориях более чем в два раза выше, чем на промышленных площадках, а основная доля нефтепродуктов аккумулируется в верхнем горизонте (0-5 см). На основе обзора современных отечественных исследований установлено, что характер загрязнения существенно зависит от почвенно-климатических условий, а процессы естественного восстановления в криолитозоне и холодном климате крайне замедлены.
Ключевые слова: поллютант, нефтепродукт, загрязнение почвы, восстановление, криолитзона.

Akhiyarov I.I., Nasyrova E.S.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

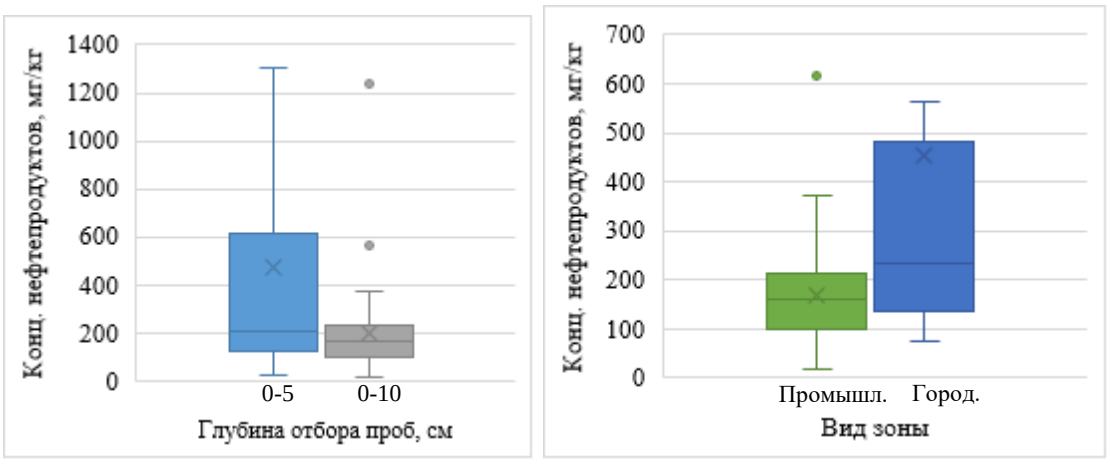
ANALYSIS OF SOIL POLLUTION BY PETROLEUM PRODUCTS IN 2022-2024 YEARS

Abstract. The paper analyzes the state of soil pollution by petroleum products. It has been established that the level of oil pollution in urban areas is more than twice as high as on industrial sites, and the bulk of oil products accumulates in the upper horizon (0-5 cm). Based on a review of modern research, it has been established that the nature of pollution significantly depends on soil and climatic conditions, and the processes of natural recovery in the cryolithozone and cold climate are extremely slow.

Keywords: pollutants, petroleum products, soil pollution, restoration, cryolith zone

Нефтяное загрязнение является одним из наиболее агрессивных факторов антропогенного воздействия, которое приводит к критическим изменениям физико-химических и биологических свойств почв. В регионах с развитой промышленностью и в зонах добычи углеводородов выявлена аккумуляция нефтепродуктов в верхних слоях грунтов, что вызывает нарушения в функционировании микроорганизмов и деградацию плодородия [1]. В связи с этим изучение состояния и мониторинг миграции углеводородов, а также разработка мероприятий по эффективной рекультивации нарушенных почв приобретают приоритетное значение в контексте обеспечения экологической безопасности.

Для исследования проанализированы данные из ежегодника «Загрязнение почв Российской Федерации токсикантами промышленного происхождения» за 2022-2024 годы, а именно концентрация нефтепродуктов в почвах на глубинах 0-5 см и 0-10 см. Анализ охватывает результаты наблюдений по различным территориям Российской Федерации: городские округа (Самара, Новокуйбышевск, Тольятти, Казань, Нижнекамск, Набережные Челны, Кемерово, Новосибирск, Томск, Иркутск и др.) и промышленные зоны. Результаты графической обработки данных представлены на рис. 1.



а) б)

Рис. 1. Концентрация нефтепродуктов: а) по глубине отбора проб; б) по видам зон

Согласно рис. 1б, сравнение уровня загрязнения нефтепродуктами промышленной зоны и городской территории демонстрирует, что уровень загрязнения в городских почвах значительно выше, чем на промышленных площадках. Медиана концентраций нефтепродуктов в городской почве более чем в два раза превышает показатель промышленной зоны, а разброс значений и максимальные концентрации также существенно выше в городской зоне.

При сравнении разных глубин отбора проб (рис.1а) видно, что основной объём нефтепродуктов сконцентрирован в верхнем слое 0-5 см. На данной глубине медиана и среднее значение концентрации нефтепродуктов заметно выше, а также разброс значений гораздо шире, чем на глубине 10 см. Можно предположить о поверхностном характере загрязнения, нефтепродукты задерживаются в верхнем слое почвы и медленно мигрируют вглубь. На глубине 10 см значения концентрации нефтепродуктов становятся более стабильными и однородными, что подтверждает необходимость контроля именно верхнего горизонта почвы при экологическом мониторинге.

Анализ современных отечественных исследований свидетельствует о том, что проблема загрязнения почв нефтепродуктами сохраняет высокую актуальность для различных регионов России, при этом характер и масштабы загрязнения существенно различаются в зависимости от почвенно-климатических условий, типа производственного объекта и времени, прошедшего с момента загрязнения.

В статье [2] авторы приводят результаты наблюдений за нефтяным загрязнением в районе аварии на нефтепроводе «Талакан-Витим» в Якутии. Отмечено, что спустя 10 лет после аварии содержание нефтепродуктов в почве составляет 46 г/кг, при условии, что фоновая концентрация составляет менее 1 г/кг. В условиях вечной мерзлоты природа восстанавливается очень медленно – местные микроорганизмы нефтедеструкторы начали действовать только через три года после разлива. Стоит отметить, что нефть продолжает мигрировать в

почве годами. Весной, когда грунты оттаивают, остатки углеводородов поднимаются вверх, и загрязнение как бы подпитывается само себя. К тому же со временем нефть превращается в вязкую смолисто-асфальтеновую массу, которую микроорганизмы не перерабатывают.

В другой работе [3] авторы сравнивали три промышленные площадки, которые находятся в разных климатических условиях: тундре, тайге и в лесостепи. Отмечено, что везде почвы содержат высокие концентрации нефтепродуктов, превышение допустимых значений местами достигает 350 раз, а самая тяжелая картина сложилась в тундре, где концентрации доходили до 31000 мг/кг. Исследователи предположили, что в холодном и сыром климате нефть ведет себя иначе, она смешивается с водой, образуя стойкие эмульсии, которые надолго задерживаются в почве. В более теплых условиях легкие фракции частично испаряются. Авторы считают, что нужно пересмотреть подход к нормированию, ввести единый порог, выше которого очистка должна быть обязательной, независимо от того, где находится объект.

Авторы статьи [4] провели исследование почвы на территории нефтебазы «Стальной Конь» после того, как там провели рекультивацию. Результаты отбора проб показали, что в почве присутствуют высокие концентрации нефтепродуктов от 162 до 1860 мг/кг. Для объекта хранения нефтепродуктов данный результат демонстрирует, что рекультивационные работы позволили достичь показателей ниже, чем установленные нормативы в 2000 мг/кг.

В работе [5] авторами выполнена оценка состояния почв в зоне влияния нефтегазодобывающего предприятия путем отбора проб на участках с различной степенью техногенной нагрузки, включая загрязнённые и условно фоновые территории, для сравнительного анализа. В отобранных образцах определялось содержание нефтепродуктов, а также оценивались физико-химические и биологические показатели почв. Установлено, что в зоне с наличием воздействия предприятия наблюдается значительное превышение концентраций

нефтепродуктов, кроме того выявлены изменения структуры почвы и снижение её биологической активности.

Таким образом, в работе установлено, что максимальные концентрации нефтепродуктов в почвах Российской Федерации наблюдаются на городских территориях, медиана выше более чем в два раза по сравнению с промышленными зонами, однако для обоснования этого факта необходимо детальное изучение мест отбора проб. Выявлено, что загрязнения носят поверхностный характер, основной объем нефтепродуктов задерживается в слое 0-5 см, где отмечаются наибольшие значения и максимальный разброс концентраций. На глубине 10 см показатели становятся более стабильными и однородными, что подтверждает слабую миграционную способность углеводородов по профилю в условиях большинства исследованных территорий. На основе анализа литературных данных установлено, что наиболее сложная ситуация наблюдается в зонах с холодным и влажным климатом (тундра, районы вечной мерзлоты), здесь образуются стойкие эмульсии, а активность микроорганизмов-деструкторов является недостаточной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кальсин Н.А. Мероприятия по ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов / Н.А. Кальсин, Э.С. Насырова // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации: материалы IX международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Москва, 19-20 марта 2024 года. Москва: Академия Государственной противопожарной службы, 2024. С. 95-97.

2. Атаханова С.А. Биоремедиация почв от нефти и нефтепродуктов при низких температурах // Золотухинские чтения. Нефть, газ и энергетика в арктическом регионе: материалы III Международной научно-практической конференции, Архангельск, 16-18 апреля 2025 года. Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова , 2025. С. 133-136.

3. Утомбаева А.А, Петров А.М., Зайнулгабидинов Э.Р., Вершинин А.А. Влияние длительности подготовительного этапа на токсикологические характеристики и эффективность биологической рекультивации нефтезагрязненной почвы с использованием осадка сточных вод // Пищевые технологии и биотехнологии: материалы XIX Всероссийской конференции молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием, Казань, 21–25 апреля 2025 года. Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2025. С. 771-776.

4. Гаршин М.В., Храмцова Л.А., Сулейманов Р.Р. Биотестирование нефтезагрязненных почв после ремедиации природным сорбентом – хитозаном // Живые и биокосные системы. 2025. № 52.

5. Султанова М.И., Шмелев Н.А., Исламова А.А. Оценка воздействия нефтегазодобывающего предприятия на экологическое состояние почв близлежащей территории // Самарский научный вестник. 2017. Т. 6, № 4(21). С. 76-79.

© Ахияров И.И., Насырова Э.С., 2026

УДК 504.5.054

Слобожанина Е.А.
Курганский государственный университет, г. Курган, Российская Федерация
e-mail: s.elena-45@mail.ru

МОНИТОРИНГ ТЕХНОГЕННЫХ ЧАСТИЦ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ СЕЛИТЕБНОЙ ТЕРРИТОРИИ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА КУРГАН)

Аннотация. В статье представлены результаты мониторинга техногенных частиц, накапливающихся в поверхностных отложениях дворовой территории г. Курган - одного из ключевых объектов экологического мониторинга городской

среды. Методом сухого рассева установлено, что доминирующей гранулометрической фракцией являются частицы <0,25 мм (46 % от массы). С помощью бинокулярного микроскопа и магнитной сепарации во фракции 0,25-1 мм идентифицировано 18 морфологических типов частиц антропогенного происхождения. Наибольшую долю составляют металлические сферулы (19,7 %), силикатные сферулы (14,8 %) и сферулы в составе шлака (12,2 %). Статистически значимых различий между точками отбора не выявлено. Преобладающими источниками техногенного материала являются строительные материалы и металлургическое производство. Предложен цифровой каталог частиц для использования в мониторинговых исследованиях.

Ключевые слова: мониторинг окружающей среды, техногенные частицы, поверхностные отложения, сферулы, гранулометрический состав, город Курган, пылегрязевые осадки.

Slobozhanina E.A.

Kurgan State University, Kurgan, Russian Federation

MONITORING OF TECHNOGENIC PARTICLES IN SURFACE DEPOSITS OF A RESIDENTIAL AREA (CASE STUDY OF KURGAN)

Abstract. The article presents the results of monitoring technogenic particles accumulating in surface deposits of a yard area in Kurgan - one of the key objects of urban environmental monitoring. Dry sieving showed that the dominant granulometric fraction is particles <0.25 mm (46 % by weight). Using a binocular microscope and magnetic separation, 18 morphological types of anthropogenic particles were identified in the 0.25-1 mm fraction. Metallic spherules (19.7 %), silicate spherules (14.8 %), and spherules within slag (12.2 %) account for the largest share. No statistically significant differences between sampling points were found. The predominant sources of

technogenic material are construction materials and metallurgical production. A digital catalog of particles is proposed for use in monitoring studies.

Keywords: environmental monitoring, technogenic particles, surface deposits, spherules, granulometric composition, Kurgan city, dust-and-dirt sediments.

Мониторинг качества объектов окружающей среды на урбанизированных территориях требует использования информативных и доступных индикаторов антропогенного воздействия. Одним из таких индикаторов являются современные поверхностные отложения - дорожная пыль, осадки в понижениях микрорельефа, придорожные грязевые скопления. Эти субстраты аккумулируют широкий спектр техногенных частиц, образующихся при износе транспортных средств, строительных материалов, асфальтового покрытия, а также при выбросах промышленных предприятий и объектов теплоэнергетики [1, 2].

Техногенные частицы, особенно мелкие (менее 100 мкм), представляют опасность для здоровья населения, так как могут длительное время находиться во взвешенном состоянии, проникать в дыхательные пути и накапливаться в почвах и водных объектах. Морфологический анализ таких частиц (форма, структура поверхности, цвет, блеск, магнитные свойства) позволяет не только количественно оценить уровень загрязнения, но и идентифицировать их источники, что является важной задачей экологического мониторинга [3, 4].

Цель работы – в рамках мониторинга качества окружающей среды оценить количество техногенного материала в пробах поверхностного осадка, отобранных в разных функциональных зонах дворовой территории г. Курган, классифицировать частицы по морфологическим признакам и определить вероятные источники поступления.

Задачи: определить гранулометрический состав техногенных частиц, провести анализ пылегрязевой фракции техногенного происхождения с выделением морфотипов, выявить преобладающие источники поступления,

создать цифровой каталог идентифицированных частиц для использования в мониторинговых исследованиях.

Методика исследований. Районом исследования выбрана селитебная зона города Курган. Отбор проб современных депонированных поверхностных отложений проведён в тёплое время года на трёх участках, различающихся по антропогенной нагрузке: проба №1 – парковка автомобилей внутри двора; проба №2 – парковка автомобилей снаружи двора у проезжей части; проба №3 – детская площадка. Координаты точек отбора фиксировались с помощью программы Google Earth.

Пробоподготовка включала удаление крупных корней, обломков горных пород и посторонних включений (стекло, пластмасса, крупный мусор). Из каждой пробы отбирали представительную навеску массой 50 г для гранулометрического анализа методом сухого ситования. Использовался набор сит с диаметром ячеек 1 мм и 0,25 мм, что позволило выделить три фракции: <0,25 мм, 0,25-1 мм и >1 мм. Каждую фракцию взвешивали с точностью до 0,1 г, рассчитывали массовую долю (%). Для оценки достоверности различий между пробами применяли t-критерий Стьюдента для независимых выборок (уровень значимости 0,05).

Для микроскопического анализа использовали фракцию 0,25-1 мм, поскольку именно в этом интервале размеров наиболее представительно встречаются техногенные частицы различного генезиса. Навеску массой 15 г разделяли с помощью ручного магнита «РМЧ» на магнитную и немагнитную составляющие (магнитная сепарация). Из каждой фракции методом «дорожки» отбирали среднюю пробу объёмом 1000 зёрен. Подготовленные зёрна выкладывали деревянной палочкой на предметное стекло в 5-6 параллельных дорожек длиной около 60 мм и шириной в три зерна. Изучение проводили под стереоскопическим микроскопом «БиОптик» BS-200 с цифровой камерой SCMOS00350KPA.

Диагностику частиц осуществляли по следующим морфологическим признакам: форма (шарообразная, уплощённая, вытянутая, неправильная); структура и текстура поверхности (гладкая, зернистая, пористая, корродированная); цвет; блеск (стеклянный, металлический, жирный, матовый); тип излома (раковистый, неровный, занозистый); степень окатанности (от резкоугловатой до хорошей). На основе этих признаков каждую частицу относили к природному или техногенному генезису. Для техногенных частиц использовали классификацию, включающую 18 типов, описанных в работах Института промышленной экологии УрО РАН [2, 3]. Подсчитывали количество зёрен каждого типа в выборке из 1000 штук и вычисляли процентное содержание.

Результаты и их обсуждение. Гранулометрический состав. Результаты сухого ситования для четырёх параллельных навесок (по 50 г) и средние значения представлены в таблице 1. Доля фракции <0,25 мм варьировала от 21 до 24 г, в среднем составив 23 г (46 %). Фракция 0,25-1 мм - в среднем 12 г (24 %). Фракция >1 мм - в среднем 15 г (30 %). Таким образом, наиболее распространёнными являются мелкие пылеватые частицы (<0,25 мм), что характерно для городских отложений в условиях многократного переотложения и истирания более крупного материала. В таблице 1 представлено распределение фракций в процентах.

Таблица 1

Гранулометрический состав поверхностных отложений (метод сухого ситования)

Фракция, мм	Проба, г					Доля, %
	1	2	3	4	Среднее	
<0,25	24	23	21	24	23	46
0,25-1	11	13	12	12	12	24
>1	15	14	17	14	15	30
Итого	50	50	50	50	50	100

Применение t-критерия Стьюдента для попарного сравнения проб по содержанию фракции <0,25 мм показало, что расчётные значения t (от 0,45 до 1,23) меньше критического, следовательно, различия между пробами

статистически не значимы. Это указывает на однородность гранулометрического состава в пределах исследованной дворовой территории.

При микроскопическом исследовании 1000 зёрен фракции 0,25-1 мм было идентифицировано 18 типов частиц техногенного происхождения. Их количественное распределение приведено в таблице 2. Доминирующий тип - металлические сферулы (19,7 %). Это шарообразные частицы с гладкой или корродированной поверхностью, серо-стального или чёрного цвета, нередко с бурыми оксидными пятнами, обладающие металлическим блеском и раковистым изломом. Второе место занимают силикатные сферулы (14,8 %) - прозрачные или полупрозрачные стекловатые шарики белого, коричневого или чёрного цвета. Третий наиболее представительный тип - сферулы в составе сцементированного шлакового вещества (12,2 %). Высокие доли также отмечены для битума (10,6 %) и сфероидальных агрегатов (10,2 %). Литоидный (камневидный) шлак составил 9,6 %, гранулированный стекловидный шлак – 7,4 %, стекло – 6,8 %, металловидный шлак - 6,0 %. Остальные типы (руда, кирпич, штукатурка, металлическая стружка, фольга, краска, полимеры, частицы автомобильных шин, уголь) встречались значительно реже – от 2,7 % до 0,5 % каждый, в сумме составляя около 10,2 %.

Таблица 2

Количество и доля техногенных частиц во фракции 0,25-1 мм

№	Тип техногенных частиц	Количество, шт.	Доля, %
1	Металлические сферулы	197	19,7
2	Силикатные сферулы	148	14,8
3	Сферулы в составе шлака	122	12,2
4	Битум	106	10,6
5	Сфероидальные агрегаты	102	10,2
6	Литоидный шлак	96	9,6
7	Гранулированный стекловидный шлак	74	7,4
8	Стекло	68	6,8
9	Шлак металловидный	60	6,0
10	Руда	27	2,7
11	Прочие (кирпич, штукатурка, стружка, фольга, краска, полимер, частицы шин, уголь)	22	2,2

Полученные результаты хорошо согласуются с данными для малых и средних городов Свердловской области, где доля металлических сферул в аналогичных фракциях варьирует от 15 до 25 %, а силикатных - от 12 до 18 % [3]. Преобладание сферул свидетельствует о поступлении материала из высокотемпературных процессов - металлургического производства, сжигания угля на ТЭЦ, а также из строительных материалов, образующихся при плавке силикатного сырья.

Сопоставление выявленных морфотипов с предполагаемыми источниками (по классификации [2, 4]) позволяет сделать вывод, что основной вклад в загрязнение исследованной дворовой территории вносят процессы. Металлургия и высокотемпературные процессы (металлические и силикатные сферулы, сферулы в составе шлака, металловидный шлак, рудные зёрна). Эти частицы образуются при конденсации паров металлов и силикатов в дымовых газах, а также при шлакообразовании. Даже при отсутствии крупных металлургических заводов в непосредственной близости от места отбора, такие частицы могут переноситься на значительные расстояния атмосферными потоками. Строительные материалы (битум, литоидный шлак, гранулированный шлак, кирпич, штукатурка, стекло, краска). Источниками служат износ асфальтового покрытия, строительные и ремонтные работы, разрушение фасадов зданий. Автотранспорт (частицы автомобильных шин, металлическая стружка, фольга) – вклад этой группы относительно невелик (суммарно менее 5 %), что объясняется расположением точек отбора преимущественно внутри дворовой территории, вдали от оживлённых магистралей. Бытовые отходы (полимеры, уголь) – минимальное присутствие.

Таким образом, несмотря на отсутствие в г. Курган крупных металлургических гигантов, техногенные частицы, характерные для металлургии, присутствуют в заметных количествах, что может быть связано как

с дальним переносом, так и с локальными источниками (например, сварочные работы, сжигание отходов, котельные).

В ходе работы создан цифровой каталог техногенных частиц, включающий микрофотографии каждого из 18 типов, сделанные с помощью цифровой камеры микроскопа. Каталог может быть использован в качестве справочного материала для идентификации техногенных частиц при проведении экологического мониторинга городских территорий.

Таким образом, по результатам мониторингового исследования можно сделать следующие заключения:

1. В поверхностных отложениях селитебной зоны г. Курган преобладает тонкодисперсная фракция <0,25 мм, составляющая 46 % от общей массы. Гранулометрический состав однороден в пределах исследованной территории (статистически значимых различий между пробами не выявлено).
2. Среди техногенных частиц фракции 0,25-1 мм доминируют металлические сферулы (19,7 %), силикатные сферулы (14,8 %) и сферулы в составе шлака (12,2 %), что указывает на ведущую роль высокотемпературных процессов в формировании техногенного потока.
3. Основными источниками поступления техногенного материала являются металлургическое производство (включая дальний перенос) и строительные материалы; вклад автотранспорта и бытовых отходов незначителен.
4. Созданный цифровой каталог техногенных частиц может служить основой для стандартизированного визуального анализа при экологическом мониторинге городских отложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Селезнев А.А. Оценка запасов современных пылегрязевых отложений на урбанизированной территории (на примере г. Екатеринбурга) / А.А. Селезнев,

И.В. Ярмошенко, Г.П. Малиновский [и др.] // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2018. № 3 (23). С. 74-85.

2. Селезнев А.А. Гранулометрический и минеральный состав современных поверхностных депонированных отложений на селитебной территории города / А.А. Селезнев, И.В. Ярмошенко, Г.П. Малиновский // Гетерогенность в осадочных системах: материалы 14 Уральского литологического совещания. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2024. С. 251.

3. Душевина Е.С. Типы техногенных частиц и их количество в современных поверхностных отложениях в малых и средних городах Свердловской области / Е.С. Душевина, А.А. Селезнев, А.В. Шевченко [и др.] // Экология родного края: проблемы и пути их решения: материалы II Международной научно-практической конференции. Киров: ВятГУ, 2025. С. 92-96.

4. Шахова Л.Д. Техногенные продукты в производстве сухих строительных смесей / Л.Д. Шахова, В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк. Белгород : БГТУ им. В.Г. Шухова, 2011. 196 с.

5. Илгашева Е.О. Техногенные микросферы в поверхностном осадке урбанизированных территорий // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2022. Т. 333. № 3. С. 57-67.

© Слобожанина Е.А., 2026

УДК 504.054:504.064

Кириллова К.А., Елизарьева Е.Н.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: kirillovaksenia620@gmail.com

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОДУКТОВ РАЗЛОЖЕНИЯ ТРАДИЦИОННЫХ ЗАХОРОНЕНИЙ НА КАЧЕСТВО ПОЧВ И ГРУНТОВЫХ ВОД

Аннотация. В статье рассмотрены механизмы образования и миграции продуктов разложения органических тканей и сопутствующих материалов на территории традиционных захоронений. Проанализирован состав основных загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду при функционировании кладбищ, включая биогенные элементы. Выявлены закономерности накопления загрязняющих веществ в почвенном профиле и подземных водах.
Ключевые слова: традиционные захоронения, продукты разложения, почва, грунтовые воды, патогенная микрофлора.

Kirillova K.A., Elizarieva E.N.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

EVALUATION OF THE IMPACT OF DECOMPOSITION PRODUCTS OF TRADITIONAL BURIALS ON THE QUALITY OF SOILS AND GROUNWATER

Abstract. The article discusses the mechanisms of formation and migration of decomposition products of organic tissues and associated materials in the territory of traditional burial sites. The composition of the main pollutants entering the

environment during the functioning of cemeteries, including biogenic elements, has been analyzed. The patterns of accumulation of pollutants in the soil profile and groundwater have been identified.

Keywords: traditional burial, decomposition products, soil, groundwater, pathogenic microflora.

Проблема экологической безопасности территорий, занятых кладбищами, длительное время остается на периферии природоохранных исследований, несмотря на ее высокую социальную и эпидемиологическую значимость. В Российской Федерации, как и во многих других странах, традиционное захоронение остается доминирующим способ погребения. При этом проектирования и размещение кладбищ часто осуществляется без учета гидрогеологических особенностей территории, а мониторинг качества почв и подземных вод либо проводится формально, либо отсутствует вовсе.

Процесс разложения органических останков сопровождается образованием сложного по составу фильтрата – так называемый «трупной жидкости». Это высококонцентрированный органический раствор, содержащий продукты белков, жиров, углеводов, а также широкий спектр неорганических соединений, способен проникать в почвенную толщу и достигать грунтовых вод. К этому добавляются вещества, поступающие от материалов, используемых при захоронении. Древесина и древесно-стружечные плиты, из которых изготавливаются гробы, при разложении выделяют фенолы, формальдегид и тд. Металлические элементы (ручки, крепеж, венки) становятся источником тяжелых металлов. Дополнительную нагрузку создает практика бальзамирования: формальдегид и другие консерванты, вводимые в ткани, обладают высокой токсичностью и устойчивостью к биодеградации, сохраняясь в почвенной среде годами [1].

Масштабы негативного воздействия определяются не только составом и количеством поступающих веществ, но и условиями их миграции. Ключевое значение имеют два фактора: гидрогеологические особенности территории и тип организации захоронения. При высоком стоянии грунтовых вод и наличии фильтрующих пород (пески, гравий) загрязнители быстро достигают водоносного горизонта и формируют устойчивые шлейфы загрязнения, распространяющиеся на сотни метров от места захоронения. Наличие мощных глинистых отложений или сорбционно-активных почв может существенно замедлить миграцию и снизить экологические риски. Что касается организации захоронения, глубины могилы и наличие защитных барьеров влияют на скорость и объем поступления фильтрата в окружающий грунт. В таблице 1 показаны основные продукты разложения на территориях захоронения.

Таблица 1

Основные продукты разложения на территориях захоронения

Продукт разложения (загрязнитель)	Основной источник поступления	Характерная концентрация в зоне влияния
Аммонийный азот	Разложение белков тканей	Значительное превышение фоновых значений
Нитраты	Окисление аммония в зоне аэрации	Устойчивое превышение, высокая подвижность
Фосфаты	Разложение костной ткани и мягкой тканей	Умеренное превышение
Свинец	Металлические элементы гробов	Накопление в верхних горизонтах почвы
Хром	Металлические сплавы, обработка древесины	Локальное превышение вблизи источников
Формальдегид	Бальзамирование	Фиксируется в первые годы после захоронения
Патогенные микроорганизмы	Разложение тканей	Высокая обсемененность вблизи захоронений

Представленные в таблице сведения позволяют выявить несколько важных закономерностей в характере загрязнения от традиционных захоронений. Наиболее значительное превышение фоновых концентрация, формируется для

аммонийного азота, что объясняется его прямым поступлением и разлагающихся белков на ранних стадиях. По мере удаления от источника и поступления кислорода в зоне аэрации происходит окисление аммония до нитратов, которые становятся доминирующей формой азотного загрязнения на расстоянии от захоронений. Именно нитраты представляют наибольшую опасность для питьевого водоснабжения, поскольку они обладают высокой подвижностью и слабо сорбируются почвенными горизонтами. Тяжелые металлы (свинец, хром) демонстрируют накопление в верхних слоях почвы, их опасность связана с кумулятивным эффектом – они могут сохраняться десятилетиями, постепенно мигрирую в нижележащие горизонты и при определенных условиях достигая грунтовых вод. Формальдегид, хотя и не всегда фиксируется в высоких концентрациях, оказывает выраженное токсичное действие на почвенную биоту, подавляя процессы естественного самоочищения. Патогенные микроорганизмы создают эпидемиологическую опасность вблизи захоронений, что требует строгого соблюдения санитарно-защитных норм. Таким образом, анализ таблицы показывает, что воздействие традиционных захоронений носит комплексный характер, в почвах и водах одновременно присутствуют биогенные элементы, тяжелые металлы, токсичные органические соединения и патогенная микрофлора, что делает невозможным использование упрощенных подходов к оценке экологического состояния таких территорий [2].

Интенсивность образования продуктов разложения, представленных в таблице 1, а также качественный и количественный состав существенно зависит от совокупности внешних факторов, которые необходимо учитывать при прогнозировании экологических последствий функционирования кладбищ. К числу таких факторов относятся температурно-влажностные условия, тип почвы, глубина захоронения, а также время, прошедшее после погребения.

Температура окружающей среды определяющую роль в скорости биохимических реакций. В летний период, при положительных температурах,

процессы разложения протекают в несколько раз быстрее, чем в холодное время. При отрицательных температурах разложение практически приостанавливается, а после оттаивания почвы активность микроорганизмов резко возрастает, что приводит к выбросу накопленных продуктов разложения.

Тип почвы определяет как скорость разложения, так и миграционную способность образующихся загрязнителей. В легких песчаных и супесчаных грунтах, характеризующихся высокой водопроницаемость и низкой сорбционной емкостью, продукты разложения быстро вымываются в нижележащие горизонты, что снижает концентрацию в зоне захоронения, но увеличивает риск загрязнения подземных вод. В тяжелых глинистых почвах, обладающих высокой сорбционной способностью, загрязнители задерживаются в верхних слоях, накапливаясь вблизи источника, что создает долговременную угрозу для почвенной биоты и растений, но снижает скорость их поступления в грунтовые воды [3].

Глубина захоронения также существенно влияет на характер разложения. При неглубоком (до 1 метра) доступ кислорода к разлагающимся тканей облегчен, что способствует аэробным процессам и более быстрому окислению органических соединений. Однако такие захоронения создают повышенную эпидемиологическую опасность для поверхностных слое почвы и могут представлять угрозу для животных и человека при проведении земляных работ. При глубоких захоронениях (более 2 метра) доступ кислорода ограничено, что замедляет разложение и способствует накоплению аммония и органических кислот, которые затем могут длительно поступать в грунтовые воды.

Наиболее интенсивное выделение загрязняющих веществ происходит в первые 5-10 лет после захоронения, когда активно протекают процессы разложения мягких тканей. В последующий период, по мере минерализации органического вещества, интенсивность поступления фильтрата снижается, однако отдельные компоненты (тяжелые металлы, формальдегид, некоторые

устойчивые органические соединения) могут продолжаться в течение десятилетий [4].

Таким образом, состав и динамика поступления продуктов разложения в окружающую среду определяется сложным взаимодействием природных и антропогенных факторов. Учет этих факторов необходим как при выборе участков под новые кладбища, так и при разработке мероприятий по снижению негативного воздействия действующих объектов.

Организация системы наблюдения за состоянием окружающей среды на территориях, прилегающих к объектам захоронения, является обязательным условием обеспечения экологической безопасности. Такой подход позволяет своевременно обнаруживать участки, где концентрация загрязняющих веществ начинают превышать допустимые уровни, и принимать меры, до того, как произойдет необратимые ухудшение качества подземных вод или почвенного покрова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галицкая И.В., Позднякова И.А., Батрак Г.И., Костикова И.А. Оценка влияния кладбища на загрязнение подземных вод и других компонентов природной среды // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2014. №6. С. 495-506.

2. Зекцер И.С. Подземные воды как компонент окружающей среды. // Научный мир. М., 2001. 328 с.

3. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещения, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и

проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий». М., 2021.

4. Тараканов Д.А. Систематический обзор проблемы загрязнения почвы тяжелыми металлами в природно-технических системах // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2025. Т. 21, №3. С. 120-127.

© Кириллова К.А., Елизарьева Е.Н., 2026

УДК 504.064

Кулакова Е.С.,[1] Сафаров А.М.[2]

[1]Институт химических технологий и инжиниринга Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Стерлитамаке, г. Стерлитамак, Российская Федерация

[2]Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация

e-mail: kulakova87@list.ru

СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО РАЗНОВЫСОТНОГО МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ЖИЛЫХ КВАРТАЛОВ ГОРОДА

Аннотация. В работе разработан подход к мониторингу атмосферного воздуха в города с высокой антропогенной нагрузкой. Актуальность исследования обусловлена тем, что хозяйственная деятельность оказывает комплексное воздействие на все компоненты окружающей среды, при этом загрязняющие вещества способны мигрировать из одной среды в другую, формируя вторичные очаги загрязнения. Детально описаны алгоритм сбора и аналитической обработки данных, включая методы идентификации источников загрязнения через корреляционный анализ и определение маркерных веществ. Ключевым результатом работы является разработка показателя экологической емкости

атмосферного воздуха. Представлена шкала для оценки данного показателя, что позволяет количественно оценивать запас прочности экосистемы. Реализация предложенной системы позволяет осуществлять прогнозную оценку экологической обстановки, оперативно формировать управляющие воздействия для корректировки выбросов.

Ключевые слова: атмосферный воздух, мониторинг, разновысотный пробоотбор, экологическая емкость, управление, контроль

Kulakova E.S.,[1] Safarov A.M [2]

[1]Institute of Chemical Technologies and Engineering of Ufa State Petroleum Technical University in Sterlitamak, Sterlitamak, Russian Federation

[2]Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russian Federation

THE SYSTEM OF OPERATIONAL MULTI-ALTITUDE MONITORING OF ATMOSPHERIC AIR IN RESIDENTIAL AREAS OF THE CITY

Abstract. The paper develops an approach to monitoring atmospheric air in cities with high anthropogenic load. The relevance of the study is due to the fact that economic activity has a complex effect on all components of the environment, while pollutants are able to migrate from one environment to another, forming secondary foci of pollution. The algorithm of data collection and analytical processing is described in detail, including methods for identifying pollution sources through correlation analysis and identification of marker substances. The key result of the work is the development of an indicator of the environmental capacity of atmospheric air. A scale for evaluating this indicator is presented, which makes it possible to quantify the safety margin of an ecosystem. The implementation of the proposed system makes it possible to carry out a predictive assessment of the environmental situation, and promptly form control actions to adjust emissions.

Keywords: Atmospheric air, monitoring, multi-altitude sampling, environmental capacity, management, control

Мониторинг качества атмосферного воздуха в городах должен регламентироваться нормативно-правовыми документами государственного и производственного экологического контроля (приказ Минприроды РФ от 18.02.2022 г. № 109 [1], ст. 67 ФЗ от 10.01.2002 N 7-ФЗ [2], Постановление Правительства Российской Федерации от 06.06.2013 № 477 [3], ГОСТ Р 56062-2014 Производственный экологический контроль).

Они являются основой для составления планов государственного и производственного экологического контроля. Кроме того, распоряжения органов надзора также опираются на законодательные акты министерств и ведомств.

Для оценки качества атмосферного воздуха на целевой территории разработан подход, диаграмма функциональной модели которого представлена на рис. 1. Механизмами реализации обеспечения населения воздухом требуемого качества являются АСКАВ в городском массиве и на источниках выбросов.

Входными информационными потоками системы являются данные, получаемые в режиме реального времени с АСКАВ селитебной зоны и с источников производственного выброса. В системах мониторинга осуществляется измерение и регистрация концентрации ЗВ, утвержденных экологическими программами, а также метеорологические параметры.

Выходными потоками являются прогнозные значения концентрации ЗВ в жилых кварталах, целевые значения параметров газовых выбросов, текущая метеорологическая ситуация, экологическая емкость атмосферного воздуха. Они являются средствами, на основе которых возможно формирование распоряжений органов надзора за исполнение законов всех уровней власти.

Рис. 1. Диаграмма функциональной модели качества атмосферного воздуха селитебных территорий

Алгоритм движения потоков информации следующий:

1) Сбор данных концентрации основных и специфических ЗВ, метеорологических параметров со всех постов АСКАВ селитебных территорий. Формирование массивов стратификации содержания ЗВ по высоте за счет использования системы разновысотного пробоотбора [4,5].

2) Сбор данных концентрации ЗВ и массового расхода выброса промышленных предприятий. Формирование массива временных данных. В случае отсутствия технических решений по оперативному измерению и регистрации массового расхода на источнике, проводится его вычисление на основе данных концентрации ЗВ за границей санитарно-защитной зоны.

3) Сбор метеорологических данных (атмосферное давление, влажность, направление и скорость ветра) и измерение вертикального профиля температуры. Формирование временных рядов со значениями, полученными на метеостанции, и массивов температурной стратификации атмосферы [6].

4) Определение метеорологической ситуации. По массиву стратификации температуры устанавливается: приземная, приподнятая

инверсия. Ветровой режим обозначает застойные явления. Свободная конвекция воздуха определятся при средней скорости ветра более 2 м/с. Устанавливается класс устойчивости атмосферного воздуха по классификации Паскуилла *K* [6].

5) Определение источников загрязнения. На основе данных направления ветра и показателя *K*, определяется сектор влияния для каждого источника выброса и формируется перечень предприятий-эмитентов. Маркерные вещества характеризуются единым местом поступления. В случае, если ЗВ массового выброса, то конкретный источник может быть определен по индикаторному веществу. А именно, положительная корреляция изменения концентрации газов указывает на единство места выброса. При отсутствии такой взаимосвязи, формируется перечень природопользователей – источников [6].

6) Разработка прогностических значений. На основе массива данных концентрации ЗВ за санитарно-защитной зоной и на источнике выброса, метеоусловий (давление, влажность, температура, направление и сила ветра), инерционности рассеивания вычисляются прогнозные концентрации ЗВ с использованием метода машинного обучения.

7) Определение экологической емкости атмосферного воздуха. Расчет осуществляется следующим образом:

$$E_{AB} = \frac{1}{1 + \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{C_i}{ПДК_i}\right)^{K_i}}$$

где C_i – концентрация вещества i в атмосферном воздухе, мг/м^3;

$ПДК_i$ – предельно-допустимая концентрация вещества i, мг/м^3;

K_i – безразмерный коэффициент, определяемый на основе класса опасности ЗВ;

n – количество ЗВ в атмосферном воздухе местности.

8) Анализ полученных данных и формирование управляющих воздействий. Возможны несколько вариантов решений:

- При превышении ПДК текущего или прогнозного значений содержания ЗВ, поступающего из нескольких источников, в любой точке по вертикали. Требуется корректировка фактического расхода выброса со всех N источников равномерно.

При превышении ПДК текущего или прогнозного значений содержания ЗВ, поступающего из одного источника, в любой точке по вертикали. Требуется проведение корректировки промышленного выброса.

- При установлении метеоситуации штиль или приземная инверсия. Требуется установить массовый расход ЗВ на источнике.

- При установлении метеоситуации приподнятая инверсия. Алгоритм оценки и реагирования при наличии приподнятой инверсии включает в себя следующую последовательность действий:

1) определение нижней границы инверсии;

2) разработка двух перечней предприятий-источников, рассеивание выбросов которых осуществляется над и под нижней границы инверсии, с указанием эмитентов;

3) определение рекомендуемого массового расхода выброса каждого источника.

- При квотировании выбросов. Ввиду того, что технологический процесс предприятий является циклическим, в плановом порядке осуществляется капитальный ремонт технологического оборудования, уменьшается объем производства (согласно рыночной ситуации), образуются периоды снижения объемов выброса какого-либо предприятия. Таким образом, формируется «запас» экологической емкости атмосферного воздуха местности, или квота. В этом случае иной источник может изменить расход выхода загрязненной газовоздушной смеси.

- Экологическая емкость более 0,5. В этом случае возможно размещение дополнительных источников выброса с предварительным расчетом рассеивания ЗВ.

- Экологическая емкость менее 0,5. Ресурс рассеивающей способности атмосферного воздуха исчерпан. Требуется проведение мероприятий по модернизации газоочистных сооружений на источниках.

9) Повторный мониторинг, корректировка управляющих воздействий и оценка эффективности проведенных мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении требований к содержанию программы производственного экологического контроля, порядка и сроков представления отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля: приказ Минприроды России от 18.02.2022 № 109: в ред. от 12.05.2025.
2. Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ: в ред. от 26.12.2024.
3. Об осуществлении государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды: постановление Правительства РФ от 06.06.2013 № 477.
4. Кулакова Е.С. Система автоматизированного отбора пробы атмосферного воздуха / Е.С. Кулакова, А.М. Сафаров, В.И. Сафарова // Экология и промышленность России. 2024. Т. 28, № 3. С. 16–21.
5. Kulakova E. Technical Solution for Monitoring Climatically Active Gases Using the Turbulent Pulsation Method / E. Kulakova, E. Muravyova // Sensors. 2023. Vol. 23, No. 20. P. 8645.
6. Кулакова Е.С. Система принятия решений по управлению качеством атмосферного воздуха промышленных центров / Е.С. Кулакова, В.И. Сафарова, А.М. Сафаров // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2025. № 3 (97). С. 7-27.

© Кулакова Е.С., Сафаров А.М., 2026

УДК 504.4.054

Гафурова А.Р., Насырова Э.С.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: ElinaSagitovna@yandex.ru

АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Аннотация. Выполнен описательный статистический анализ концентрации нефтепродуктов в донных отложениях 14 водных объектов (реки бассейнов Волги и Оби) за 2024 год. Установлено, что распределение концентраций характеризуется крайней асимметрией с наличием трех статистических выбросов, соответствующих малым рекам г. Новосибирска (бассейн р. Обь) (до 3,45 мг/г). Выборка распадается на две группы: объекты категории слабозагрязненные преимущественно в бассейне р. Волга и умеренно-загрязненные и частично сильно загрязненные в бассейне р. Обь.
Ключевые слова: донные отложения, нефтяные углеводороды, статистический анализ, загрязнения, биоремедиация.

Gafurova A.R., Nasyrova E.S.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

ANALYSIS OF BOTTOM SEDIMENT CONTAMINATION WITH PETROLEUM PRODUCTS

Abstract. A descriptive statistical analysis of the petroleum products concentration in the bottom sediments of 14 water bodies (rivers of the Volga and Ob basins) for 2024 was performed. It was found that the concentration distribution is characterized by extreme asymmetry with the presence of three statistical emissions corresponding to small rivers in Novosibirsk (the Ob River basin) (up to 3,45 mg/g). The sample is

divided into two groups: objects of the category slightly polluted mainly in the Volga River basin and moderately polluted and partially heavily polluted in the Ob River basin.

Keywords: sediments, petroleum hydrocarbons, statistical analysis, pollution, bioremediation.

Проблема накопления нефтепродуктов в донных отложениях водных объектов характерна для регионов с развитой нефтяной промышленностью. Донные отложения выступают в роли депонирующей среды для нефтепродуктов, аккумулируя их на длительное время и становясь источником вторичного загрязнения водной толщи, и даже после прекращения поступления нефтепродуктов, донные отложения могут оставаться источником негативного воздействия на гидробионтов и качество воды на протяжении десятилетий [1,2].

В Российской Федерации реализуется национальный проект «Экологическое благополучие», в рамках которого осуществляется ликвидация объектов накопленного вреда окружающей среде, включая загрязненные нефтепродуктами территории и акватории. Существующие технологии утилизации нефтезагрязненных донных отложений можно разделить на три основные группы: физические (изоляция, флотационная очистка, извлечение с последующей очисткой), биологические (биоаугментация, биостимуляция, фиторемедиация) и химические (промывка с поверхностно-активными веществами, химическое окисление, сорбция). Для оценки масштабов проблемы и обоснования выбора оптимальных технологических решений необходимо понимание пространственного распределения загрязнения, выявление зон наибольшей аккумуляции нефтепродуктов [3]. Решение этих задач требует применения методов графической обработки и описательного статистического анализа данных государственного мониторинга.

В качестве исходных данных использован «Ежегодник качества поверхностных вод Российской Федерации» за 2024 год [4]. Из ежегодника отобрано 14 рек (бассейн реки Волги: Чапаевка, Сок, Чагра, Б. Кинель, Безенчук, Камышенка; малые реки бассейна реки Обь на территории г. Новосибирска: Ельцовка 1, Ельцовка 2, Каменка, Плющиха, Нижняя Ельцовка, Тула) с данными по загрязнению донных отложений нефтепродуктами. Для каждого из них фиксировалась максимальная концентрация нефтяных углеводородов (мг/г сухого веса) на поверхности дна (верхний слой 0-5 см). По имеющимся данным построена диаграмма размаха (рис. 1), отображающая статистическое распределение максимальных концентраций нефтяных углеводородов в донных отложениях выборки.

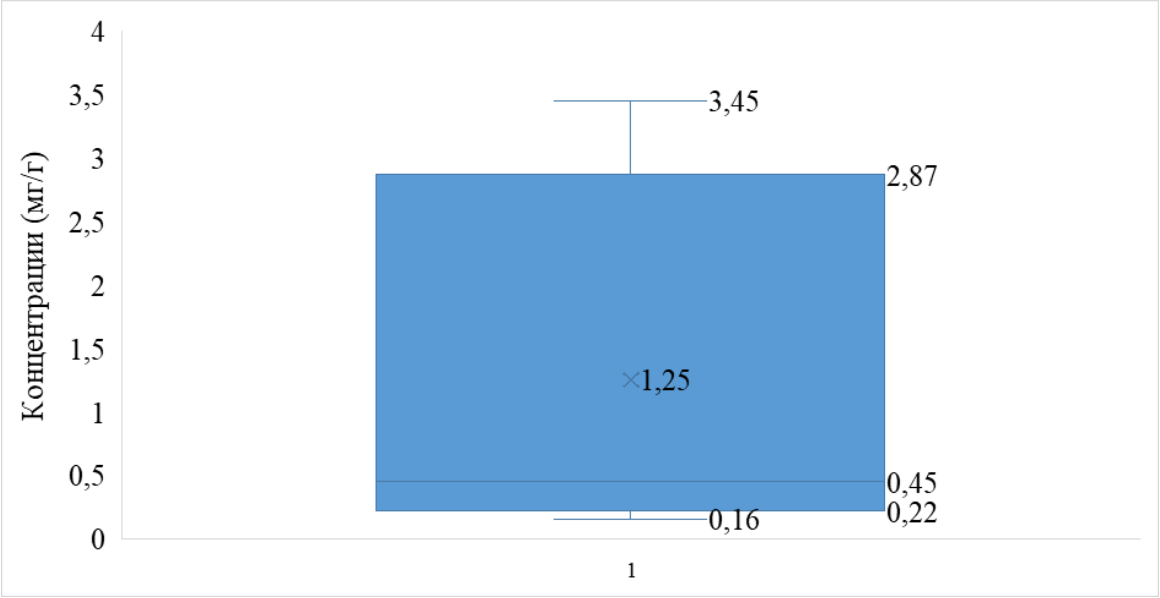


Рис. 1. Статистическое распределение максимальных концентраций нефтяных углеводородов в донных отложениях

Анализ диаграммы (рис. 1) показал, что распределение концентраций является крайне асимметричным с положительной скошенностью. Это означает, что большинство рек имеют относительно невысокие уровни загрязнения, но существует небольшая группа рек с аномально высокими показателями, которые существенно влияют на средние значения. Значение медианы составляет 0,30 мг/г, что означает, что 50 % исследованных рек имеют концентрацию

нефтепродуктов в донных отложениях ниже этой отметки. Нижний квартиль (25 % рек) имеет концентрацию менее 0,22 мг/г. Верхний квартиль (75 % рек) поднимается до значений около 0,8 мг/г.

На графике четко идентифицированы три мощных выброса, которые находятся за пределами верхнего «уса»: р. Ельцовка 1 – 3,45 мг/г, р. Каменка – 2,90 мг/г и река Ельцовка 2 – 2,87 мг/г. Эти объекты являются статистически аномальными на фоне остальной выборки и представляют собой зоны высокого накопления нефтепродуктов, требующие отдельного изучения. Разрыв между верхним квартилем и точками выбросов значителен, что подтверждает наличие уникальных зон аккумуляции загрязняющих веществ.

Для количественной оценки уровня загрязнения проведен описательный статистический анализ выборки (n=14). Среднее арифметическое значение концентрации составило 1,25 мг/г. Размах вариации составил 3,29 мг/г, при этом минимальное значение (0,16 мг/г) почти в 22 раза ниже максимального (3,45 мг/г), что подтверждает крайнюю неоднородность данных. Дисперсия составила 1,46, стандартное отклонение – 1,21. Это означает, что в среднем концентрация нефтепродуктов в донных отложениях каждого конкретного водного объекта отклоняется от среднего по выборке значения (1,25 мг/г) на 1,2 мг/г. Такая величина стандартного отклонения, почти равная самому среднему, является статистическим подтверждением наличия в выборке очень загрязненных объектов.

Проведенный анализ показывает, что использование только среднего арифметического для характеристики загрязнения бассейна было бы некорректно из-за огромного разброса данных. Высокие значения дисперсии и стандартного отклонения доказывают, что выборка неоднородна.

Для донных отложений в настоящее время не существует нормативно закрепленных характеристик их качества по уровню концентрации загрязняющих веществ аналогично ПДК в водной толще. Однако существует

возможность оценивать степень их загрязнения по разработанным в других странах нормативным показателям, например, по «голландским листам», созданным в 1986 году. Допустимая концентрация (ДК): для нефтепродуктов – 50 мкг/г. В «голландских листах» приведены допустимые концентрации загрязняющих веществ в донных отложениях, разделённые на два уровня Target Values (целевые значения, ДК) и Intervention Values (значения, требующие вмешательства). В рамках российско-голландского сотрудничества по программе PSO 95/RF/3/1 «Извлечение и удаление загрязненных донных отложений в Санкт-Петербурге» основываясь на «голландских листах» разработаны критерии оценки загрязненности донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга. Данный норматив устанавливает классификацию качества донных отложений водных объектов Санкт-Петербурга, содержащую четыре класса загрязненности: чистые (<180 мг/кг), слабозагрязненные (180-1000 мг/кг), умеренно-загрязненные (1000-3000 мг/кг), сильно загрязненные (3000-5000 мг/кг) и опасно загрязненные (>5000 мг/кг). Классы получены путем разделения диапазона значений между Target Values (целевые значения, ДК) и Intervention Values.

Применим данную классификацию степени загрязнения донных отложений к анализируемым водным объектам. В исследуемой выборке отчетливо выделяются две группы водных объектов Первую группу составляют водные объекты, относящиеся к категории слабозагрязненные (концентрации менее 1,0 мг/г или 1000 мг/кг). Это преимущественно реки бассейна Волги (Чапаевка, Сок, Чагра, Б. Кинель, Безенчук, Камышенка). Вторую группу образуют водные объекты, относящиеся к категории умеренно-загрязненные и частично сильно загрязненные. Наиболее ярко эта группа представлена малыми реками бассейна Оби на территории г. Новосибирска (Ельцовка 1, Ельцовка 2, Каменка, Плющиха, Тула), где концентрации достигают 2,36-3,45 мг/г. Эти объекты являются статистическими выбросами на фоне основной выборки и

представляют собой зоны накопления нефтепродуктов, требующие первоочередного внимания при разработке природоохранных мероприятий.

Таким образом, в работе установлено, что в рассмотренных водных объектах (включая реки бассейнов Волги и Оби) концентрации нефтепродуктов в донных отложениях варьируются от 0,16 до 3,45 мг/г. Наиболее высокие концентрации нефтепродуктов зафиксированы в малых реках бассейна Оби на территории г. Новосибирска (Ельцовка 1, Ельцовка 2, Каменка, Плющиха, Тула), где отбор проб проводился с поверхности дна (глубина 0-5 см). Эти объекты требуют разработки и применения активных технологий утилизации, поскольку загрязнение локализовано в верхнем, наиболее подвижном слое отложений, который участвует в процессах вторичного загрязнения водной толщи. Для таких объектов целесообразно применение методов извлечения донных отложений с последующей обработкой (термической, биологической или химической) либо методов in situ, таких как геотекстильные контейнеры или биоремедиация.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хамитов Ф.Р. Компоненты состава природных вод, определяющие качество водного объекта // Мавлютовские чтения: материалы XIX Всероссийской молодёжной научной конференции. В 8-ми томах, Уфа, 24–28 ноября 2025 года. Том 6. Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2025. С. 332-334.

2. Кальсин Н.А. Геоэкологические опасности природно-технических систем / Н.А. Кальсин, Э.С. Насырова // Устойчивость природных ландшафтов и их компонентов к внешнему воздействию: сборник материалов Международной научно-практической конференции, Грозный, 18–19 октября 2024 года. Грозный: Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, 2024. С. 237-241.

3. Гафурова А.Р. Оценка и прогнозирование миграции нефти и нефтепродуктов в окружающей среде / А.Р. Гафурова, Д.В. Александров, Э.В. Нафикова // Современные проблемы охраны труда и окружающей среды:

сборник трудов XXXV Международной научно-практической конференции, Химки, 26 февраля 2025 года. – Химки: Академия гражданской защиты МЧС России им. генерал-лейтенанта Д.И. Михайлика, 2025. С. 78-86.

4. Ежегодник качества поверхностных вод Российской Федерации. 2024 / ФГБУ «Гидрохимический институт». Ростов-на-Дону, 2024. 452 с.

© Гафурова А.Р., Насырова Э.С., 2026

УДК 614.84

Удавцова Е.Ю., Бобринев Е. В., Кондашов А.А.
ФГБУ ВНИИПО МЧС России, г. Балашиха, Российская Федерация
e-mail: otdel_1_3@mail.ru

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА И ПОЧВЫ

Аннотация. Проанализированы источники загрязнения воздуха и почвы, угрожающие здоровью людей. Рассмотрены последствия воздействия этих факторов на здоровье людей. Показано, что особо уязвимыми группами населения являются дети от загрязнения воздуха и почвы в период своего развития.

Ключевые слова: экология, загрязнение, воздух, почва, здоровье.

Udavtsova E.Yu., Bobrinev E.V., Kondashov A.A.
FGBU VNIIPO EMERCOM of Russia, Balashikha, Russian Federation

AIR AND SOIL POLLUTION

Abstract. The article analyzes the sources of air and soil pollution that pose a threat to human health and examines the consequences of these factors on human health. It

shows that children are particularly vulnerable to air and soil pollution during their development.

Keywords: ecology, pollution, air, soil, health.

Загрязнение воздуха происходит из нескольких источников выбросов, как природных, так и антропогенных, причем последние доминируют с начала индустриализации. К природным источникам относятся лесные и саванные пожары.

Антропогенные источники представляют собой сложную смесь загрязняющих веществ, источником которых является, главным образом, промышленная деятельность, производство электроэнергии, автозаправочные станции, транспорт, строительная деятельность и т.д.

Выбросы от сжигания листьев содержат полициклические ароматические углеводородные соединения, которые обладают различной способностью вызывать онкологические заболевания. Также отмечен повышенный риск рака легких и лейкемии среди жителей, проживающих вблизи нефтехимических промышленных комплексов, причем особенно высокий риск наблюдается у женщин [1].

Работа нефтеперерабатывающих заводов связана с выбросом в атмосферу различных веществ, главным образом образующихся в результате производственных процессов, из резервуаров для хранения, трубопроводов и зон утилизации отходов. К числу наиболее важных загрязняющих веществ, выбрасываемых нефтеперерабатывающими заводами, относятся летучие органические соединения, в основном ароматические углеводороды (бензол, толуол, этилбензол, ксилолы и триметилбензол), насыщенные углеводороды (гексан, гептан, октан), соединения серы (в основном сероводород и меркаптаны), оксиды азота, а также твердые частицы.

Также сообщалось, что промышленными предприятиями, такими как нефтеперерабатывающие заводы и угольные электростанции выбрасываются в воздух твердые частицы, компонентами которых являются мышьяк (As) и ванадий (V). В обоих случаях были обнаружены различные токсические эффекты этих двух загрязняющих веществ *in vitro* и *in vivo*. Исследования показали, что воздействие мышьяка или ванадия на клетки эпителия бронхов человека вызывало изменения в экспрессии генов и аномальный рост Воспаление легких, а также возникновение и развитие опухолей были вызваны воздействием пентоксида ванадия на крыс и мышей. При этом у мышей, подвергшихся воздействию мышьяка, наблюдалась иммунотоксичность. Эпидемиологические исследования также выявили неблагоприятные последствия воздействия ванадия и мышьяка для здоровья. Повреждение ДНК было обнаружено у рабочих, подвергавшихся воздействию пентоксида ванадия во время производства ванадия. Показано, что концентрация мышьяка в воздухе связана с повышенными стандартизированными коэффициентами смертности от рака легких [2].

В помещениях важными источниками загрязнения являются невентилируемые отопительные приборы, кухонные печи, курение и сжигание топлива в других целях. Неэффективное и неполное сгорание при использовании традиционных методов (например, печей без вентиляции и открытых каминов) приводит к повышению уровня различных загрязняющих веществ, включая полициклические ароматические углеводороды, тяжелые металлы, летучие органические соединения, сажу, твердые частицы, диоксид серы, оксид углерода и закись азота, выбрасываемых в окружающую среду. Эти загрязняющие вещества выбрасываются из-за того, что значительная часть серы превращается в продукты неполного сгорания. Это особенно актуально для тех, кто занимается отоплением и приготовлением пищи, что приводит к различным рискам для здоровья.

Особо уязвимыми группами населения являются дети в период своего развития. По сравнению со взрослыми, дети более уязвимы к воздействию факторов окружающей среды из-за особенностей их активности, поведения и физиологии, а также незрелости органов [3].

В связи с детским раком необходимо проводить исследования генотоксичности и канцерогенности, а также оценивать другие потенциальные биологические эффекты, включая эпигенетические модификации

Канцерогенный потенциал загрязняющих веществ варьируется в зависимости от источников загрязнения, климатических условий и регионального рельефа.

Меры по снижению этих уровней могут уменьшить бремя сердечно-сосудистых заболеваний, респираторных заболеваний и рака, особенно рака легких и мочевого пузыря [1].

Важной экологической проблемой является загрязнение почвы. На долю промышленной деятельности приходится две трети загрязненных территорий, причем наиболее распространенными загрязняющими веществами являются тяжелые металлы, минеральные масла и ароматические углеводороды. Перемещение загрязняющих металлов через почву и воду вызывает серьезные опасения в отношении общественного здравоохранения, сельскохозяйственной продуктивности и экологической стабильности [4].

Накопление потенциально токсичных металлов, таких как кадмий (Cd), никель (Ni), хром (Cr), медь (Cu), свинец (Pb), ртуть (Hg), кобальт (Co), железо (Fe), цинк (Zn) и марганец (Mn), в воде, пище и почве стало серьезной глобальной проблемой общественного здравоохранения. Эти металлы присутствуют в природе, а антропогенная деятельность, ненадлежащее обращение с отходами и промышленные операции, приводят к повышению уровня этих металлов в окружающей среде. Потребление некоторых токсичных металлов, таких как Cu, Zn, Co, Fe и Mn, имеет жизненно важное значение для здоровья человека. Эти

металлы необходимы для биологических сигнальных путей и разнообразных метаболических процессов. Тем не менее, при чрезмерном потреблении эссенциальные металлы могут быть токсичными и канцерогенными. Однако даже в низких концентрациях другие тяжелые металлы, такие как Cd, Ni, Pb, Hg и Cr, могут оказывать вредное воздействие. Возможные неблагоприятные последствия включают: рак, сердечно-сосудистые заболевания, гипертонию и тяжелые нарушения умственного развития.

Перемещение тяжелых металлов из почвы в растения в значительной степени зависит от многих параметров, таких как типы источников, сезонные колебания, нормы внесения, pH почвы, температура, влажность, окислительно-восстановительный потенциал, текстура, содержание органических веществ, различные формы доступных металлов, питательная ценность, различные виды растений и общая концентрация присутствующих металлов [5].

С отравлением неорганическим мышьяком связывают широкий спектр проблем со здоровьем, включая рак, сердечно-сосудистые заболевания, нарушения функции легких, иммунной и эндокринной систем, проблемы с репродуктивной системой, расстройства нервной системы, нарушения функции печени, проблемы с пищеварительным трактом, генетическую токсичность, хроническую токсичность мышьяка и кожные заболевания.

Воздействие Cd вносит значительный вклад в развитие рака легких, молочной железы, предстательной железы, почек и поджелудочной железы. В результате изменения эпигенетических путей, нарушения механизмов клеточной сигнализации, возникновения окислительного стресса и деградации ДНК, Cd может стимулировать канцерогенез. Избыточный уровень Cd может привести к осложнениям со стороны дыхательной системы, а также к проблемам с сердцем и почками. Высокое воздействие Cr может вызвать различные проблемы со здоровьем, включая повреждение почечных канальцев, раздражение кожи, рак легких и перфорацию носовой перегородки. Однако хром также играет роль в

некоторых биохимических процессах, включая контроль секреции инсулина и метаболизм липидов у животных [6].

Кобальт используется для лечения анемии у беременных женщин путем стимуляции эритропоэза. Дефицит кобальта может привести к тяжелой анемии, сильной усталости, одышке и гипотиреозу. Однако чрезмерное воздействие Co может вызвать такие побочные эффекты, как застойная сердечная недостаточность, заболевания дыхательной системы, сердечно-сосудистые мышечные расстройства, эритроцитоз и воспаление кожи.

Чрезмерное накопление свинца в крови может привести к повышению артериального давления и хроническому повреждению головного мозга и почек. Никель способствует развитию рака в носу, легких и горле, продуцируя активные формы кислорода, подавляя гены-супрессоры опухолей, изменяя метилирование ДНК и влияя на эпигенетические факторы. В результате этих механизмов ДНК и клетки становятся неспособными к самовосстановлению, что приводит к развитию рака [4].

Главная проблема, связанная с тяжелыми металлами, заключается в их отличительных свойствах, таких как токсичность, стойкость и потенциал биоаккумуляции. Токсичные тяжелые металлы признаны серьезной угрозой для здоровья человека из-за их способности накапливаться в живых организмах и сохраняться в окружающей среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Da Silva D.B. Environmental pollution and cancer / D.B. Da Silva, M.A.D. Pianovski, N.P. Carvalho Filho // Jornal de Pediatria. 2025. Vol. 101, Suppl. 1. P. 18–26.

2. Lin C.K. Risks and burden of lung cancer incidence for residential petrochemical industrial complexes: A meta-analysis and application / C.K. Lin, Y.T. Hsu, D.C. Christiani [et al.] // Environment International. 2018. Vol. 121, Part 1. P. 404–414.

3. Ali M.U. Health impacts of indoor air pollution from household solid fuel on children and women / M.U. Ali, Y. Yu, B. Yousaf [et al.] // Journal of Hazardous Materials. 2021. Vol. 416. P. 126127.

4. Ahmed J. Heavy metals drinking water contamination and health risk assessment among primary school children of Pakistan / J. Ahmed, L.P. Wong, Y.P. Chua [et al.] // Journal of Environmental Science and Health. Part A. 2021. Vol. 56, No. 6. P. 667–679.

5. Jaishankar M. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals / M. Jaishankar, T. Tseten, N. Anbalagan [et al.] // Interdisciplinary Toxicology. 2014. Vol. 7, No. 2. P. 60–72.

6. Ahmed S.F. Heavy metal toxicity, sources, and remediation techniques for contaminated water and soil / S.F. Ahmed, P.S. Kumar, M.R. Rozbu [et al.] // Environmental Technology and Innovation. 2022. Vol. 25.P. 102114.

© Удавцова Е.Ю., Бобринев Е. В., Кондашов А.А., 2026

УДК 504.5:528

Гафурова А.Р., Нафикова Э.В.

Уфимский университет науки и технологий, г.Уфа, Российская Федерация

e-mail: alinagafurova00@mail.ru

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Аннотация. На основе данных за 2017-2023 гг. проведён анализ разливов нефти и нефтепродуктов в Республике Башкортостан с использованием ГИС (QGIS, кригинг). Выявлены основные причины, география и масштабы загрязнений.

Наибольшее число происшествий и максимальные площади загрязнений зафиксированы в Туймазинском, Уфимском и Краснокамском районах. Основная причина аварий – коррозия металла (51%). Наиболее уязвимы чернозёмы выщелоченные и типичные. Зоны разливов приурочены к участкам с долей меженного стока 40-45%. Результаты могут быть использованы для усиления экологического мониторинга.

Ключевые слова: разливы нефти, пространственный анализ, ГИС, экологический мониторинг, загрязнение почв, Республика Башкортостан.

Gafurova A.R., Nafikova E.V.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

SPATIAL ANALYSIS OF OIL AND PETROLEUM PRODUCT SPILLS ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN USING GEOINFORMATION SYSTEMS

Abstract. Based on the data for 2017-2023, an analysis of oil and petroleum product spills in the Republic of Bashkortostan was carried out using GIS (QGIS, kriging). The main causes, geography and extent of pollution have been identified. The largest number of incidents and the maximum areas of pollution were recorded in Tuimazinsky, Ufa and Krasnokamsky districts. The main cause of accidents is metal corrosion (51%). Leached and typical chernozems are the most vulnerable. The spill zones are confined to areas with a 40-45% proportion of inter-soil runoff. The results can be used to enhance environmental monitoring.

Keywords: oil spills, spatial analysis, GIS, environmental monitoring, soil pollution, Republic of Bashkortostan.

В связи с ростом антропогенной нагрузки на природную среду оценка экологических рисков выходит на передний план [1]. Российская Федерация входит в число мировых лидеров по добыче нефти (12,7%), что обусловливает потребность в эффективных инструментах анализа последствий нефтедобычи для экосистем [2]. Нефтяное загрязнение оказывает многостороннее негативное воздействие: в почвенной толще оно видоизменяет структуру, замещает воздух и нарушает водно-питательный режим, а в водоёмах – порождает поверхностную плёнку, уменьшает концентрацию растворённого кислорода и подавляет биологическую активность [3]. Авторами работы [4] по итогам комплексной оценки состояния водных ресурсов Республики Башкортостан идентифицированы ключевые источники антропогенного воздействия на поверхностные и подземные гидросистемы. Отмечено, что нефтяное загрязнение играет существенную роль в деградационных процессах водных объектов региона, что подтверждает важность настоящего исследования.

Цель работы – установить закономерности пространственного распределения разливов нефти и нефтепродуктов в границах Республики Башкортостан, идентифицировать зоны повышенной экологической опасности.

В рамках исследования выполнен пространственный анализ разливов с задействованием геоинформационной системы QGIS. Исходную базу составили официальные отчёты Государственного комитета Республики Башкортостан по чрезвычайным ситуациям за временной интервал 2017–2023 гг. Для пространственного анализа применялся метод интерполяции кригинга [5].

За 2017-2023 гг. зарегистрировано 90 случаев. Наибольшее число происшествий зафиксировано в Туймазинском, Краснокамском, Уфимском районах, а также в городских округах Уфы и Октябрьский (рис. 1).

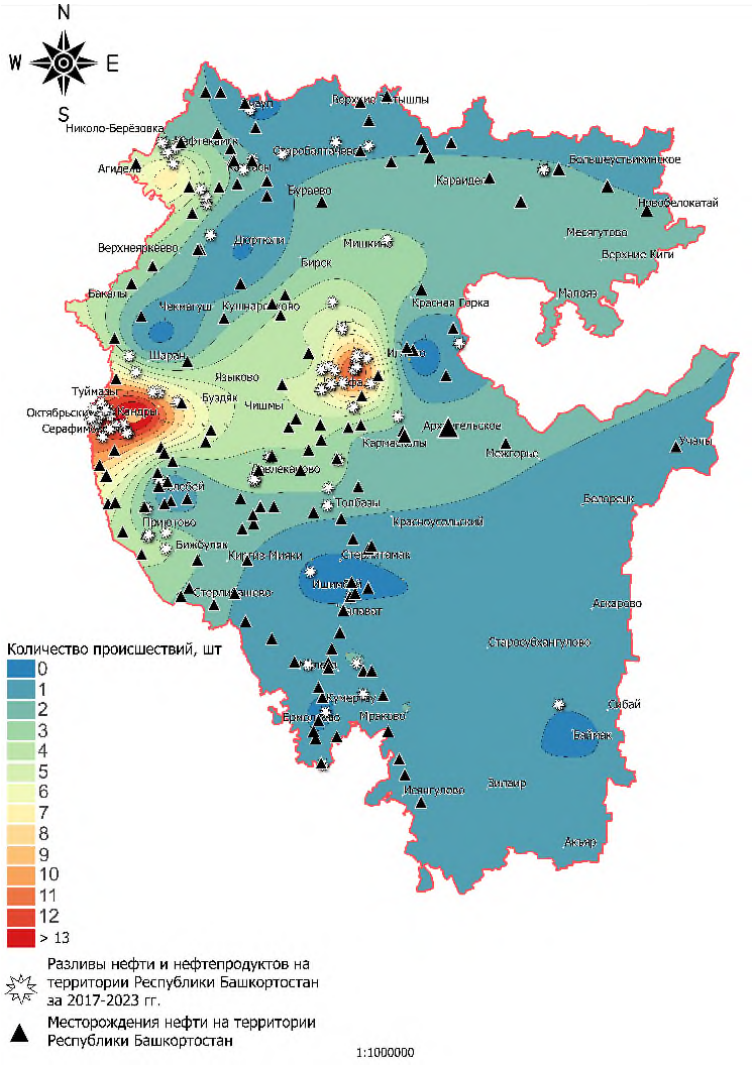


Рис. 1. Карта-схема пространственного распределения частоты разливов нефти и нефтепродуктов на территории Республики Башкортостан за 2017-2023 гг.

Основные причины аварий: металлокоррозия (51%), дефекты строительства (17%), эксплуатационные повреждения (12%) [2].

Суммарная площадь разливов достигла 11 420 м². Наибольший показатель зарегистрирован в Туймазинском районе (3 825 м²), минимальные величины (<1 м²) – в Баймакском, Белебеевском, Мелеузовском и Стерлитамакском районах (рис. 2).

Рис. 2. Гистограмма общей площади разливов по административным районам

По типам почв лидируют по частоте загрязнения чернозёмы выщелоченные (24,7%), чернозёмы типичные (19,2%) и почвы пойменного комплекса (15,1%). Данные почвенные разности обладают высокой влагоёмкостью, что способствует консервации и последующей миграции нефтепродуктов. Участки разливов тяготеют к зонам с долей меженного стока 40-45%, что увеличивает вероятность переноса загрязнений в водные объекты.

В результате проведённого анализа выделены районы с высоким риском загрязнения: Туймазинский, Уфимский, Краснокамский районы, а также городские округа Уфы и Октябрьский. Основная причина происшествий – коррозия металла (51%), что требует повышения контроля за состоянием трубопроводной инфраструктуры. Преобладающее количество разливов зафиксировано на чернозёмах, а зоны загрязнений ассоциированы с участками высокой доли меженного стока. Полученные результаты иллюстрируют значимость ГИС-технологий для оценки пространственного распределения загрязнителей и могут стать основой при выработке превентивных мер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wang K.-H. Geopolitical risk and crude oil security. A Chinese perspective / K.-H. Wang, C.-W. Su, M. Umar // Energy. 2021. Vol. 219. P. 119555.

2. Нафикова Э.В. Геоэкологическая оценка нефтезагрязненных ландшафтов Республики Башкортостан / Э.В. Нафикова, А.Ф. Шанизова, Д.В. Александров, Р.Р. Хужина // Геоинформатика. 2024. № 4. С. 57-69.

3. Кадочников Р.М. Влияние нефтедобычи на окружающую среду // Сборник материалов Всероссийской школы-семинара. Пермь, 2021. С. 219-221.

4. Фахертдинова А.А. Оценка состояния водных ресурсов в Республике Башкортостан / А.А. Фахертдинова, Е.Н. Елизарьева, А.М. Мифтахова, Д.А. Тараканов // Наука, образование, производство для противодействия техногенным угрозам и решения экологических проблем (Техносферная безопасность-2023): материалы XX Международной научно-практической конференции. Уфа, 2023. С. 207–213.

5. May F. Tasks and challenges of geochemical monitoring / F. May, S. Waldmann // Greenhouse Gases: Science and Technology. 2014. Vol. 4, Iss. 2. P. 176-190.

© Гафурова А.Р., Нафикова Э.В., 2026

УДК 574.21

Сайфиев Р.Р.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень, Российская Федерация

e-mail: sajfievrr@tyuiu.ru

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ МЕТОДОМ БИОИНДИКАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ПЕДОБИОНТОВ НА ПРИМЕРЕ ЯРО-ЯХИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Аннотация. В статье представлены результаты оценки состояния почвенного покрова методом биоиндикации на основании анализа оценки биоразнообразия, и количественных показателей фауны беспозвоночных педобионтов на примере

Яро-Яхинского месторождения ЯНАО. Мониторинг состояния почв проводился на пяти ключевых участках, расположенных в зоне техногенного влияния объектов обустройства и на фоновых площадках с нетронутым почвенно-растительным покровом. Итогом работ служит оценка биоразнообразия фауны почвенных беспозвоночных, сформулированы выводы о качестве почвенного покрова в границах участков наблюдений.

Ключевые слова: мониторинг, биоиндикация, педобионты, загрязнение почвенного покрова, микрофауна, мезофауна.

Sayfiev R.R.

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Industrial University of Tyumen», IUT, Tyumen, Russia

MONITORING OF SOIL CONDITION BY BIOINDICATION METHOD USING INVERTEBRATE PEDOBIONTS ON THE EXAMPLE OF YARO-YAKHINSKY DEPOSIT

Abstract. The article presents the results of assessing the condition of soil cover by bioindication method based on the analysis of biodiversity assessment, and quantitative indicators of the fauna of invertebrate pedobionts on the example of Yaro-Yakhinsky deposit of the Yamal-Nenets Autonomous District. Soil condition monitoring was carried out at five key sites located in the zone of technogenic impact of the development facilities and at background sites with untouched soil and vegetation cover. The results of the work include an assessment of the biodiversity of the soil invertebrate fauna and conclusions about the quality of the soil cover within the observation sites.

Keywords: monitoring, bioindication, pedobionts, soil contamination, microfauna, mesofauna.

В последние десятилетия запущен процесс активного освоения территорий, обладающих богатым природно-ресурсным потенциалом, в том числе за счет неосвоенных месторождений углеводородного сырья. Примером такой территории является Ямало-Ненецкий автономный округ Тюменской области. Для территории округа типичны торфяные болотные, подзолистые или тундровые глеевые почвы со слабо развитым гумусовым слоем, которые характеризуются слабой устойчивостью к техногенным воздействиям и низким потенциалом к самовосстановлению на протяжении десятков лет.

В этой связи особую значимость приобретает организация и проведение регионального мониторинга компонентов природной среды, в том числе и почвенного покрова. Наряду с опробованием почв в лабораторных условиях на наличие загрязнителей техногенного происхождения в некоторых случаях рекомендуется дополнительно использовать методы биоиндикации образцов грунта с использованием автохтонных беспозвоночных педобионтов. Данные организмы чутко реагируют на любые изменения, как химического состава, так и физико-механических свойств почв, вследствие деформации, перемешивания, или загрязнения грунта в результате техногенного воздействия при освоении месторождений углеводородного сырья.

На исследуемой территории Яро-Яхинского месторождения ЯНАО близость залегания вечной мерзлоты и подстилающих пород ограничивает пространство для почвенных организмов в экосистемах лесотундры и северо-таежной зоны. Мерзлота и глубина ее оттаивания детерминируют вертикальное распределение беспозвоночных в почвенном профиле. Подавляющее большинство беспозвоночных (до 100 %) сконцентрировано либо в растительной подстилке, либо в верхнем, аккумулятивном слое почвы (до 10 см). Данное обстоятельство обусловлено слабой и поверхностной аэрацией почв в условиях близкого залегания многолетнемерзлых пород.

Почвенную мезофауну Западной и Восточной Сибири в основном формируют три группы беспозвоночных: кольчатые черви, членистоногие и моллюски [1, 2]. Наиболее распространенными и многочисленными являются дождевые черви, многоножки, личинки и взрослые особи пластинчатоусых жуков, долгоносики, жужелицы, двукрылые, перепончатокрылые и проволочники. Сообщество почвенных простейших также отличается разнообразием. Многие насекомые, такие как ногохвостки, личинки двукрылых и жесткокрылых, а также клещи и протисты, постоянно обитают в почве. Кроме того, около 98 % видов свободноживущих насекомых в определенные периоды своей жизни также связаны с почвенной средой [3].

Рассматриваемые группы живых организмов составляют материальную базу для создания биокосных структур почвенных горизонтов. Их способность реагировать на внешние факторы, выражающаяся в трансформации количественных и качественных характеристик (таких как биомасса, видовое разнообразие и прочие), делает их ценным биоиндикатором. Изменения численности беспозвоночных, вариации в количественном соотношении отдельных систематических групп, а также изменения в биоразнообразии видов педобионтов позволяют выявлять нарушения в работе почвенного слоя, а следовательно, и всего природного комплекса в целом.

Объекты и методы исследования

Для определения количества различных видов почвенных беспозвоночных (мезо- и микрофауны), на территории Яро-Яхинского месторождения были проведены наблюдения на 5 стационарных участках мониторинга, пространственное расположение которых было определено с учетом имеющихся источников техногенного воздействия (2 пункта наблюдений). Для сравнительного анализа проводился отбор проб грунта на трех участках с фоновыми показателями по состоянию почвенно-растительного покрова.

Мониторинг почвенных организмов включал анализ видового состава микро- и мезофауны беспозвоночных педобионтов. Мезофауна (организмы крупнее 2 мм), представленная дождевыми червями, энхитреидами и членистоногими, учитывалась путем ручной разборки послойных почвенных проб (25х25 см) с использованием сит, согласно стандартным методикам [3]. Пробы отбирались в пятикратной повторности из подстилки и различных слоев почвы (0-5, 5-10, 10-20 см). Микрофауна (до 2 мм), включающая коллембол, панцирных и гамазовых клещей, извлекалась из почвенных образцов с применением эклекторов Тулгрена [4]. Данные пробы отбирались в десятикратной повторности из подстилки и верхних минеральных слоев с различной глубины: 0-5 и 5-10 см. Популяции орибатид и коллембол определялись с использованием соответствующих методик [5, 6].

Результаты и их обсуждение.

Всего в исследованных пробах почв обнаружены представители 18 групп беспозвоночных, видовой состав и количественное распределение которых незначительно отличается и является типичным для исследуемой территории.

Среди проанализированных групп беспозвоночных наибольшее распространение получили малощетинковые черви энхитреиды, представители семейства *Enchytraeidae*. Данная группа беспозвоночных типична для почв Крайнего Севера и являются специализированными детритофагами, адаптированными к низкотемпературным условиям и повышенному увлажнению почв. Вертикальное распределение малощетинковых червей в отобранных образцах неоднородно, что связано с их высокой чувствительностью к колебаниям влажности и температуры почвы.

На фоновых площадках, за пределами объектов техногенного воздействия, наблюдается увеличение видового разнообразия беспозвоночных, среди которых доминирующее положение занимают биодеструкторы. Среди беспозвоночных в большинстве отмечены дождевые черви (*Lumbricidae*) – от 3

до 15 особей на квадратный метр, и разнообразные личинки двукрылых насекомых (*Diptera*) до 17 особей на 1 квадратный метр анализируемого участка. Данные группы наряду с энхитреидами играют существенную роль в переработке органики в условиях умеренного гидроморфизма с низкотемпературным режимом почв.

Среди других беспозвоночных в составе мезофауны широкое распространение получили паукообразные (*Aranei*), численность которых варьируется от 6 до 27 особей на квадратный метр. Червецы и щитовки из семейства кокцидовые (*Coccoidea*) также достаточно распространены в почвенной мезофауне. Общая численность данной группы беспозвоночных достигает до 43 особей на квадратный метр. Данные показатели типичны для почв лесотундровой и северо-таежной зон Западной Сибири.

Длиноусые двукрылые (*Bibionidae*) обнаружены в семи исследованных пунктах из 10. При этом, необходимо отметить, что общая численность данной группы беспозвоночных остается высокой, варьируя в пределах от 5 до 18 особей на квадратный метр.

Несколько реже в отобранных образцах грунта встречаются комары долгоножки (*Tipulidae*), численность беспозвоночных рассматриваемой группы не превышает 9 особей на квадратный метр.

Значительно реже встречаются личинки слепней (*Tabanidae*), которые были отмечены только в четырех пунктах мониторинга, преимущественно на фоновых площадках. Данный факт обусловлен, вероятно, сезонными особенностями проведения мониторинга, за счет низкого репродуктивного

Микрофауна анализируемых образцов грунта характеризуется более высоким адаптивным потенциалом и высокой устойчивостью к психрофильным условиям почв в условиях повышенного гидроморфизма.

В отобранных образцах микрофауна преимущественно встречается в лесной подстилке. Непосредственно в почвенном профиле, преобладают коллемболы, относящиеся к подстилочным и подстилочно-почвенным группам. Данное распределение характерно для фоновых участков без признаков

техногенного воздействия. Коллемболы наряду с орибатидовыми клещами, получили наибольшее распространение в образцах грунта, их общая численность составляет до 60% всей микрофауны.

В меньшей степени видовое разнообразие характерно для подстилочных клещей карабодоидного типов. Вероятно, присутствие или отсутствие определенных экологических групп орибатид связано с локальными климатическими условиями (температурой и влажностью) и не указывает на степень антропогенного воздействия на территории Яро-Яхинского месторождения.

Полученные результаты мониторинга состояния почв на территории Яро-Яхинского месторождения позволяют сделать ряд следующих выводов:

Видовое разнообразие и количественный состав беспозвоночных в образцах грунта и лесной подстилки является типичным для почв лесотундровой и северо-таежной зон Крайнего Севера. Выявленные группы беспозвоночных организмов хорошо адаптированы к психрофильным условиям почв с повышенным гидроморфизмом и незначительным содержание органического вещества (гумус).

Основной средой обитания выявленных групп беспозвоночных является растительная гумусированная подстилка, тогда как в более глубоких слоях почвы их численность и видовое разнообразие значительно снижается.

Количественное соотношение различных групп почвенных организмов и их видовое разнообразие свидетельствует о том, что на исследованные почвенные экосистемы не оказывается выраженного техногенного влияния. В составе микрофауны отмечается незначительное снижение в численности гамазовых клещей и коллембол на контрольных участках, по сравнению с фоновыми площадками наблюдений. Анализ мезофауны показывает также отрицательную динамику в численности двукрылых (*Rhagionidae, Tabanidae, Empididae*) на контрольных участках по сравнению с фоновыми показателями на площадках вне зоны техногенного воздействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ганин Г.Н. Почвенные животные Уссурийского края. Владивосток-Хабаровск: Дальнаука, 1997. 160 с.
2. Стриганова Б.Р. Порядина Н.М. Животное население почв бореальных лесов Западно - Сибирской равнины. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. 234 с.
3. Гиляров М.С. Учет крупных почвенных беспозвоночных (мезофауны) // Методы почвенных зоологических исследований. М.: Наука, 1975. С.12-29.
4. Дунгер В. Учет микроартропод (микрофауна) // Количественные методы в почвенной зоологии. М.: Наука, 1987. С. 26-50.
5. Криволуцкий Д.А. Почвенная фауна в кадастре животного мира / Д.А. Криволуцкий, А.Д. Покаржевский, М.Г. Сизова. Ростов: Издательство Ростовского университета, 1985. 90 с.
6. Кузнецова Н.А. Организация сообществ почвообитающих коллембол // М.: Прометей, 2005. 244 с.

© Сайфиев Р.Р., 2026

УДК 504.054

Кузнецова В.Д., Якупова Э.Р., Кострюкова Н.В.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: victoriakuznetcova999@mail.ru

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Аннотация. Выполнена оценка воздействия металлургического предприятия с электросталеплавильным производством на окружающую среду. Определены масса и класс опасности основных видов отходов, образующихся в основном и вспомогательном производствах. Рассчитан класс опасности пыли газоочистки,

выполнена эколого-экономическая оценка платы за размещение отходов. С учётом розы ветров скорректированы размеры санитарно-защитной зоны; максимальная протяжённость (840 м) установлена для юго-западного направления. Показано, что переработка сталеплавильного шлака позволяет многократно снизить экологические платежи.
Ключевые слова: металлургическое предприятие, отходы производства, класс опасности, санитарно-защитная зона, плата за негативное воздействие.

Kuznetsova V.D., Yakupova E.R., Kostryukova N.V.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF A METALLURGICAL ENTERPRISE

Abstract. A comprehensive assessment of the environmental impact of a metallurgical enterprise with electric steelmaking production has been carried out. The mass and hazard class of the main types of waste generated in the main and auxiliary production facilities have been determined. The hazard class of gas cleaning dust has been calculated, and an environmental and economic assessment of the payment for waste disposal has been performed. The dimensions of the sanitary protection zone have been adjusted considering the wind rose; the maximum extent (840 m) is set for the south-west direction. It is shown that the recycling of steelmaking slag can reduce environmental payments many times over.
Keywords: metallurgical enterprise, production waste, hazard class, sanitary protection zone, payment for negative impact.

Предприятия чёрной металлургии, особенно использующие электродуговые печи, относятся к крупнейшим источникам негативного

воздействия на окружающую среду. С выбросами пыли, оксидов серы и азота, сбросами загрязнённых сточных вод и образованием значительных объёмов твёрдых отходов связаны риски для здоровья населения и устойчивости экосистем [1, 4]. В условиях ужесточения природоохранного законодательства и перехода к комплексным экологическим разрешениям возрастает потребность в количественной оценке экологической нагрузки подобных объектов.

В качестве объекта исследования рассмотрено типичное металлургическое предприятие Уральского региона, расположенное в Челябинской области. В его состав входят электросталеплавильный цех с дуговыми печами и машинами непрерывного литья заготовок (годовой объём выплавки стали около 900 тыс. т), прокатные цеха, а также вспомогательные подразделения, в том числе железнодорожный цех. Основными источниками загрязнения являются электродуговые печи, установки внепечной обработки, нагревательные печи прокатных станов. Массу образующихся отходов рассчитывали по удельным нормативам в соответствии с [3] и отраслевыми сборниками удельных показателей. Класс опасности пыли газоочистки определяли расчётным методом согласно критериям [5]. Плату за размещение отходов оценивали по ставкам, утверждённым на 2026-2030 гг. [6]. Размеры санитарно-защитной зоны (СЗЗ) корректировали с учётом розы ветров: при среднегодовой повторяемости направления ветра выше 12,5 % размер зоны пропорционально увеличивали (но не более чем в три раза), при меньшей повторяемости допускали сокращение при условии соблюдения ПДК на границе.

В таблице 1 представлены результаты расчёта массы и класса опасности основных видов отходов, образующихся в основном и вспомогательном производствах.

Таблица 1

Основные виды отходов предприятия и их характеристика

Наименование отхода	Класс опасности	Годовая масса, т/год	Обращение с отходом
Отработанные индустриальные масла	III	4,82	Полная передача специализированной организации для утилизации
Отработанные моторные масла	III	1,37	Полная передача на утилизацию
Шлак сталеплавильный	IV	134 400	Переработка в строительные материалы (более 95 %), остальное – размещение на полигоне
Пыль газоочистки сталеплавильного производства	IV	(расчётный класс подтверждён)	Накопление в герметичных ёмкостях, частичная рециркуляция

Примечание: класс опасности пыли газоочистки определён расчётным путём (суммарный индекс опасности 38,7), что соответствует IV классу.

Как видно из таблицы 1, предприятие генерирует значительные объёмы отходов, среди которых доминирует сталеплавильный шлак – 134,4 тыс. т/год (IV класс опасности). Расчёт платы за его размещение, выполненный из условия захоронения всей массы, даёт сумму около 117,7 млн. руб./год (ставка для IV класса – 663,2 руб./т, коэффициент индексации – 1,32). В действительности же предприятие перерабатывает более 95 % шлака в щебень и другие строительные материалы, благодаря чему фактическая плата за размещение отходов, отражённая в форме 2-ТП, составляет менее 300 тыс. руб./год. Этот результат наглядно показывает, что рециклинг крупнотоннажных металлургических отходов [2] способен снизить экологические платежи почти в 400 раз.

Для обоснования границ СЗЗ использована среднегодовая повторяемость направлений ветра: северное – 8 %, северо-восточное – 9 %, восточное – 10 %, юго-восточное – 10 %, южное – 12 %, юго-западное – 21 %, западное – 17 %, северо-западное – 13 %. Преобладающим является юго-западный румб (21 %),

поэтому размер зоны в этом направлении увеличен до 840 м; в западном – до 680 м, в северо-западном – до 520 м. Для остальных румбов с повторяемостью менее 12,5 % зона может быть сокращена до 320-480 м при соблюдении ПДК на границе. Схема скорректированной СЗЗ приведена на рис. 1.

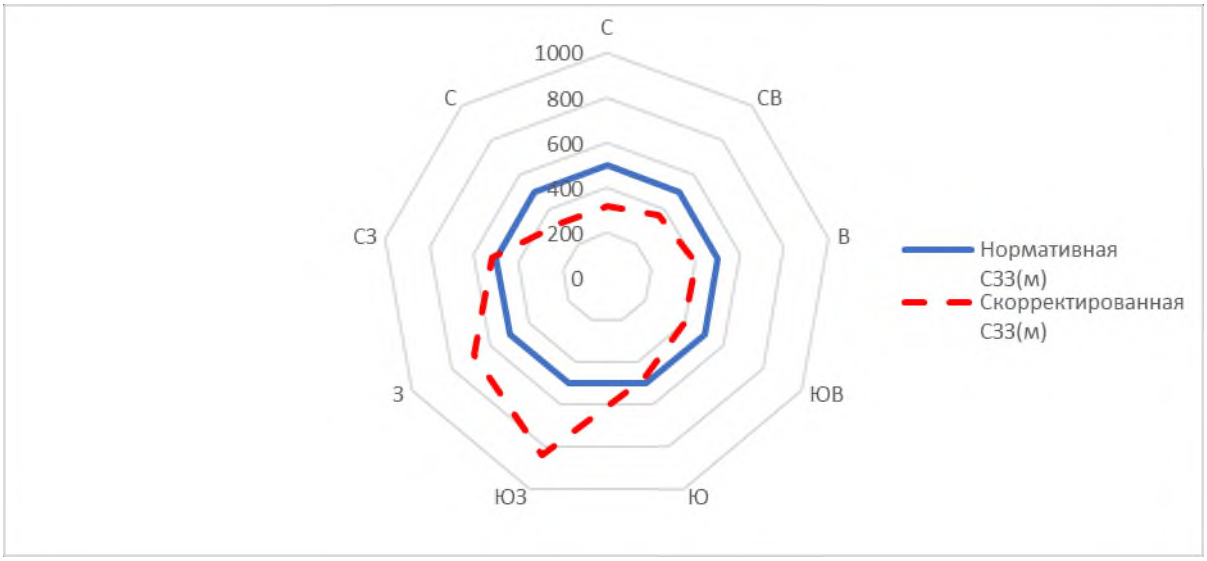


Рис. 1. Схема расположения установленной и скорректированной санитарно-защитной зоны предприятия

Преобладание ветров юго-западного направления требует выноса границы СЗЗ именно в эту сторону, что позволяет снизить воздействие на жилую застройку, расположенную с подветренной стороны.

Проведённая комплексная оценка показала, что предприятие относится ко II классу опасности с базовым размером СЗЗ 500 м. С учётом розы ветров санитарно-защитная зона скорректирована: максимальная протяжённость (840 м) установлена для юго-западного направления. Основную экологическую нагрузку формирует сталеплавильный шлак, однако благодаря практически полной его переработке в строительные материалы экологические платежи предприятия остаются на низком уровне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонова С.Р. Экологические проблемы почвы в городской среде / С.Р. Антонова, Н.В. Кострюкова // Гражданская оборона и природно-технические системы: Сборник статей по материалам XX Международной научно-практической конференции, Воронеж, 21 марта 2024 года. Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2024. С. 116-119.

2. Кортюкова Д.О. Регенерация отработанной смазочно-охлаждающей жидкости/ Д.О. Кортюкова, Н.В. Кострюкова // Наука, образование, производство для противодействия техногенным угрозам и решения экологических проблем (Техносферная безопасность-2025): материалы XXII Международной научно-практической конференции, Уфа, 06 мая 2025 года. Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2025. С. 322-327.

3. Об утверждении методических указаний по разработке проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение: приказ Минприроды России от 30.10.2024 № 1021.

4. Бондарь К.Е. Устойчивость объектов экономики / К.Е. Бондарь, А.Н. Елизарьев, Э.В. Нафикова, Э.С. Насырова. Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2025. 102 с.

5. Об утверждении критериев отнесения отходов к I–V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду: приказ Минприроды России от 31.03.2025 № 158.

6. Об утверждении ставок платы за негативное воздействие на окружающую среду в 2026-2030 годах: распоряжение Правительства РФ от 01.09.2025 № 2409-р.

© Кузнецова В.Д., Якупова Э.Р., Кострюкова Н.В. 2026

УДК 504.5.05:004.89

Уткин К.Л.[1], Уткина О.Н.[2]

[1]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россиqская Федерация

[2]Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, Российская Федерация

e-mail: may08_08@mail.ru

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ПОДХОД К МОНИТОРИНГУ КАЧЕСТВА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ СЕГМЕНТАЦИИ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

Аннотация. В статье рассматривается методология автоматизированного мониторинга качества поверхностных водных объектов на основе интеграции данных дистанционного зондирования Земли и полевых гидрохимических измерений. Предложен конвейер обработки данных, включающий нейросетевую сегментацию водных объектов на спутниковых снимках, а также выявление зон загрязнения методом кластеризации по точечным пробам воды. Экспериментальная оценка демонстрирует высокую точность выделения водных акваторий и устойчивость кластеризации к пространственному шуму. Результаты исследования могут быть использованы региональными центрами мониторинга окружающей среды для оперативного контроля состояния гидросферы.

Ключевые слова: мониторинг водных объектов, техносферная безопасность, автоматизация экомониторинга.

Utkin K.L.[1], Utkina O.N.[2]

[1]Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation

[2]St. Petersburg Electrotechnical University «LETI», St. Petersburg, Russian Federation

AN INTEGRATED APPROACH TO WATER BODY QUALITY MONITORING BASED ON NEURAL NETWORK SEGMENTATION AND SPATIAL CLUSTERING

Abstract. This paper presents a methodology for automated monitoring of surface water body quality through the integration of Earth observation remote sensing data and field hydrochemical measurements. A data processing pipeline is proposed, encompassing neural network-based segmentation of water bodies in satellite imagery and the identification of pollution zones via clustering of point water samples. Experimental evaluation demonstrates high accuracy in delineating water areas and the robustness of clustering against spatial noise. The research findings can be utilized by regional environmental monitoring centers for operational hydrosphere condition assessment.

Keywords: water body monitoring, technospheric safety, automation of environmental monitoring.

The quality of surface water bodies serves as a critical indicator of ecosystem health and directly influences the level of technospheric safety in a given territory. Traditional monitoring methods, based on discrete sampling and laboratory analysis, are characterized by high labor intensity, low spatial representativeness, and significant time delays between sampling and result acquisition [1]. Given increasing anthropogenic pressures and the growing frequency of extreme hydrological events, there is a pressing need to transition toward continuous, automated monitoring systems.

Modern satellite constellations (e.g., Sentinel-2, Landsat-9) provide regular territorial coverage with spatial resolutions of up to 10 m and spectral ranges sufficient for delineating water bodies and assessing their optical characteristics [2]. However, automatic extraction of water bodies is complicated by atmospheric interference, seasonal water level fluctuations, suspended solids, and phytoplankton blooms. Furthermore, satellite data do not replace but rather complement point-based hydrochemical measurements, which remain the sole source of information on the concentrations of specific pollutants.

The aim of this study is to develop and experimentally evaluate an integrated algorithmic pipeline for automated water quality monitoring, combining neural network segmentation of satellite imagery with spatial clustering of field samples. The methodology aims to enhance the timeliness of pollution zone detection, optimize field inspection routes, and reduce the risk of missing critical changes in hydrosphere conditions.

Multispectral Sentinel-2 Level-2A (atmospherically corrected) imagery was used as the primary source of spatial data. Channels with 10 m spatial resolution were selected: B2 (Blue, 490 nm), B3 (Green, 560 nm), B4 (Red, 665 nm), and B8 (NIR, 842 nm). For initial water body extraction, the Normalized Difference Water Index (NDWI) [3] was calculated. NDWI values > 0.15 were used to generate preliminary water masks and reduce computational load during neural network processing.

Field data consisted of point samples containing measurements of NH_4^+, PO_4^{3-} concentrations, and pH values. Sample coordinates were obtained using GPS receivers (accuracy ≤ 3 m).

The U-Net architecture was employed for precise delineation of water body boundaries. It has proven highly effective in image segmentation tasks for medical and Earth observation imagery due to its skip connections, which preserve fine spatial details during progressive feature compression.

The architecture comprised an encoder, a bottleneck, and a decoder with feature concatenation. The output layer utilized a sigmoid activation function for binary classification.

Standard loss functions exhibit low efficiency under significant class imbalance. To identify spatially correlated pollution zones from point samples, the DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) algorithm was applied, which requires no a priori specification of cluster count and is robust to outliers.

Segmentation results (raster masks) and clustering outputs (vector polygons/points) were integrated within a unified GIS environment. Spatial overlay enabled the assessment of correlations between changes in water body boundaries (identified by the neural network) and pollutant concentrations (detected via DBSCAN).

Validation on a control dataset of 150 image patches demonstrated high boundary precision (0.824) and recall (0.912). The use of the Tversky loss function improved recall by 4.3% with minimal loss in precision, confirming the effectiveness of tailoring the loss function to monitoring tasks where missing water surface areas is unacceptable. Visual analysis of error maps revealed that most false positives occurred in shadowed shoreline areas and surfaces with high turbidity, which is typical for optical Earth observation methods.

Method integration enabled the development of an automated data processing pipeline:

1. Reduction of uncertainty zones: Neural network segmentation accurately defines current water body boundaries, eliminating errors in calculating coastal protection zone areas in geographic coordinates.

2. Optimization of fieldwork: Clustering based on historical data allows prediction of high-risk zones and planning of targeted inspection routes, reducing routine sampling volume by 40-60 %.

3. Early warning: Integration of raster masks and vector clusters within a GIS interface provides clear visualization of potential anthropogenic impact zones, which is critical for rapid response by environmental control agencies.

The developed integrated approach to water quality monitoring, based on Sentinel-2 neural network segmentation and spatial clustering of field samples, demonstrates high efficiency for technospheric safety applications. The U-Net architecture with Tversky loss ensures accurate water body delineation with minimal false negatives. DBSCAN clustering reliably identifies spatially contiguous pollution zones and filters out noisy measurements.

Practical implementation of this pipeline enables a shift from discrete reactive control to continuous preventive monitoring, optimizes field service resources, and ensures early detection of anthropogenic impact zones. The methodology can be deployed in regional environmental monitoring systems, integrated with territorial planning GIS platforms, and used to automate reporting in compliance with environmental legislation requirements.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарцева Ю.Ю. Контроль и надзор в экологической сфере: методы и эффективность / Ю.Ю. Гарцева, М.И. Русаков // Вестник Нижегородского института управления. 2024. № 3 (73). С. 39–44.

2. Pech May F. Flood Mapping through Sentinel-1, Sentinel-2 Imagery and U-NET Deep Learning Model / F. Pech May, O. Álvarez Cárdenas, G. Ríos Toledo // Computacion y Sistemas. 2025. Vol. 29, No. 1.

3. Hussein S.Ja. Modelling the Behaviour of Vegetation Indicators (NDVI - NDWI - IPVI) in Busaiya District Using GIS-RS / S.Ja. Hussein, R.H. Naji // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023. Vol. 1225, No. 1. P. 012013.

© Уткин К.Л., Уткина О.Н., 2026

УДК 504.06:622.692.4

Каюмова К.И., Бондарь К.Е.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: kamillakayumova370@gmail.com

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ «ЧЕРКАССЫ-ПП» НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ

Аннотация. Актуальность темы обусловлена тем, что более 95% нефти в России транспортируется по магистральным нефтепроводам, значительная часть которых эксплуатируется свыше 20 лет. Это приводит к физическому износу оборудования и повышенному риску аварий, а также к хроническому загрязнению окружающей среды. Нефтеперекачивающие станции (НПС), включая НПС «Черкассы-ПП», являются ключевыми источниками этого воздействия. В связи с этим оценка влияния НПС на окружающую среду является актуальной задачей для разработки природоохранных мероприятий и снижения экологических рисков.
Ключевые слова: нефтеперекачивающая станция, выбросы загрязняющих веществ, негативное воздействие на окружающую среду, санитарно-защитная зона, категория опасности предприятия, плата за НВОС.

Kayumova K.I., Bondar K.E.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF THE CHERKASSY-PP OIL PIPELINE STATION

Abstract. The relevance of the topic is due to the fact that more than 95% of oil in Russia is transported through main oil pipelines, a significant part of which has been in operation for more than 20 years. This leads to physical deterioration of equipment

and an increased risk of accidents, as well as chronic environmental pollution. Oil pumping stations (OPS), including the Cherkassy-PP OPS, are key sources of this impact. Therefore, assessing the environmental impact of OPS is an important task for developing environmental protection measures and reducing environmental risks.
Keywords: oil pumping station, pollutant emissions, negative environmental impact, sanitary protection zone, enterprise hazard category, environmental impact fee.

Нефтепроводный транспорт России представляет собой разветвлённую систему магистральных трубопроводов протяжённостью более 50 тыс. км, по которым перемещается свыше 95 % добываемой нефти [1]. Нефтеперекачивающие станции (НПС) как ключевые узлы этой системы оказывают постоянное комплексное воздействие на компоненты окружающей среды: атмосферный воздух – через выбросы углеводородов и продуктов сгорания; почвенный покров и подземные воды – через риск аварийных разливов нефти; водные объекты – через нефтесодержащий поверхностный сток [2].

По данным Государственного доклада о состоянии окружающей среды РФ за 2022 г., предприятия топливного комплекса формируют около 16 % суммарных выбросов ЗВ в атмосферу от стационарных источников [2]. В Республике Башкортостан предприятия данного сектора ежегодно выбрасывают в атмосферу порядка 85 тыс. т ЗВ, из которых углеводороды и оксиды азота являются приоритетными по массе выбросов [2].

1. Источники загрязнения атмосферного воздуха

Источники выбросов НПС подразделяются на организованные (дымовая труба котельной) и неорганизованные (ёмкость безнапорная – ЕБ, торцевые уплотнения насосных агрегатов НМ, фланцевые соединения трубопроводов). Приоритетные загрязняющие вещества: бенз(а)пирен (I класс опасности), бензол (II класс), NO_2, SO_2 (III класс), углеводороды C_1–C_{19} (IV класс).

2. Расчёт выбросов от источников основного производства

Расчёт выбросов от источника основного производства, котельной установки, выполнен по Методике Госкомэкологии РФ (1999) [3]. Тепловая мощность котла при расходе природного газа B = 100 м³/ч:

$$Q = B \cdot Q_н \cdot 4{,}187 / 10^6 = 100 \cdot 8000 \cdot 4{,}187 / 10^6 = 3{,}35 \text{ ГДж/ч}.$$

Максимально разовый выброс NO_2 (β = 0,80 – доля NO_2 в суммарных NOx, k_{NOx} = 0,05 г/МДж по таблице методики):

$$G_{NO_2} = k_{NOx} \cdot Q \cdot 10^6 / 3600 \cdot \beta = 0{,}05 \cdot 3{,}35 \cdot 10^6 / 3600 \cdot 0{,}80 = 0{,}037 \text{ г/с}.$$

Валовый выброс NO_2 при времени работы котельной T = 4320 ч/год (отопительный период 180 суток):

$$M = G \cdot T \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 0{,}037 \cdot 4320 \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 0{,}575 \text{ т/год}.$$

Аналогично рассчитаны выбросы NO, CO, SO_2 и бенз(а)пирена. Выброс бенз(а)пирена при $k_{БП} = 1{,}13 \cdot 10^{-7}$ кг/ГДж:

$$G_{БП} = k_{БП} \cdot Q \cdot 10^6 / 3600 = 1{,}13 \cdot 10^{-7} \cdot 3{,}35 \cdot 10^6 / 3600 = 1{,}05 \cdot 10^{-4} \text{ г/с},$$

$$M_{БП} = 1{,}05 \cdot 10^{-4} \cdot 4320 \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 1{,}63 \cdot 10^{-3} \text{ т/год}.$$

Скорость испарения углеводородов C_1–C_{10} с поверхности нефти в ёмкости безнапорной, второго основного источника выбросов производства, рассчитана по СТО ЛУКОЙЛ 1.6.17-2012 [5] (M = 80 г/моль; $P_н$ = 66,7 гПа при t = 20 °C; F = 2,5 м²):

$$q = 7{,}4 \cdot 10^{-6} \cdot M^{0.5} \cdot P_н \cdot F = 7{,}4 \cdot 10^{-6} \cdot 8{,}944 \cdot 66{,}7 \cdot 2{,}5 = 0{,}011 \text{ г/с}.$$

$$M_{УВ} = 0{,}011 \cdot 8760 \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 0{,}347 \text{ т/год}.$$

Сводные результаты расчёта по источникам основного производства представлены в таблице 1.

Таблица 1

Выбросы ЗВ от источников основного производства НПС «Черкассы-ПП»

Загрязняющее вещество	Кл. оп.	Источник	G, г/с	M, т/год
NO_2	III	Котельная	0,037	0,575
NO	III	Котельная	0,006	0,093
CO	IV	Котельная	$1{,}21 \cdot 10^{-3}$	0,019
SO_2	III	Котельная	$6{,}4 \cdot 10^{-5}$	0,001
Бенз(а)пирен	I	Котельная	$1{,}05 \cdot 10^{-4}$	$1{,}63 \cdot 10^{-3}$
УВ C_1–C_{10}	IV	ЕБ	0,011	0,347
Бензол	II	ЕБ	$1{,}1 \cdot 10^{-5}$	$3{,}47 \cdot 10^{-4}$

3. Расчёт выбросов от источников вспомогательного производства

Неорганизованные выбросы от торцевых уплотнений (ТУ) и фланцевых соединений (ФС) рассчитаны по РД-39-142-00 [6] и МУ Уфа (1996) [4]. Формула расчёта: G = q · n, где q – удельная норма утечки, г/с·шт.; n – количество единиц оборудования.

$G_{ТУ} = 0{,}200$ *г/с·шт.* $\cdot$ 6 *шт.* $= 1{,}20$ *г/с,*

$M_{ТУ} = 1{,}20 \cdot 8760 \cdot 3600 \cdot 10^{-6} = 37{,}84$ *т/год,*

$G_{ФС} = 3{,}0 \cdot 10^{-4}$ *г/с·шт.* $\cdot$ 120 *шт.* $= 0{,}036$ *г/с,*

$M_{ФС} = 1{,}134$ *т/год.*

Суммарный выброс углеводородов от источников вспомогательного производства: $G_{сум} = 1{,}236$ г/с; $M_{сум} = 38{,}97$ т/год. Доля торцевых уплотнений – 97,1%. По фракционному составу нефти: УВ C_1–C_5 (15%) – 5,68 т/год; УВ C_6–C_{10} (35%) – 13,24 т/год; УВ C_{12}–C_{19} (50%) – 18,92 т/год.

4. Расчёт класса опасности нефтесодержащего шлама ЕБ

Расчёт класса опасности нефтесодержащего шлама ЕБ выполнен по Приказу Минприроды РФ № 536 от 04.12.2014. Состав шлама: нефтепродукты 60%, вода 20%, механические примеси 20%. Показатель степени опасности нефтепродуктов ($ЛД_{50} = 5000$ мг/кг):

$lg\ W_{нп} = 4 - 0{,}5 \cdot (4 - lg\ 5000) = 3{,}85 \rightarrow W_{нп} = 7079$ *мг/кг,*

$K_{нп} = C_{нп} / W_{нп} = 600000 / 7079 = 84{,}8,$

$K = K_{нп} + K_{вода} + K_{мп} = 84{,}8 + 0{,}20 + 0{,}20 = 85{,}2.$

Поскольку $1 \leq K < 100$, нефтесодержащий шлам ЕБ относится к III классу опасности (умеренно опасный).

5. Плата за негативное воздействие на окружающую среду.

Расчёт платы за негативное воздействие на окружающую среду выполнен в соответствии с ПП РФ от 13.09.2016 № 913 и ПП РФ от 03.03.2017 № 255. Все выбросы в пределах ПДВ; $К_{инд} = 1{,}98$ (2026 г.):

$$П_{доп} = \sum M_i \times C_{диф} \times К_{инд} \qquad (1)$$

Доминирующей статьёй платы (79,9 %) является бенз(а)пирен – несмотря на минимальную массу выброса ($1{,}63 \cdot 10^{-3}$ т/год), его ставка платы (547 535 руб./т) определяет структуру расходов. Суммарная плата характерна для промежуточных НПС без резервуарного парка.

6. Категория опасности предприятия и корректировка СЗЗ

КОП рассчитан по формуле:

$$КОП = \Sigma\,(M_i / ПДКс.с._i)^{n_i} \qquad (2)$$

КОП ≈ $1{,}48 \cdot 10^{6}$; вклад бенз(а)пирена составляет >99,99 % вследствие сверхжёсткого норматива ПДКс.с. = $1 \cdot 10^{-6}$ мг/м³. Объект подтверждает статус II категории НВОС по ФЗ № 7-ФЗ.

Нормативная СЗЗ НПС II класса санитарной опасности – 500 м (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 в актуальной редакции). Корректировка выполнена по формуле:

$$l = \frac{l_0 \times P}{P_0}, \qquad (3)$$

где l_0 = 500 м; P – повторяемость ветра данного направления, %; P_0 = 12,5% (средняя при 8-румбовой розе). Господствующий ветер в Уфимском районе – южный (35%) и юго-западный (18%). Результаты корректировки СЗЗ представлены в таблице 2.

Таблица 2

Корректировка санитарно-защитной зоны НПС «Черкассы-ПП»

Направление ветра	P, %	P / P_0	Скорр. СЗЗ, м	Подветр. направл.
С	13	0,24	480	Ю
СВ	4	0,32	160	ЮЗ
В	3	0,24	120	З
ЮВ	6	0,48	240	СЗ
Ю	35	2,8	1400	С
ЮЗ	18	1,44	720	СВ
З	11	0,88	440	В
СЗ	10	0,8	400	ЮВ

Максимальная скорректированная СЗЗ составляет 1400 м в направлении Ю, что в 2,8 раза превышает нормативную. В направлении редкого ветра В (3%) СЗЗ сокращается до 120 м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коршак А.А., Шаммазов А.М. Основы нефтегазового дела. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2005. 528 с.
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды РФ в 2022 году». М.: Минприроды России, 2023. 686 с.
3. Методика определения выбросов ЗВ в атмосферу при сжигании топлива в котлах < 30 т/ч. М.: Госкомэкологии РФ, 1999. 64 с.
4. Методические указания по определению выбросов ЗВ в атмосферу на предприятиях магистрального транспорта нефти. Уфа: ИПТЭР, 1996. 42 с.
5. СТО ЛУКОЙЛ 1.6.17-2012. Методика расчётно-экспериментального определения нормативов выбросов из резервуаров и ёмкостей. М.: ОАО «ЛУКОЙЛ», 2012. 98 с.
6. РД-39-142-00. Методика расчётов выбросов от неорганизованных источников нефтегазового оборудования. Краснодар, 2000. 56 с.

© Каюмова К.И., Бондарь К.Е., 2025

УДК 656.73

Попов М.С., Шакиров Ф.М.

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация

e-mail: shakirovfarid748@gmail.com

МОНИТОРИНГ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ ВНУТРИРОССИЙСКИХ АВИАРЕЙСОВ

Аннотация. Рассмотрены критерии выбора варианта предполагаемого авиарейса и проанализирована реальная ситуация на примере конкретного аэропорта по различным направлениям перелёта.

Ключевые слова: безопасность перелётов, Boeing 737, Airbus A320, Superjet 100.

Popov M.S., Shakirov F.M.

Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev, Samara, Russian Federation

MONITORING THE VARIABILITY OF DOMESTIC FLIGHTS

Abstract. The criteria for choosing the option of the proposed flight are considered and the real situation is analyzed using the example of a specific airport in various flight directions.

Keywords: flight safety, Boeing 737, Airbus A320, Superjet 100.

Факторами, влияющими на выбор пассажиром рейса по России, являются: а) безопасность перелёта; б) стоимость билета; в) комфорт в процессе перелёта; г) программы лояльности определённых авиакомпаний.

Для определения безопасности перелётов применяется показатель количества авиапроисшествий, приведших к полной утрате воздушного судна на 1 миллион вылетов. Согласно статистике [1] по мировым коммерческим перелётам (за исключением стран соцлагеря) с 1959 по 2024 год (рис. 1) у самолётов семейства Boeing 737NG (737-600/700/800/900) за рассматриваемый период зафиксировано 23 авиапроисшествия, приведших к полной утрате воздушного судна, из которых 11 сопровождались человеческими жертвами.

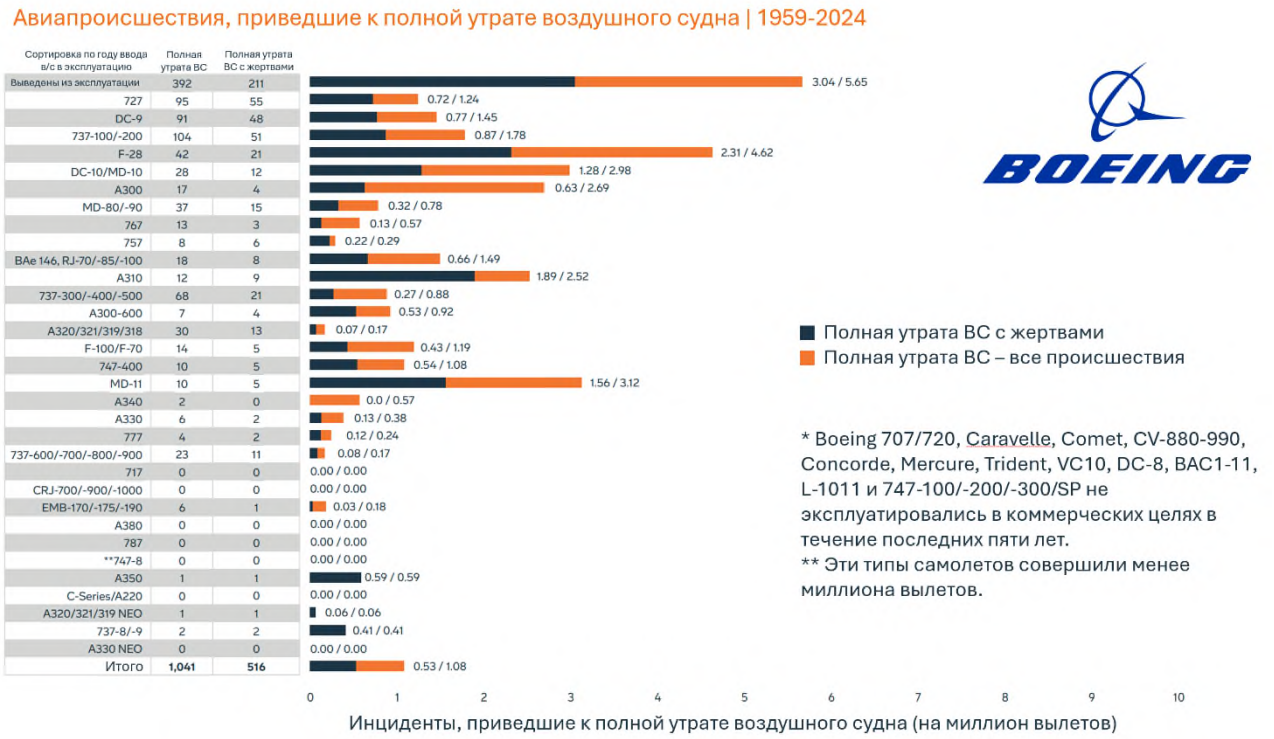


Рис. 1. Статистика аварийности различных типов ВС

Показатель аварийности составляет 0,17 на миллион вылетов, при этом показатель аварийности с жертвами равен 0,08 на один миллион вылетов. Для семейства Airbus A320/321/319/318 за тот же период отмечено 30 авиапроисшествий, приведших к полной утрате воздушного судна, из которых 13 привели к гибели людей. показатель аварийности также составляет 0,17 на миллион вылетов, однако показатель аварийности с жертвами несколько ниже и равен 0,07 на миллион вылетов. Таким образом, при сопоставимом общем уровне

аварийности, семейство Airbus A320 демонстрирует немного более низкую частоту авиапроисшествий с жертвами по сравнению с Boeing 737 NG, несмотря на большее количество зафиксированных случаев, что обусловлено большей распространённостью и суммарным налётом данного типа воздушных судов. Эти типы воздушных судов являются основой флота российских авиакомпаний.

Согласно статистике Airbus [2] за период с 1975 по 2024 наблюдается устойчивая тенденция к снижению показателей аварийности в гражданской авиации при одновременном значительном росте объёмов авиаперевозок. В десятилетии 1975–1984 гг. показатель авиапроисшествий с полной утратой воздушного судна составлял около 1,8 на миллион вылетов, а уровень смертельных авиапроисшествий – порядка 1,2. В последующие десятилетия фиксируется последовательное снижение обоих показателей: в 1985-1994 гг. – до примерно 1,5 и 1,0 соответственно, в 1995-2004 гг. – до 1,2 и 0,5, в 2005–2014 гг. – до 0,7 и 0,3. В последнем десятилетии 2015-2024 гг. значения достигают минимальных уровней – около 0,3 на миллион вылетов для происшествий с полной утратой воздушного судна и 0,1 для смертельных случаев, при этом общее количество вылетов за десятилетия демонстрирует рост: с примерно 120 млн. в 1975-1984 гг. до около 350 млн. в 2015-2024 гг.

Исследование безопасности перелётов на примере внутренних рейсов из международного аэропорта Самара (Курумоч) имени С.П. Королёва показывает, что в период с 1 по 14 ноября 2025 года из него выполнено 229 рейсов по шести наиболее популярным направлениям. Наибольший пассажиропоток приходится на Москву – 125 рейсов, где лидирует Аэрофлот (58 рейсов), за ним следуют Победа (42), Россия (14), Utair (10) и единичный рейс у Ural Airlines; второе место занимает Санкт-Петербург с 46 рейсами, распределёнными между Smartavia (18), Россией (14) и Победой (14); далее идут Екатеринбург (26 рейсов, преимущественно Utair – 14 и Red Wings – 12) и Сочи (22 рейса с равномерным распределением между Ural Airlines, Победой и Россией по 6 рейсов и Pegas Fly

– 4); наименьшее количество рейсов зафиксировано в Минеральные Воды – 6 рейсов (Азимут) и Калининград – 4 рейса (Nordwind Airlines).

По используемым типам воздушных судов на Московском направлении лидирует Airbus A320 – 58 рейсов (46,4%), затем Boeing 737 – 42 рейса (33,6%), Airbus A321 – 15 рейсов (12,0%) и RRJ-95LR (Superjet) – 10 рейсов (8,0%). При этом сравнительный анализ стоимости билетов показывает существенную вариативность: наиболее высокий уровень у Аэрофлота (160% относительно базового уровня) и Ural Airlines (150%), умеренный у России (120%), базовый у Победы (100%) и самый низкий у Utair (90%).

На направлении Самара – Санкт-Петербург в структуре воздушных судов преобладает Boeing 737 – 32 рейса (69,6%), далее следуют RRJ-95LR – 8 рейсов (17,4%) и Airbus A319 – 6 рейсов (13,0%). По стоимости билетов наиболее высокий уровень у авиакомпании Россия (150% относительно базового уровня), у Победы он составляет 100%, а у Smartavia – 90%.

На направлении Самара – Сочи в структуре воздушных судов, обслуживающих данное направление, преобладает Boeing 737 – 16 рейсов (72,73%), далее следует Airbus A320 – 6 рейсов (27,27%). По количеству выполненных рейсов Ural Airlines, Победа и Россия имеют одинаковые показатели – по 6 рейсов каждая, тогда как Pegas fly (Икар) выполняет 4 рейса. Наиболее дорогие билеты у авиакомпании Россия (180% относительно базового уровня), у Ural Airlines он составляет 150%, у Победы – 100%, а у Pegas – 95%.

На направлении Самара – Екатеринбург в структуре воздушных судов незначительно преобладает ATR 72 – 14 рейсов (53,85%), далее следует RRJ-95LR – 12 рейсов (46,15%). Анализ стоимости билетов показывает, что наиболее высокий уровень у авиакомпании Red Wings (120% относительно базового уровня), у UTair он составляет 100%.

В случае с направлениями Самара – Минеральные Воды и Самара – Калининград пассажиры имеют возможность полететь только на самолёте RRJ-

95LR (Superjet), принадлежащем авиакомпании Азимут, и Airbus A321, принадлежащем Nordwind Airlines, соответственно.

Вероятность полёта на ВС каждого типа при этом следующая: Boeing 737 NG – 39,30%, Airbus A320 – 27,95%, RRJ-95LR (Superjet) – 15,72%, Airbus A321 – 8,30%, ATR 72 – 6,11% и Airbus A319 – 2,62%.

По вероятности безопасного полёта в рейтинге лидируют авиакомпании, эксплуатирующие на данных направлениях самолеты семейства Airbus A320 (Airbus A320 и Airbus A321). В частности, Аэрофлот (92 самолета), Ural Airlines (36 самолетов) и Nordwind Airlines (5 самолётов). Вероятность безопасного полёта при этом составляет 99,999993%.

Далее с вероятностью 99,999992% находятся авиакомпании, эксплуатирующие семейство Boeing 737-NG: Победа, Smartavia, Pegas fly (Икар). Авиакомпания Utair эксплуатирует не только 737-NG, но и ATR72, имеющий более высокий показатель аварийности из-за гораздо меньшей популярности данного типа ВС (произведено 1233 борта против 7121 бортов семейства Boeing 737-NG), и поэтому имеет вероятность безопасного полёта 99,999979%.

Замыкают рейтинг авиакомпании Россия, Red Wings и Азимут с вероятностями безопасного полёта 99,999785%, 99,999700% и 99,999700%, соответственно. Они обслуживают выбранные маршруты частично (Россия) или полностью (Red Wings и Азимут) самолётами типа RRJ-95LR (Superjet), который имеет более высокий показатель аварийности относительно ранее указанных бортов по той же причине, что и ATR-72 (на данный момент произведено 236 бортов против 7121 бортов семейства Boeing 737-NG и 12553 бортов семейства Airbus A320). Информация систематизирована в таблице 1.

Анализ показал, что современные российские авиакомпании, выполняющие региональные и ближнемагистральные рейсы из аэропорта Курумоч, имеют высокий показатель безопасности перелётов благодаря флоту,

состоящему из современных самолётов, отличающихся высоким уровнем безопасности.

То есть, выбор авиакомпании не оказывает существенного влияния на безопасность перелёта, поэтому при выборе рейса стоит ориентироваться на следующие факторы: стоимость билета, комфорт в процессе перелёта, а также программы лояльности, которые предоставляют авиакомпании.

Таблица 1

Анализ безопасности перелётов

			Доля в/с данного типа среди флота авиакомпании, обслуживающего направления Москва, Санкт-Петербург, Сочи, Екатеринбург, Минеральные Воды, Калининград						
Авиа-компания	Количество рейсов 1.11.2025-14.11.2025	Коли-чество самолётов	B737-NG	A320	RRJ-95LR	A321	ATR72	A319	Вероятность безопасного перелёта:
Аэрофлот	58	92		65,22 %		34,78 %			99,999993 %
Ural Airlines	7	36		61,11 %		38,89 %			99,999993 %
Победа	62	41	100,00 %						99,999992 %
Smartavia	18	11	100,00 %						99,999992 %
Pegas fly (Икар)	4	2	100,00 %						99,999992 %
Nordwind	4	5	100,00 %						99,999992 %
Utair	24	56	73,21%				26,79%		99,999979 %
Россия	34	110	12,73%		70,91%			16,36 %	99,999785 %
Red Wings	12	24			100,00 %				99,999700 %
Азимут	6	20			100,00 %				99,999700 %
Итого:	229	397							

Комфорт в процессе перелета определяется следующими факторами:

1. Место для ног (шаг кресел);
2. Масса и габариты ручной клади и багажа, разрешенного для перевозки при базовой стоимости билета;
3. Время, затраченное на полную погрузку и разгрузку и получение багажа;
4. Питание на борту;

5. Наличие мультимедийных систем и доступа в Интернет на борту;
6. Квалификация экипажа.

В открытом доступе сложно найти достоверную информацию по данным параметрам. Более того, шаг кресел зависит не только от авиакомпании и самолёта, но и от того, какой именно борт осуществляет рейс. Это происходит из-за того, что часть флота авиакомпаний взята в лизинг на разный срок. При такой бизнес-модели реконструирование салона не всегда является рентабельным.

Так же стоит отметить, что посадка и высадка может производиться как через телетрап (рукав), так и посредством трансфера на автобусе к самолёту, стоящему на парковке в разном удалении от выхода (гейта) терминала. Это существенно влияет на комфорт и на полное время, затраченное на перелёт.

Ещё одним важным фактором, влияющим на комфорт в процессе перелёта, является квалификация бортпроводников и пилотов. В случае плохих метеоусловий в аэропорту назначения наличие более высокой квалификации у пилотов увеличивает вероятность того, что авиадиспетчером будет дано разрешение на посадку вместо ухода на запасной аэродром.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. A Statistical Analysis of Commercial Aviation Accidents 1958-2024.
2. AIRBUS S.A.S., 2025. 40 с. URL: https://accidentstats.airbus.com/wp-content/uploads/2025/02/20241325_A-Statistical-analysis-of-commercial-aviation-accidents-2025-links.pdf (дата обращения 13.11.2025).
3. Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents 1959 – 2021. – The Boeing Company, 2022. 34 с. URL: https://disk.ssau.ru/s/jyXciBQeocieizt (дата обращения 27.11.2025).

© Попов М.С., Шакиров Ф.М., 2026

УДК 504.054:574.5

Скуратова П.Н., Мусина С.А.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация

e-mail: polina-skuratova@list.ru

БИОИНДИКАЦИЯ КАЧЕСТВА ВОД МАЛЫХ РЕК РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН МЕТОДОМ ПАНТЛЕ-БУККА В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ ПЕСТИЦИДНОЙ НАГРУЗКИ

Аннотация. В статье оценено влияние пестицидной нагрузки на сообщества зообентоса в малых реках Республики Башкортостан. В августе 2025 г. в восьми реках с высокой интенсивностью применения средств защиты растений отобраны пробы зообентоса. Выявлено 24 семейства с доминированием толерантных таксонов. Качество воды оценено по методу Пантле-Букка (модификация Сладечека). Индексы сапробности S составили 1,73-2,31, что соответствует β-мезосапробной зоне (умеренно загрязнённые воды). Результаты указывают на необходимость регулярного гидробиологического мониторинга для предотвращения деградации малых речных экосистем под влиянием аграрной нагрузки.

Ключевые слова: зообентос, пестицидная нагрузка, сельскохозяйственное загрязнение, биоиндикация, индекс сапробности, экологическое состояние вод.

Skuratova P.N., Musina S.A.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

BIOINDICATION OF THE QUALITY OF SMALL RIVERS IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN USING THE PANTLE-BUCKA METHOD IN CONDITIONS OF HIGH PESTICIDE LOADS

Abstract. The article assesses the impact of pesticide load on zoobenthic communities in small rivers of the Republic of Bashkortostan. In August 2025, zoobenthic samples were collected from eight rivers with high intensity of plant protection products. 24 families with the dominance of tolerant taxa were identified. Water quality was assessed using the Pantle-Bucca method (Sladecek modification). The S saprobity indices were 1.73-2.31, which corresponds to the β-mesosaprobic zone (moderately polluted waters). The results indicate the need for regular hydrobiological monitoring to prevent the degradation of small river ecosystems under the influence of agricultural pressure.
Keywords: zoobenthos, pesticide load, agricultural pollution, bioindication, saprobity index, and ecological state of water.

Республика Башкортостан является одним из ведущих аграрных регионов России, обладая значительными природными ресурсами, благоприятными климатическими условиями и развитой инфраструктурой для сельскохозяйственного производства. Регион располагается в Приволжском федеральном округе Российской Федерации, на границе Европы и Азии, с континентальным климатом: теплым летом (средняя температура июля +18-20°С) и холодной зимой (января – 15-17°С). Осадки варьируются от 300-700 мм в год, что способствует разнообразию агроклиматических зон. Почвы преимущественно черноземные в степных районах (до 1/3 территории), серые

лесные и подзолистые в лесостепи, что обеспечивает высокую продуктивность. Республика занимает 3,4% сельхозугодий России (7,069 млн. га, из них пашня – 3,637 млн. га) и производит около 3,2% всей сельхозпродукции страны, тем самым занимая 3 место в Приволжском федеральном округе и 9 место – в Российской Федерации [1].

Обладая статусом одного из ведущих аграрных центров РФ, Республика Башкортостан характеризуется интенсивным ведением сельского хозяйства, что в условиях климатического разнообразия региона диктует необходимость масштабного применения средств защиты растений. Использование пестицидов выступает базовым фактором стабилизации фитосанитарной обстановки и поддержания высокой продуктивности агроценозов.

Интенсификация аграрного сектора неизбежно влечет за собой антропогенную трансформацию природных ландшафтов вследствие накопления агрохимикатов, что создает особую угрозу для гидросферы. Мигрируя через поверхностный сток, подземные воды или в результате атмосферного переноса, ксенобиотики аккумулируются в водоемах, вызывая каскадный токсический эффект во всех звеньях трофической сети [2]. Зообентос, ввиду биологических особенностей и низкой биомассы, выступает в роли высокочувствительного биоиндикатора, оперативно реагирующего на химическое загрязнение [3]. Исходя из этого, целью настоящего исследования является биоиндикационная оценка влияния пестицидной нагрузки на структуру и состояние сообществ зообентоса в водных экосистемах Республики Башкортостан.

Для достижения поставленной цели был проведен полевой отбор проб зообентоса в малых реках Республики Башкортостан. Выбор точек отбора обусловлен их пространственной близостью к зонам интенсивного сельскохозяйственного использования, где по данным ФГИС «Сатурн» наблюдается повышенная нагрузка применения пестицидов (включая гербициды, инсектициды и фунгициды на основе циперметрина, ципроконазола

и других действующих веществ) [4]. Отбор проб осуществлялся с 18 по 21 августа 2025 года в следующих районах: Аургазинский (река Турсагали), Давлекановский (реки Уршак и Малый Удряк), Буздякский (реки Чермасан, Кискаелга и Большой Кидаш), Уфимский (река Тауш) и Иглинский (река Белекес).

Всего в исследованных пробах было выявлено 24 семейства зообентоса. Рассмотрены соотношения по количеству семейств на каждом из исследованных участков (рис. 1).

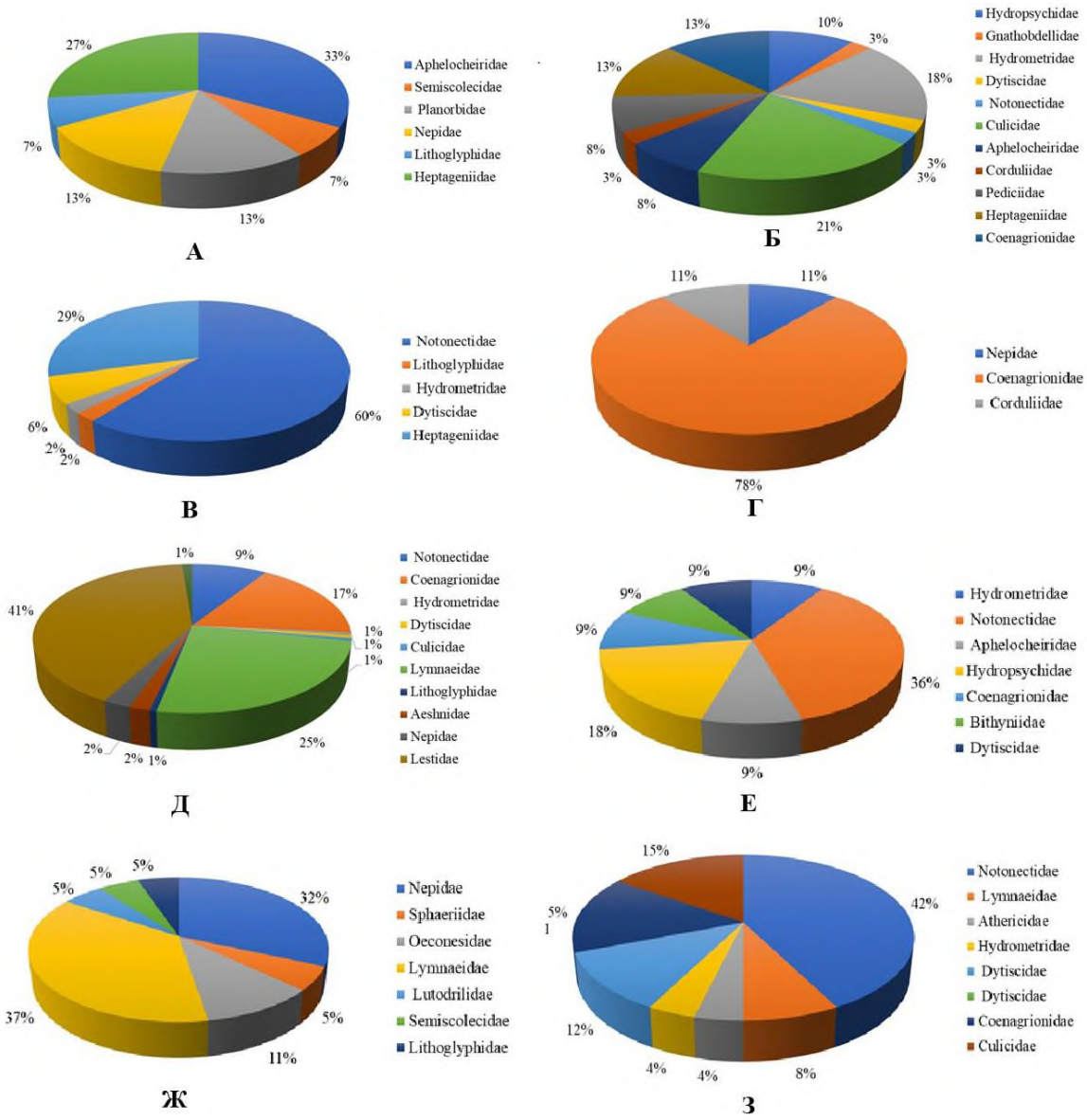


Рис. 1. Соотношение семейств зообентоса (%) в:

А) р. Белекес (Иглинский район); Б) р. Большой Кидаш (Буздякский район);
В) р. Кискаелга (Буздякский район); Г) р. Чермасан (Буздякский район);
Д) р. Малый Удряк (Давлекановский район);
Е) р. Уршак (Давлекановский район); Ж) р. Тауш (Уфимский район);
З) р. Турсагали (Аургазинский район)

Анализ структуры зообентоса исследованных водотоков выявил существенные различия в таксономическом составе и соотношении доминирующих групп, отражающие неоднородность экологического состояния рек. В р. Белекес зафиксирована наиболее сбалансированная структура зообентосного сообщества. Доминантный комплекс представлен Aphelocheiridae (33%) и Heptageniidae (27%). Присутствие последних, являющихся облигатными реофилами с высокими требованиями к содержанию растворённого кислорода, свидетельствует о низком уровне органического загрязнения и удовлетворительном кислородном режиме. Качество воды оценивается как относительно благополучное. В р. Большой Кидаш отмечено высокое таксономическое разнообразие – 10 семейств. В структуре доминируют Culicidae (21%) и Hydrometridae (18%), однако существенна доля Heptageniidae (13%) и Hydropsychidae (10%). Присутствие чувствительных реофильных таксонов указывает на умеренное антропогенное воздействие без признаков критической деградации водной среды. В р. Кискаелга структура сообщества упрощена с выраженным доминированием Notonectidae (60%). Вместе с тем значимая доля Heptageniidae (29%) свидетельствует о сохранении участков с достаточной проточностью и благоприятным кислородным режимом. Экологическое состояние оценивается как умеренно удовлетворительное. В р. Чермасан зафиксировано минимальное таксономическое разнообразие – 3 семейства. Абсолютное доминирование Coenagrionidae (78%) характерно для сильно заросших, слабопроточных биотопов с интенсивным накоплением детрита и дефицитом кислорода в придонных горизонтах. В р. Малый Удряк

зарегистрировано максимальное разнообразие среди всех исследованных водотоков – более 10 семейств. Доминантный комплекс составляют Lestidae (41%) и Lymnaeidae (25%). Преобладание лимнофильных стрекоз и лёгочных моллюсков указывает на замедленный гидродинамический режим и умеренное органическое обогащение субстрата. Тем не менее высокое таксономическое богатство обеспечивает функциональную устойчивость сообщества. В р. Уршак доминируют Notonectidae (36%), однако значительна доля Hydropsychidae (18%). Присутствие ручейников, требовательных к аэрации водной среды, свидетельствует о наличии реофильных зон с благоприятным кислородным режимом. По совокупности показателей река характеризуется как одна из наиболее экологически благополучных. В р. Тауш доминируют Lymnaeidae (37%) и Nepidae (32%) – таксоны, толерантные к органическому загрязнению и ассоциированные с условиями эвтрофикации. Структура сообщества указывает на повышенную антропогенную нагрузку и ухудшение качества воды. В р. Турсагали доминантный комплекс представлен Notonectidae (42%), Culicidae (15%) и Coenagrionidae (15%). Полное отсутствие чувствительных реофильных форм свидетельствует о подавленном гидродинамическом режиме, заилении субстрата и умеренном органическом обогащении водотока.

Для оценки качества воды на основе структурно-функциональных характеристик зообентоса применяется ряд стандартизированных методов биоиндикации.

Метод Р. Пантле и Г. Букка, или индекс сапробности (S) подходит для индикации всех типов водоемов, предполагает при оценке качества воды учет количественных характеристик гидробионтов. Данный индекс рассчитывается по формуле:

$$S=\sum s*h/\sum h, \quad (1)$$

где s – индикаторная значимость вида (s: 1 – олигосапробы, 2 – бета-мезосапробы, 3 – альфа-мезосапробы, 4 – полисапробы);

h – относительная численность вида (h: 1 – случайные находки, 3 – частая встречаемость, 5 – массовое развитие).

Согласно ГОСТ 17.1.3.07-82 могут выделяться следующие градации индекса сапробности с привязкой к степени загрязненности воды:

<1 – ксеносапробная зона, «очень чистая»;

1,0-1,5 – олигосапробная зона, «чистая»;

1,51-2,5 – β-мезосапробная зона, «умеренно загрязнённая»;

2,51-3,5 – α-мезасапробная зона, «загрязнённая»;

3,51-4,0 – полисапробная зона, «грязная»;

>4 – гиперсапробная зона, «очень грязная».

В таблице 1 приведено распределение найденных семейств в малых реках Республики Башкортостан по индикаторной значимости (s).

Таблица 1

Распределение семейств по индикаторной значимости (s)

Группа s	Категория	Семейства
s=1	Олигосапробы (Чистые воды)	Heptageniidae, Athericidae, Oeconesidae
s=2	Бета-мезосапробы (Умеренно загрязненные)	Aphelocheiridae, Hydrometridae, Dytiscidae, Coenagrionidae, Nepidae, Corduliidae, Notonectidae, Bithyniidae, Sphaeriidae, Planorbidae, Gnathobdellidae, Pediciidae, Aeshnidae, Lestidae, Limoniidae, Lithoglyphidae, Hydropsychidae,
s=3	Альфа-мезосапробы (Загрязненные воды)	Lymnaeidae, Lutodrilidae, Semiscolecidae
s=4	Полисапробы (Грязные воды)	Culicidae

Результаты проведенных расчетов индекса сапробности водных объектов свидетельствуют о том, что все исследуемые реки, а именно Белекес (1,83), Кискаелга (1,73), Уршак (2,0), Турсагали (2,31), Большой Кидаш (2,11), Тауш (2,24), Малый Удряк (2,22), Чермасан (2,00) находятся в пределах β-

мезосапробной зоны, что указывает на наличие умеренно загрязненных вод. Данные получены на основе анализа состава семейств зообентоса из круговых диаграмм, с использованием упрощённой шкалы обилия и индикационной значимости s.

Таким образом, полученный статус рек отражает типичную для региона антропогенную трансформацию водотоков под влиянием аграрного сектора, выраженную в умеренном органическом обогащении при сохранении высокого потенциала самоочищения, о чем говорит присутствие чувствительных к кислородному режиму реофильных таксонов, таких как поденки Heptageniidae, обеспечивающих наиболее благоприятные показатели в реках Кискаелга и Белекес. В то же время выявленные локальные зоны риска в руслах рек Турсагали и Тауш, характеризующиеся смещением биоценотической структуры в сторону альфа-мезосапробов (Lymnaeidae) и полисапробов (Culicidae), указывают на прогрессирующие процессы заиливания и эвтрофикации, которые, несмотря на отсутствие перехода в категорию «грязных» вод, требуют внедрения системы регулярного гидробиологического мониторинга для предотвращения дальнейшей деградации малых речных экосистем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Место Республики Башкортостан среди субъектов Российской Федерации за 2024 год / Башкортостанстат. – URL: https://02.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Mesto-Respubliki-Bashkortostan-sredi-subektov-Rossijskoj-Federacii-za-2024-god.pdf (дата обращения: 21.03.2026).

2. Хасанова Л.Н. Литературный обзор исследований содержания пестицидов в рыбных ресурсах и выявление приоритетных направлений развития // Наука, образование, производство для противодействия техногенным угрозам и решения экологических проблем (Техносферная безопасность-2024): материалы

XXI Международной научно-практической конференции. Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2024. С. 193-199.

3. Скуратова П.Н. Изучение актуальности применения макробеспозвоночных в качестве биоиндикаторов при загрязнении водных объектов пестицидами // Мавлютовские чтения: материалы XVIII Всероссийской молодёжной научной конференции. Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2024. С. 100-104.

4. ФГИС «Сатурн». URL: https://fgis-saturn.ru/ (дата обращения: 21.03.2026).

© Скуратова П.Н., Мусина С.А., 2026

УДК 543.27.08.068.2

Нуриханов В.Д., Малышева Е.М.

Уфимский университет науки и технологии, г. Уфа, Российская Федерация

e-mail: vadimnurihanov93@gmail.com

ВЫЯВЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ В ОБЛАСТИ ГАЗОАНАЛИЗА МЕТОДАМИ БИБЛИОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Аннотация. В работе выполнен библиометрический анализ с построением сети связей для описания исследовательских трендов в исследуемой области. Анализ включал поиск статей с помощью программного пакета Publish or Perish и построение карт визуализации в программном пакете VOSviewer. В базе CrossRef для поиска публикаций введен запрос: «gas sensor, toxic gas,VOC, air monitoring» и отобрано 1000 статей. Ключевые слова из статей группировались в зависимости от частоты появления, порогом отображения выбрано 10 появлений в статьях.

Ключевые слова: газовые сенсоры, мониторинг качества воздуха, библиометрический анализ, токсичные газы, интернет вещей, летучие органические соединения.

Nurikhanov V.D., Malysheva E.M.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

IDENTIFICATION OF PROMISING AREAS IN THE FIELD OF GAS ANALYSIS BY BIBLIOMETRIC ANALYSIS METHODS

Abstract. The paper performs a bibliometric analysis with the construction of a network of links to describe research trends in the field under study. The analysis included searching for articles using the Publish or Perish software package and building visualization maps in the VOSviewer software package. A query was entered in the CrossRef database to search for publications: «gas sensor, toxic gas,VOC, air monitoring» and 1000 articles were selected. Keywords from articles were grouped depending on the frequency of occurrence, and 10 article appearances were selected as the display threshold.

Keywords: gas sensors, air quality monitoring, bibliometric analysis, toxic gas, Internet of Things, volatile organic compounds.

Современное развитие промышленности, урбанизации и рост техногенных нагрузок на окружающую среду приводят к увеличению концентрации токсичных газов и летучих органических соединений в атмосферном воздухе. Контроль качества воздуха становится одной из приоритетных задач экологической безопасности и общественного здоровья. Ключевую роль в решении этой задачи играют газоанализаторы – технические средства, позволяющие оперативно обнаруживать вредные вещества в воздушной среде.

Полученные результаты сети включают в себя определенные слова и словосочетания, наиболее часто используемые в статьях и связанные со словами запроса.

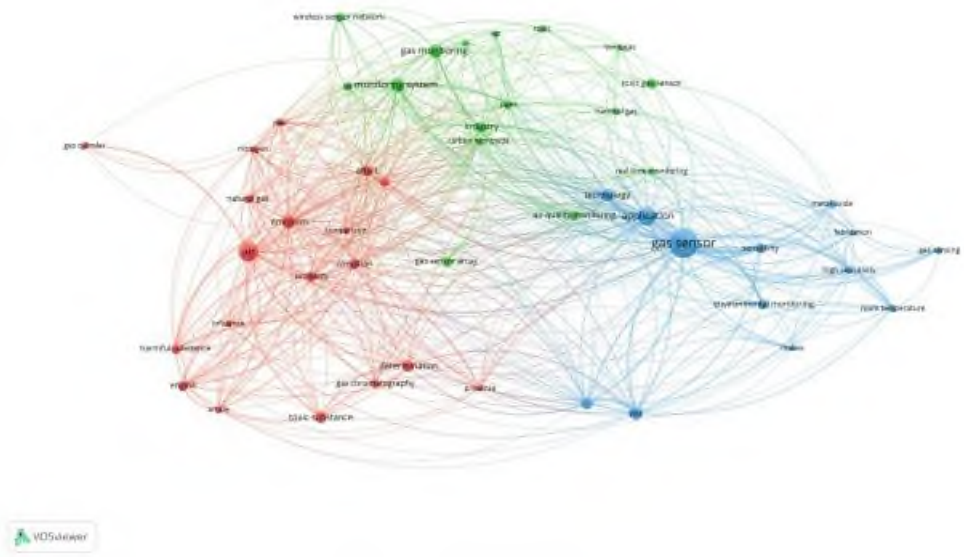


Рис. 1. Network Visualization

На рис. 1 представлена Network Visualization, где цветные кластеры показывают тематические группы, размер узла отражает частоту встречаемости, а линии – связи между терминами.

В результате анализа выделено несколько тематических кластеров.

Кластер 1 (метрология и условия измерения): air, article, comparison, condition, determination, effect, emission, engine, gas chromatography, gas cylinder, harmful substance, year.

Данный кластер объединяет термины, относящиеся к экспериментальной метрологии и условиям проведения газоанализа. В него входят как эталонные методы измерения (gas chromatography), так и средства подготовки (gas cylinder), и объекты исследования (engine). Высокая частота слов (condition, determination и comparison) указывают на значимость воспроизводимости условий и сравнительного анализа для оценки содержания вредных веществ в воздухе.

Кластер 2 (системы мониторинга): air quality monitoring, carbon monoxide, co2, gas monitoring, gas sensor array, harmful gas, industry, iot, monitoring system, oil, ppm, real time monitoring, toxic, toxic gas, toxic gas sensor, wireless sensor network.

Данный кластер объединяет термины, относящиеся к прикладным системам непрерывного контроля газовой среды. В отличие от лабораторной хроматографии, здесь доминируют концепции Интернета вещей (IoT) и беспроводных сенсорных сетей (WSN), обеспечивающих мониторинг в реальном времени (real time monitoring). Ключевая область применения – промышленность (industry) и экологический мониторинг (air quality monitoring), а целевыми компонентами выступают токсические газы (toxic gas), оксид и диоксид углерода (CO, CO_2), часто в связке с нефтяными объектами (oil). Термин ppm указывает на единицы измерения концентрации, используемые в системах газоанализа.

Кластер 3 (материалы и технологии газовых сенсоров): application, environmental monitoring, fabrication, gas sensing, gas sensor, high sensitivity, metal oxide, review, room temperature, sensitivity, technology, voc.

Третий кластер объединяет термины, относящиеся к фундаментальным и обзорным аспектам разработки полупроводниковых газовых сенсоров. Высокая частота использования metal oxide и review указывает на то, что данная область является устоявшейся и активно систематизируется в обзорных публикациях. Основной материал – металлооксиды – обеспечивает высокую чувствительность (high sensitivity) к летучим органическим соединениям (voc), что определяет основное применение таких сенсоров в задачах экологического мониторинга (environmental monitoring) и контроля качества воздуха. Технологические аспекты представлены терминами (fabrication и technology), описывающим процессы изготовления газочувствительных слоев. Работа при комнатной

температуре (room temperature) является ключевым трендом для снижения энергопотребления.

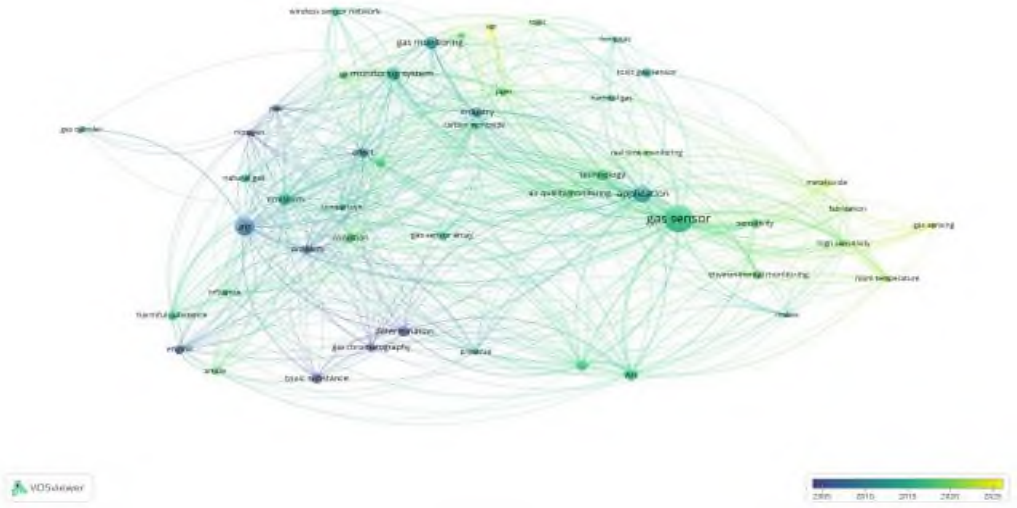


Рис. 2. Overlay Visualization

На рис. 2 представлена Overlay Visualization, где цвет элемента отражает средний год публикации, помогая выявить новые и устаревшие темы.

Более новые темы (актуальные тренды):

- IoT;
- metal oxide;
- gas sensing;
- room temperature.

Более старые, но сохраняющие высокую связанность:

- gas sensor;
- air;
- application;
- oil monitoring system.

Это свидетельствует о смене исследовательской парадигмы: от пассивной фиксации параметров окружающей среды к активному управлению процессами контроля и очистки, с фокусом на токсичные компоненты, эффективность методов и внедрение интеллектуальных сенсорных систем.

Также в ходе работы была проанализирована Density Visualization (тепловая карта). Наиболее плотные области («горячие точки») исследований формируются вокруг терминов: – gas sensor – air – gas monitoring.

Это означает, что ядро современной научной области – газовые сенсоры, воздух и мониторинг газа. Менее плотные, но растущие зоны – application, technology, determination, oil monitoring system.

Библиометрический анализ показал, что исследовательские тренды в области газоанализа формируются вокруг трех тематических кластеров: метрология, материалы сенсоров и системы мониторинга. Наиболее разработанной областью является газовая хроматография и металлооксидные сенсоры. Перспективные направления включают интеграцию с IoT, снижение энергопотребления, повышение чувствительности к VOC и переход от нефтяного мониторинга к широкому экологическому контролю качества воздуха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технические условия на установку сигнализаторов и газоанализаторов (ТУ-ГАЗ-86): утверждены приказом Миннефтехимпрома СССР от 30 апреля 1986 г. № 419.
2. Каганов, Э.М. Газоаналитическое оборудование: устройство, выбор, эксплуатация / Э.М. Каганов. М.: Техносфера, 2020. 352 с.
3. Труль А.А., Агина Е.В., Пономаренко С.А. Газовые сенсоры на основе сопряженных олигомеров и полимеров как перспективные чувствительные элементы для мониторинга содержания токсичных газов в составе атмосферы // Высокомолекулярные соединения. Серия Б. 2021. Т. 63, № 5. С. 277-294.

© Нуриханов В.Д., Малышева Е.М., 2026

УДК 504.054

Пашутина А.И., Кусова И.В.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация

e-mail: pashutina.lina@bk.ru

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ

Аннотация. В статье рассмотрены экологические последствия применения противогололедных реагентов на территории крупных городов в зимний период. Проанализировано влияние хлоридных и ацетатных реагентов на водные объекты, почвенные комплексы и зеленые насаждения. Приведены данные о превышении предельно допустимых концентраций хлоридов в талых водах, а также предложены современные инженерные решения для снижения экологического ущерба с учетом принципов ESG-трансформации городского хозяйства.

Ключевые слова: противогололедные реагенты, поверхностный сток, хлориды, засоление почв, городские экосистемы, зеленые технологии.

Pashutina A.I., Kusova I.V.

Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF USING DE-ICING AGENTS

Abstract. The article examines the environmental consequences of using de-icing agents in large cities during the winter period. The impact of chloride and acetate de-icers on water bodies, soil complexes, and green spaces is analyzed. Data on exceeding the maximum permissible concentrations of chlorides in meltwater are presented, and

modern engineering solutions to reduce environmental damage are proposed, taking into account the principles of ESG transformation of urban infrastructure.
Keywords: de-icing agents, surface runoff, chlorides, soil salinization, urban ecosystems, green technologies.

Развитие и функционирование крупных мегаполисов, в особенности расположенных в северных областях, неизбежно приводит к необходимости удаления снега и борьбы с обледенением дорог. Противогололедная реагентная обработка автомагистралей мегаполиса, являясь важным фактором обеспечения безопасности движения в городе, одновременно предопределяет комплекс негативных воздействий на природную среду и инженерные инфраструктуры мегаполиса.

Борьба с обледенением производится, в основном, химическими методами, поэтому в водные бассейны и на почвенные массивы региона мегаполиса поступают большие массы химических реагентов, загрязняющих поверхностные и грунтовые воды и создающих угрозу для растительного и животного миров и человека.

Большое количество применяемых противогололедных реагентов и разнообразие поступающих с ними химических соединений приводит к существенным изменениям химического состава основных компонентов окружающей среды (почвы, воды, воздуха), что вызывает изменение и деградацию видового состава обитающих в них организмов.

В качестве противогололедных материалов, обладающих способностью плавить лед в значительном количестве в широком диапазоне отрицательных температур, используются:

- соль (NaCl);
- хлориды кальция ($CaCl_2$), калия (KCl), магния ($MgCl_2$);
- кальций магнезиальный ацетат ($CaMg_2((C_2H_3OO)_2)_6$);

- ацетатные материалы ($KC_2H_3O_2$).

Для борьбы с зимней скользкостью эти соли могут использоваться в твердом и жидком состоянии. По составу они могут быть однородными или смешанными в различных пропорциях.

Основным противогололедным реагентом является соль NaCl, поскольку хлориды имеют широкое распространение, их природные и промышленные ресурсы весьма велики, они являются относительно дешевым и доступным материалом. Остальные реагенты очень дороги.

При температурах от 0 до –10 °С применяется соль, смоченная водой в соотношении: 23% соли и 77% воды. При более низких температурах применяется соль с песком (20% соли, 80% песка).

В настоящее время среди применяемых хлоридных реагентов предпочтительным является жидкий хлористый кальций модифицированный (ХКМ) или твердый - ХКФ, они содержат меньшую долю хлорида [1].

Использование противогололедных реагентов в зимний период для борьбы с гололедом на дорогах приводит к резкому увеличению содержания соли в снеговом покрове. Так, содержание хлоридов в тающем снеге превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) для ливневых стоков в 10-25 раз [2]. ПДК для ионов кальция, магния и натрия не установлены, но выявлено, что после подсыхания дорог эти металлы в виде мельчайших частиц пыли попадают в легкие, вызывая аллергические реакции – першение, кашель.

Атмосферные осадки, выпадающие в холодное время года, являются основной составляющей поверхностного стока, формирующегося на территории города и существующего в это время года в «замороженном» состоянии. В отличие от поверхностного стока, формирующегося в теплое время года и обладающего пролонгированным воздействием на водные объекты города, зимний сток поступает в системы водоотведения, и в том числе в водные объекты, всплесками во время оттепелей и весеннего снеготаяния, а также в виде

сбросов в реки. В результате этого во всех без исключения водных объектах города наблюдаются всплески загрязнений воды во время оттепелей и паводка.

Талый снег частично поступает в поверхностные воды, что ведет к увеличению минерализации речной воды весной, а частично - в почву, что приводит к ее засолению. Растворенная соль, попадая в ручьи, реки, пруды и озера действует как слабый электролит, изменяя электрическую проводимость водной системы. Если концентрация соли больше 1%, то все виды, адаптированные к пресной воде - бактерии, водоросли, беспозвоночные, рыбы оказываются в опасности.

Авторская схема потоков загрязнителей при снеготаянии. На основе анализа литературных данных предложена следующая схема миграции хлоридов в городской экосистеме: Дорога (реагент) → снег (накопление 2-3 месяца) → снеготаяние (оттепель/весна) → два основных пути: путь А (40-60 % массы): ливневая канализация → малые реки → накопление Cl^- в воде и донных отложениях; путь Б (30-50 % массы): инфильтрация в почву → засоление корнеобитаемого слоя → поглощение растениями → угнетение фитоценозов; путь В (5-15 %): аэрозольный перенос → оседание на кроны деревьев → некрозы листьев. Данная схема наглядно демонстрирует, что наибольший экологический ущерб связан не с самим реагентом, а с отсутствием барьеров на пути талых вод в придорожной полосе.

Как показывают результаты анализов качества воды в реке Москва, из множества контролируемых показателей значительные превышения ПДК для водоемов культурно-бытового назначения наблюдаются по 5 показателям, для водоемов рыбо-хозяйственного назначения - по 14 показателям.

Региональные особенности на примере городского округа г. Уфа. По данным Министерства природопользования и экологии Республики Башкортостан, в зимний период 2024-2025 гг. на дорогах г. Уфы использовалось около 12-15 тыс. тонн противогололёдных реагентов, преимущественно

хлоридных (NaCl, $CaCl_2$). Мониторинг поверхностных вод р. Белая в районе Южного водозабора показал, что в период весеннего половодья содержание хлорид-ионов достигало 180-220 мг/л при ПДК для рыбохозяйственных водоёмов 50 мг/л, что превышает норматив в 3,5-4,5 раза. В придорожных почвах (зона 0-10 м от проезжей части) зафиксировано накопление натрия до 400–600 мг/кг при фоновых значениях 40–60 мг/кг. Отмечено угнетение древесных насаждений (липы, берёзы) вдоль проспекта Октября и улицы Пугачёва: суховершинность, хлорозы, некрозы листовых пластинок. Эти данные подтверждают, что экологические последствия применения реагентов в крупных городах Приуралья аналогичны московским, а в отдельных зонах (пойменные участки, малые реки) даже усугубляются из-за низкой скорости самоочищения водотоков.

Такими показателям для культурно-бытовых водоемов являются: химическая потребность в кислороде (ХПК), железо, марганец, нефтепродукты и бактериальное загрязнение (коли-индекс) [3]. Последние два показателя характеризуются наиболее высокой степенью превышения над допустимыми значениями – по нефтепродуктам в среднем на 28 %, по коли-индексу в 75 раз.

При сравнении данных анализа воды с ПДК для рыбохозяйственных водоемов наиболее сильное загрязнение наблюдается по нефтепродуктам и аммиаку. Как аммиак, так и нефтепродукты в повышенных концентрациях представляют серьезную опасность для живых организмов [3], поскольку являются нервно - паралитическими ядами, а также могут вызвать повреждение эпительных тканей рыб, приводя к появлению на теле язв и нарушая функцию органов зрения.

Кроме того, аэрозоль водно-солевой смеси разносится ветром на прилегающие территории и распространяется от 30 до 200 м. В результате, деревья и кустарники задерживают соли на листьях и ветках, являясь

механической преградой распространения водно-солевой смеси воздушным путем, что затрудняет транспирацию и дыхание растений.

Отрицательное действие солей на растения имеет комплексный характер. Осмотическое действие проявляется в пониженном поглощении воды и неблагоприятном изменении водно-солевого обмена в клетках и тканях. Дефицит воды в тканях, являющейся результатом осмотического действия солей, может усугубляться их токсичностью. Визуальное проявление токсичности можно наблюдать по образованию на листьях и стеблях некрозов.

По мере аккумуляции солей в растениях их жизнеспособность падает, и ослабленные растения в еще большей степени подвергаются действию различных фитопатогенов и техногенных факторов.

Современные инженерные решения для снижения экологического ущерба с учетом принципов ESG-трансформации (Environmental, Social, Governance) предполагают во-первых, внедрение систем управляемого снеготаяния с очисткой талых вод: стационарные снеготаялки с блоками фильтрации (сорбционные загрузки, обратный осмос), что позволяет удалять до 95–98% хлоридов и нефтепродуктов, а очищенные воды направлять в ливневую канализацию или использовать повторно. Во-вторых, устройство дренажных систем с барьерными сорбентами вдоль дорог: придорожные дренажные полосы с засыпкой из цеолитов, активированного угля или шунгита, сорбирующие хлориды и тяжелые металлы до попадания в почву и грунтовые воды. В-третьих, применение «умных» систем дозированного распределения реагентов на основе данных дорожных метеостанций и датчиков скользкости, что позволит снизить химическую нагрузку на 30-40%. В-четвертых, замена хлоридных реагентов на ацетатные и формиатные композиции (например, ацетат кальция-магния, формиат натрия), содержащие минимальное количество хлор-иона и являющиеся полностью биоразлагаемыми за период 5–10 суток. В-пятых, создание барьерных зеленых полос с солеустойчивыми растениями-

галлофитами (*Puccinellia distans*, *Salsola kali*), которые аккумулируют соли в биомассе с последующим удалением, что снижает засоление почвы на 25–35%. Внедрение этих решений требует корректировки нормативных документов и формирования публичной ESG-отчетности городов, обеспечивая баланс между безопасностью движения и сохранением городских экосистем.

В настоящее время полностью отказаться от применения противогололедных реагентов невозможно в условиях заснеженной зимы, можно только наметить возможные пути решения этой проблемы [4].

Во-первых, ограничение применения противогололедных реагентов. Снижение воздействия противогололедных реагентов на экосистемы может быть обеспечено за счет их дозированного применения, исходя из конкретных природных и дорожных условий мегаполиса. Так, например, снижение уровня хлоридов принципиально возможно за счет применения реагентов с пониженным содержанием хлор-иона и использования не хлоридной (ацетатной) группы реагентов, не образующей азото-фосфатных стоков [5].

Второй путь решения данной проблемы - не допустить или ограничить поступление снега с солью в почву. Это актуально для придорожной части газона. Здесь можно предложить два варианта: это устройство технической полосы вдоль проезжих частей для кратковременного складирования смеси и его быстрой уборки, и устройство бортового камня с дренажом под ним, чтобы максимально уменьшить поступление солевого раствора в почву.

Из зарубежного опыта целесообразно использовать на дорогах стоки в виде решеток и водоотводящие каналы для быстрого удаления талой массы с дороги. Другим доступным и реальным вариантом для решения этой проблемы при дальнейшем использовании такого же количества соли является изменение технологии снегоуборки дорог.

Таким образом, правильный выбор комплексных методов защиты окружающей среды и обеспечения экологической чистоты водных систем

крупного мегаполиса является актуальной задачей для всего мирового сообщества и, в особенности, для стран, расположенных в северных широтах земного шара.

Вывод авторов. Проведённый анализ показал, что полный отказ от хлоридных реагентов в крупных городах РФ в ближайшие 5–7 лет экономически нецелесообразен. Однако достижение баланса между транспортной безопасностью и устойчивостью городских экосистем возможно за счёт сочетания трёх мер: (1) перехода на ацетатные и формиатные реагенты на наиболее чувствительных участках (парки, водоохранные зоны); (2) внедрения сорбционных дренажей вдоль магистралей; (3) ежеквартального публичного мониторинга содержания хлоридов в малых реках в рамках ESG-отчётности муниципалитетов. Предложенный подход не требует кардинального увеличения бюджета, но позволяет снизить экологический ущерб на 35–50% по оценкам зарубежных исследований (Harris, Smith, 2025).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Состояние окружающей среды г. Москвы за 2024 год: доклад / Департамент природопользования. Москва, 2025. 187 с.

2. Методические рекомендации по применению противогололедных материалов на автомобильных дорогах / Росавтодор. Москва, 2024. 64 с.

3. Harris D. Environmental impacts of de-icing agents: a 5-year review / D. Harris, J. Smith // Urban Ecology Journal. 2025. Vol. 18, No. 3. P. 210–225.

© Пашутина А.И., Кусова И.В., 2026

УДК 502/504:622

Степанова Д.В., Елизарьева Е.Н.

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», г. Уфа, Российская Федерация

e-mail: stepanovadaria08@mail.ru

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ

Аннотация. Рассмотрены основные аспекты негативного воздействия горнодобывающей промышленности на компоненты окружающей среды. Приведены характеристики выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, сбросов в водные объекты и образования отходов производства. Проанализированы данные государственных докладов о состоянии окружающей среды Российской Федерации, показан вклад добывающего сектора в суммарную техногенную нагрузку. Обоснована необходимость дальнейшего совершенствования природоохранных мероприятий в отрасли.

Ключевые слова: горнодобывающая промышленность, загрязнение атмосферы, сточные воды, отходы производства, экологическая безопасность, государственный доклад.

Stepanova D.V., Elizareva E.N.

Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

THE CURRENT STATE OF THE PROBLEM OF ENVIRONMENTAL POLLUTION BY THE MINING INDUSTRY

Abstract. The main aspects of the negative impact of the mining industry on environmental components are considered. The characteristics of atmospheric

emissions, wastewater discharges and production waste generation are given. The data of state reports on the state of the environment of the Russian Federation are analyzed, the contribution of the mining sector to the total technogenic load is shown. The necessity of further improving environmental measures in the industry is substantiated.
Keywords: mining industry, air pollution, wastewater, production waste, environmental safety, state report.

Горнодобывающая промышленность Российской Федерации представляет собой комплекс отраслей, занимающихся разведкой, добычей и подготовкой к переработке минерально-сырьевых ресурсов. Она включает добычу угля, руд чёрных и цветных металлов, драгоценных металлов, а также нерудных полезных ископаемых и занимает ведущее место в экономике страны. Основные регионы добычи сосредоточены в Кемеровской области, Красноярском крае, Республике Коми, на Урале и Дальнем Востоке. Предприятия отрасли являются мощными источниками техногенного воздействия, поскольку технологические процессы сопровождаются образованием и выделением широкого спектра загрязняющих веществ.

Актуальность исследования обусловлена тем, что горнодобывающая промышленность сохраняет лидирующие позиции по объёмам выбросов в атмосферный воздух, сброса загрязнённых сточных вод и образования отходов. Постоянное увеличение глубины карьеров, вовлечение в отработку руд с более низким содержанием полезного компонента и расширение площадей нарушенных земель усугубляют экологическую ситуацию в горнодобывающих регионах. В связи с этим анализ современного состояния проблемы загрязнения окружающей среды горнодобывающим комплексом представляет научный и практический интерес.

Цель работы – проанализировать загрязнение окружающей среды горнодобывающей промышленностью и оценить её вклад в общую техногенную

нагрузку на основе данных государственных докладов. Для достижения цели поставлены задачи: рассмотреть горнодобывающее производство как источник загрязнения окружающей среды; выполнить анализ воздействия отрасли на атмосферный воздух, водные объекты и образование отходов; обобщить сведения государственной статистической отчётности.

Атмосферные выбросы являются одним из ключевых факторов негативного воздействия горных предприятий. Основными источниками служат буровзрывные работы, дробление и сортировка горной массы, транспортировка, отвалы вскрышных пород и хвостохранилища, а также котельные и дизельные установки. По характеру образования выделяют организованные (дымовые трубы, аспирационные системы) и неорганизованные (пыление с открытых поверхностей, транспортных путей) выбросы.

Основные загрязняющие вещества, поступающие в атмосферный воздух от объектов горной добычи, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные загрязняющие вещества атмосферного воздуха горнодобывающего производства

Вещество	Класс опасности	Основное воздействие
Пыль неорганическая (SiO_2)	III	Раздражение дыхательных путей, пневмокониоз
Взвешенные вещества (PM10, PM2.5)	III	Проникновение в лёгкие, хронические заболевания
Оксид углерода (CO)	IV	Гипоксия, нарушение кислородного обмена
Диоксид азота (NO_2)	II	Раздражение, токсическое действие
Оксид азота (NO)	III	Участие в образовании фотохимического смога
Диоксид серы (SO_2)	III	Кислотные дожди, раздражение дыхательных путей
Бенз(а)пирен	I	Канцерогенное воздействие
Металлы (Fe, Mn, Pb, Cd)	I–III	Токсичность, кумулятивный эффект

Особую опасность представляют мелкодисперсные пылевые частицы, способные переноситься на значительные расстояния и формировать вторичное загрязнение.

Сточные и дренажные воды горнодобывающих предприятий образуются при водоотливе из шахт и карьеров, на обогатительных фабриках, а также в виде фильтрата из хвостохранилищ и отвалов. Их состав характеризуется высокой минерализацией и присутствием токсичных компонентов. Основными загрязнителями гидросферы являются взвешенные вещества, сульфаты, хлориды, железо, марганец, медь, цинк, свинец, кадмий, ртуть и нефтепродукты. Наибольшую экологическую угрозу создают кислые дренажные воды, формирующиеся при окислении сульфидных минералов: низкое значение pH способствует переходу растворённых металлов в подвижные формы, что ведёт к загрязнению поверхностных и подземных вод.

Отходы производства являются ещё одним значимым фактором воздействия. Горнодобывающий сектор генерирует до 90 % всех образующихся в стране промышленных отходов. Основную массу составляют вскрышные и вмещающие породы (V класс опасности), хвосты обогащения (IV-V классы), а также шламы, осадки очистных сооружений, отработанные масла и металлолом. Ключевыми источниками выступают открытые горные работы и обогатительные переделы. Хвостохранилища, в которых концентрируются тонкодисперсные частицы и остатки флотационных реагентов, при недостаточной гидроизоляции являются источником фильтрации загрязнённых вод, а при высыхании поверхности – пылеобразования.

Согласно данным государственных докладов о состоянии окружающей среды, добыча полезных ископаемых вносит существенный вклад в общие выбросы загрязняющих веществ в Российской Федерации (рис. 1).

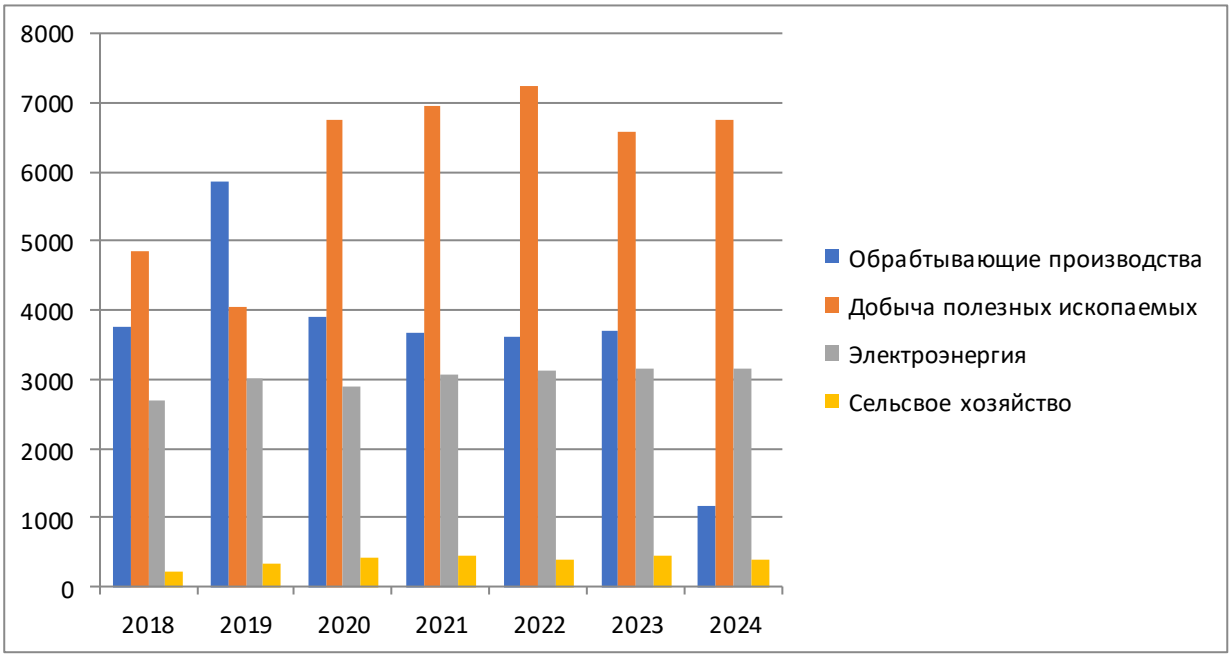


Рис. 1. Выбросы загрязняющих веществ по отраслям промышленности, тыс. тонн

Из диаграммы видно, что добывающая отрасль стабильно входит в тройку крупнейших стационарных источников выбросов, хотя в последние годы намечается тенденция к снижению валовых показателей, что связывают с внедрением наилучших доступных технологий и модернизацией производств. В сфере водопотребления и водоотведения отрасль занимает менее значимую долю по сравнению с энергетикой и обрабатывающими производствами, однако остаётся поставщиком значительных объёмов недостаточно очищенных стоков, характеризующихся высоким содержанием солей тяжёлых металлов.

По образованию отходов горнодобывающая промышленность является абсолютным лидером. В 2024 году общий объём отходов в России составил 8,5 млрд. тонн, из них на долю добычи полезных ископаемых пришлось 92,6 %. При этом 64,9 % всех отходов генерирует угледобыча, а 24,6 % – добыча металлических руд. Снижение абсолютных показателей в сравнении с 2023 годом (с 9,3 до 8,5 млрд. тонн) частично объясняется изменением законодательства, позволившим отнести часть вскрышных пород к побочным продуктам.

Таким образом, горнодобывающая промышленность остаётся мощным источником комплексного техногенного воздействия на все компоненты окружающей среды. Основной вклад в загрязнение атмосферы вносят пылевые выбросы, оксиды азота и углерода, в загрязнение водных объектов – взвешенные вещества, соединения железа и тяжёлых металлов, а в образование отходов – вскрышные породы и хвосты обогащения. Статистика государственных докладов подтверждает лидирующее положение отрасли по ряду экологических показателей, что обосновывает необходимость дальнейшего внедрения ресурсосберегающих и средозащитных технологий, а также совершенствования системы экологического мониторинга и нормирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения. Москва: Издательство стандартов, 1986. 10 с.
2. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Москва, 2021. 636 с.
3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2024 году». Москва: Минприроды России, 2025. 678 с.
4. ИТС 25-2023. Добыча и обогащение железных руд. Москва: Бюро НДТ, 2023. 315 с.
5. Орлов Д.С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: учебное пособие для вузов / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, И. Н. Лозановская. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Высшая школа, 2002.
6. Трубецкой К.Н. Основы горного дела / К.Н. Трубецкой, Ю.П. Галченко. Москва: Академический проект, 2010. 280 с.

© Степанова Д.В., Елизарьева Е.Н., 2026

УДК 504.064:004.89

Александров Д.В., Сафонова А.И.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация

e-mail: alexandrovdv@uust.ru

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ САМОВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ БПЛА И МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматриваются современные подходы к мониторингу деградированных земель и анализируются ограничения традиционных методов экологической оценки территорий. Особое внимание уделено применению дистанционного зондирования и цифровых технологий. Обоснована необходимость разработки интеллектуальных систем, способных не только фиксировать текущее состояние земель, но и прогнозировать процессы их восстановления. Представлено описание технологии, основанной на использовании беспилотных летательных аппаратов и алгоритмов машинного обучения. Показано, что внедрение таких систем позволяет повысить оперативность и точность экологического мониторинга.

Ключевые слова: БПЛА, дистанционное зондирование, деградация почв, самовосстановление, машинное обучение.

Alexandrov D.V., Safonova A.I.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

INTELLIGENT SYSTEMS FOR MONITORING AND FORECASTING SELF-RECOVERY OF DEGRADED LANDS BASED ON UAV DATA AND MACHINE LEARNING METHODS

Abstract. The article examines modern approaches to monitoring degraded lands and analyzes the limitations of traditional methods for environmental assessment of territories. Particular attention is paid to the use of remote sensing and digital technologies. The necessity of developing intelligent systems capable not only of assessing the current state of land but also of predicting ecosystem recovery processes is substantiated. A technological solution based on the use of unmanned aerial vehicles and machine learning algorithms is described. It is shown that the implementation of such systems improves the efficiency and accuracy of environmental monitoring.
Keywords: UAV, remote sensing, soil degradation, self-recovery, machine learning.

Проблема деградации земель приобретает устойчивый характер и затрагивает как сельскохозяйственные территории, так и зоны, подвергшиеся техногенному воздействию. В условиях интенсификации природопользования возрастает нагрузка на почвенный покров, что приводит к ухудшению его физических и биологических свойств, снижению продуктивности и нарушению устойчивости экосистем.

Традиционные методы оценки состояния земель основаны преимущественно на полевых обследованиях. Несмотря на их информативность, такие подходы характеризуются локальностью, значительными трудозатратами и ограниченной оперативностью. При мониторинге больших территорий эти

методы становятся малоэффективными, поскольку не обеспечивают непрерывного и детализированного наблюдения.

Развитие технологий дистанционного зондирования позволило частично решить проблему масштабируемости наблюдений. Однако даже при использовании спутниковых данных остаются ограничения, связанные с пространственным разрешением, периодичностью съемки и сложностью интерпретации данных без специализированных инструментов анализа.

Современные системы мониторинга земель можно условно разделить на три группы: полевые методы, спутниковый мониторинг и цифровые геоинформационные платформы. Полевые методы обеспечивают высокую точность, но требуют значительных ресурсов и не позволяют оперативно отслеживать динамику изменений. Спутниковые системы, напротив, дают возможность охвата больших территорий, однако часто не обеспечивают необходимой детализации, особенно при анализе локальных процессов деградации [1].

Геоинформационные платформы, интегрирующие данные дистанционного зондирования, представляют собой более современный инструмент. Они позволяют визуализировать пространственные данные и проводить анализ состояния территорий. Тем не менее, их функциональность в большинстве случаев ограничивается фиксацией текущего состояния.

Среди существующих решений можно выделить системы, использующие методы машинного обучения для анализа сельскохозяйственных угодий и оценки углеродного баланса. Однако такие подходы ориентированы преимущественно на аграрный сектор и не учитывают специфику восстановления нарушенных экосистем (таблица 1).

Таблица 1

Сравнительный анализ подходов к мониторингу земель

Подход	Основные характеристики	Преимущества	Недостатки
Полевые обследования	Непосредственный отбор проб и визуальная оценка состояния почв и растительности; лабораторный анализ	Высокая точность и достоверность результатов; возможность детального изучения физико-химических свойств почв	Локальный характер данных; высокая трудоемкость; значительные временные затраты; невозможность оперативного охвата больших территорий
Спутниковый мониторинг	Использование данных дистанционного зондирования с космических аппаратов (оптические и радиолокационные сенсоры)	Широкий территориальный охват; регулярность наблюдений; возможность анализа временных рядов	Ограниченное пространственное разрешение; зависимость от погодных условий (для оптических данных); сложность интерпретации без дополнительной обработки
Геоинформационные системы (ГИС)	Интеграция и анализ пространственных данных различного происхождения; визуализация и картографирование	Возможность комплексного анализа; интеграция разнородных данных; поддержка принятия решений	Зависимость от качества исходных данных; ограниченные возможности автоматизированного анализа; как правило, отсутствие встроенных прогнозных моделей
Системы на основе машинного обучения (без	Анализ спутниковых и наземных данных с применением алгоритмов классификации и распознавания	Автоматизация обработки данных; выявление скрытых закономерностей; повышение скорости анализа	Ограниченная точность при низком разрешении исходных данных; зависимость от обучающих выборок; недостаточная адаптация к локальным условиям

Несмотря на развитие цифровых технологий, существующие системы мониторинга имеют ряд принципиальных ограничений. Во-первых, большинство решений не предусматривает прогнозирование процессов самовосстановления земель. Анализ носит ретроспективный характер и не позволяет оценивать перспективы изменения состояния экосистем [2,3].

Во-вторых, использование спутниковых данных ограничено их пространственным разрешением. Это снижает точность выявления локальных очагов деградации, особенно на ранних стадиях.

В-третьих, отсутствие автоматизированных инструментов обработки данных приводит к необходимости ручной интерпретации, что увеличивает время анализа и повышает вероятность ошибок.

Таким образом, возникает потребность в разработке интегрированных систем, сочетающих высокую детализацию данных, автоматизацию анализа и возможность прогнозирования.

Решение обозначенных проблем связано с внедрением технологий беспилотной авиации и методов машинного обучения. Использование БПЛА позволяет получать данные с высоким пространственным разрешением, что обеспечивает детализированное представление о состоянии почвенного и растительного покрова. В сочетании с алгоритмами компьютерного зрения это открывает возможность автоматической обработки больших массивов изображений. При этом анализ может включать сегментацию поверхности, классификацию типов растительности и выявление аномалий. Особую роль играет переход от фиксации состояния к моделированию динамики процессов [4]. Это требует использования методов предиктивной аналитики, способных учитывать временные ряды данных и выявлять закономерности изменения экосистем. Предлагаемая система (рис. 1) представляет собой программно-аналитическую платформу, основанную на интеграции данных беспилотных летательных аппаратов, технологий дистанционного зондирования и методов машинного обучения.

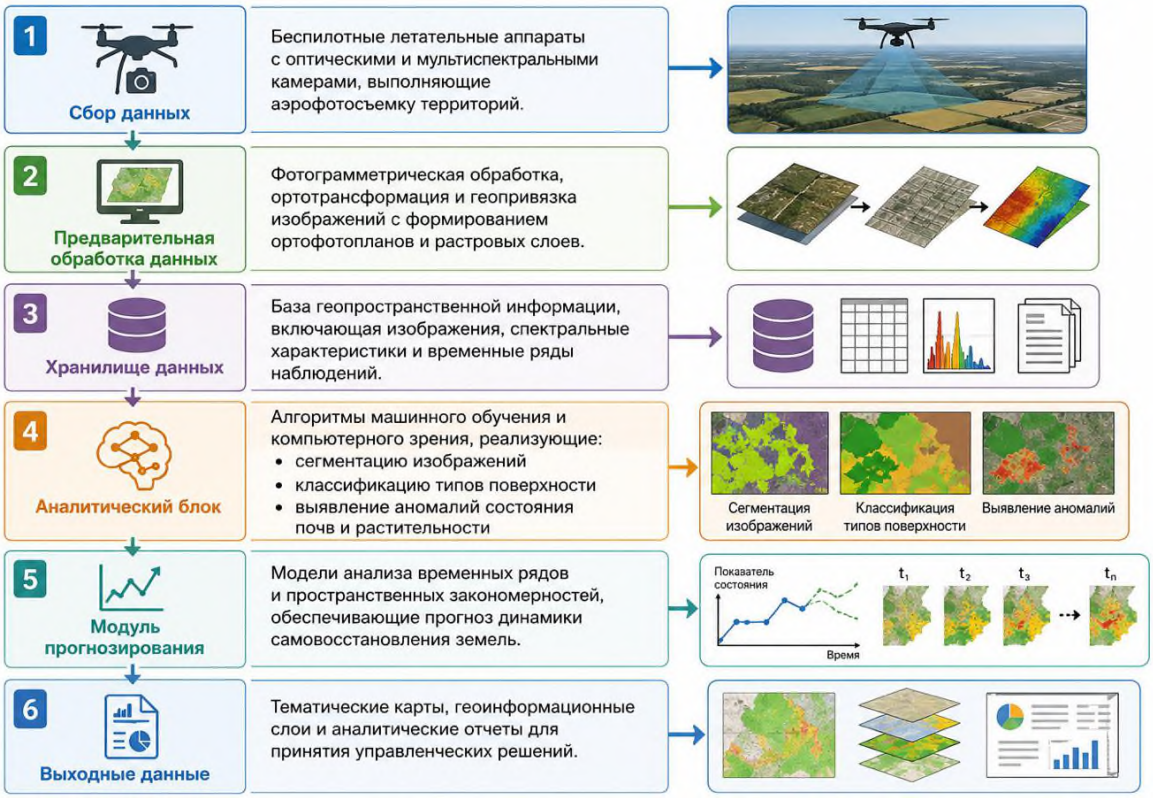


Рис. 1. Структурная схема интеллектуальной системы мониторинга и прогнозирования самовосстановления земель

Сбор исходной информации осуществляется с использованием БПЛА, оснащенных оптическими и мультиспектральными камерами. Это позволяет получать изображения в различных спектральных диапазонах, что существенно расширяет возможности анализа состояния растительности.

На этапе предварительной обработки выполняется фотограмметрическая обработка данных, ортотрансформация и геопривязка изображений. Результатом является формирование ортофотопланов и растровых слоев, пригодных для дальнейшего анализа.

Аналитический блок-системы реализован на основе алгоритмов машинного обучения. Он включает процедуры сегментации изображений, классификации типов поверхности и выявления аномалий. Использование

библиотек обработки данных позволяет эффективно работать с большими массивами геопространственной информации.

На основе накопленных данных формируется модель прогнозирования, позволяющая оценивать динамику самовосстановления земель. Анализ временных рядов и пространственных закономерностей обеспечивает возможность построения сценариев изменения состояния экосистем.

Результаты работы системы представляются в виде тематических карт и аналитических отчетов, что делает их пригодными для использования в управленческих и научных задачах.

Разработка интеллектуальных систем мониторинга открывает новые возможности для управления земельными ресурсами. Применение таких технологий позволяет не только выявлять деградационные процессы, но и оценивать эффективность мероприятий по рекультивации [5].

В сельском хозяйстве система может использоваться для контроля состояния угодий и оптимизации агротехнологий. В природоохранной деятельности – для мониторинга нарушенных территорий и планирования восстановительных мероприятий.

Особый интерес представляет использование подобных решений при оценке последствий техногенного воздействия. Возможность прогнозирования самовосстановления позволяет более обоснованно подходить к выбору технологий рекультивации.

В перспективе развитие таких систем связано с интеграцией различных источников данных, расширением алгоритмов анализа и повышением точности прогнозных моделей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белая Н.И. Дистанционное зондирование природно-техногенных систем (ГНСС, БПЛА, ГИС) / Н.И. Белая, И.С. Воскресенский, А.А. Сучилин [и др.] //

Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. Наука и образование: сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 06–08 ноября 2019 года / науч. ред. О.А. Лазебник. Санкт-Петербург: Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, 2019. С. 30-36.

2. Peng M. Crop monitoring using remote sensing land use and land change data: Comparative analysis of deep learning methods using pre-trained CNN models / M. Peng, Y. Liu, A. Khan, B. Ahmed, S. Sarker, Y. Ghadi, U. Bhatti, M. Al-Razgan, Y. Ali // Big Data Research. 2024. Vol. 36. P. 100448.

3. Pandey M. Machine learning-based monitoring of land cover and reclamation plantations on coal-mined landscape using Sentinel 2 data / M. Pandey, A. Mishra, S. Swamy, J. Anderson, T. Thakur // Environmental and Sustainability Indicators. 2025.

4. Zhang X. Study on the Extraction of Topsoil-Loss Areas of Cultivated Land Based on Multi-Source Remote Sensing Data / X. Zhang, C.S. Qin, J. Liu, Y. Wang, H. Liu, Z. An // Remote Sensing. 2025.

5. Александров Д.В. Пространственный анализ разливов нефти и нефтепродуктов на территории Республики Башкортостан с использованием геоинформационных систем / Д.В. Александров, Э.В. Нафикова, А.А. Асылбекова [и др.] // Экология и промышленность России. 2025. Т. 29, № 10. С. 60-66.

© Александров Д.В., Сафонова А.И., 2026

УДК 504.054:502.174

Хасанова Л.Н., Мусина С.А.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: liyahasanovaa@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ CBMRA ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА СМЕСЕЙ ПЕСТИЦИДОВ В ВОДНОЙ СРЕДЕ

Аннотация. Работа посвящена оценке экологического риска смесей пестицидов в водной среде с использованием методологии CBMRA (оценка риска на основе компонентов). Данный подход позволяет перевести измеренные концентрации загрязняющих веществ в количественные показатели биологического воздействия с учетом их комбинированной токсичности.
Ключевые слова: пестициды, экологический риск, CBMRA, коэффициент риска, кумулятивный эффект.

Khasanova L.N., Musina S.A.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

APPLICATION OF CBMRA TO ASSESS THE RISK OF PESTICIDE MIXTURES IN THE AQUATIC ENVIRONMENT

Abstract. The work is devoted to the assessment of the environmental risk of pesticide mixtures in the aquatic environment using the CBMRA methodology (component-based risk assessment). This approach makes it possible to translate the measured concentrations of pollutants into quantitative indicators of biological effects, taking into account their combined toxicity.
Keywords: pesticides, environmental risk, CBMRA, risk factor, cumulative effect.

Термин «пестицид» охватывает широкий спектр соединений и относится к одной из наиболее часто используемых категорий загрязняющих веществ в сельском хозяйстве. Различные типы пестицидов часто целенаправленно используются в смешанном составе для повышения эффективности борьбы с вредителями. Как и в случае со многими типами химических взаимодействий, появляется все больше данных, подтверждающих, что некоторые пестициды обладают эффектом суммации и будут более токсичными в смесях, чем ожидалось, исходя из химической токсичности используемых компонентов [1].

Методика Component-Based Mixture Risk Assessment (CBMRA) позволяет оценить риск от смеси загрязнителей в воде на основе данных об отдельных компонентах, и её применение растёт благодаря лучшему доступу к справочным данным по экотоксичности и обширным результатам мониторинга [2]. Данную методику целесообразно применять для пестицидов, потому что в реальных условиях водоёмы загрязнены не одним, а сразу несколькими пестицидами (смесью), при этом для каждого пестицида обычно имеются готовые токсикологические данные. Благодаря этому CBMRA позволяет корректно просуммировать риски от всех компонентов смеси и оценить реальную угрозу для водных организмов.

Первоначально вещества в каждом временном промежутке классифицируются как обнаруживаемые или не обнаруживаемые (шаг 1). Вещества, концентрация которых превышает соответствующий уровень предела метода (*ML*), классифицируются как обнаруживаемые, в то время как вещества, концентрация которых ниже уровня предела метода, определяются как не обнаруживаемые.

Затем для каждого вещества *i* вычисляется коэффициент риска (RQ_i) путем деления уровня воздействия (шаг 2 и шаг 3), т.е. измеренной концентрации в окружающей среде MEC_i, на соответствующий уровень воздействия, т.е. эталонный порог токсичности TT_i:

$$RQ_i = \frac{MEC_i}{TT_i}. \quad (1)$$

Далее происходит классификация в зависимости от его потенциальной опасности, то есть превышение TT_i (шаг 4). В конце этой классификации все химические вещества попадают в один из четырех классов: обнаруженное вещество *i*, представляющее опасность в отдельности ($RQ_{di} \geq 1$); обнаруженное вещество *i*, которое не вызывает индивидуального беспокойства ($RQ_{di} < 1$); необнаруженное вещество *i*, которое вызывает риск на уровне одного вещества ($RQ_{ndi} \geq 1$); необнаруженное вещество *i*, которое не вызывает риск на уровне одного вещества ($RQ_{ndi} < 1$).

Затем рассчитываются четыре компонента риска для оценки совокупного риска, связанного с каждым классом RQ_i (шаг 5). Компоненты риска оперативно вычисляются путем суммирования RQ_i веществ одного и того же класса, т.е. $\sum(RQ_{di} \geq 1)$, $\sum(RQ_{di} < 1)$, $\sum(RQ_{ndi} \geq 1)$, $\sum(RQ_{ndi} < 1)$:

$$\sum_{TSU} RQ_i = RQ_x + RQ_j + RQ_y + \cdots \quad (2)$$

Таким образом, общий риск смеси соответствует сумме четырех компонентов риска (шаг 6).

Правило принятия решения в рамках CBMRA представлено в таблице 1. Определены двадцать возможных моделей риска и соответствующие им обоснованные решения по рискам [3].

Применяя определение риска в CBMRA ($\sum_{TSU} RQ_i \geq 1$), экологическая угроза не является пренебрежимо малой, если хотя бы один из четырех компонентов риска равен или больше 1 (т.е. $\sum(RQ_{di} \geq 1) \geq 1$; $\sum(RQ_{di} < 1) \geq 1$; $\sum(RQ_{ndi} \geq 1) \geq 1$; $\sum(RQ_{ndi} < 1) \geq 1$), или когда компоненты, которые сами по себе не являются проблемой, имеют кумулятивный риск, равный 1 или более (т.е. $(\sum(RQ_{di} < 1) + \sum(RQ_{ndi} < 1)) \geq 1$). Эти пять условий представляют собой

предупреждения о рисках, связанные с процедурой CBMRA. Наконец, последние два шага включают в себя идентификацию всех «активных» предупреждений рисках (шаг 7, таблица 1) и приоритетного (шаг 8, таблица 1), т.е. оповещения о риске, определяющего окончательное обоснованное решение о риске на основе порядка приоритетов.

Таблица 1

Рабочий процесс CBMRA (шаги 7,8)

Модель риска n	Шаг 7: Идентификация модели риска Предупреждения о рисках						Шаг 8: Приоритетное предупреждение о риске
	$\sum RQ_i < 1$	$\sum (RQ_{di} \geq 1) \geq 1$	$\sum (RQ_{di} < 1) \geq 1$	$\sum (RQ_{ndi} \geq 1) \geq 1$	$\sum (RQ_{ndi} < 1) \geq 1$	$\sum (RQ_{di} < 1) + \sum (RQ_{ndi} < 1) \geq 1$	Обоснованное решение о риске
1	2	3	4	5	6	7	8
1							Незначительный риск
2							РИСК – $\sum (RQ_{di} \geq 1) \geq 1$
3							РИСК – $\sum (RQ_{di} \geq 1) \geq 1$
4							РИСК – $\sum (RQ_{di} \geq 1) \geq 1$
5							РИСК – $\sum (RQ_{di} \geq 1) \geq 1$
6							РИСК – $\sum (RQ_{di} \geq 1) \geq 1$
7							РИСК – $\sum (RQ_{di} \geq 1) \geq 1$
8							РИСК – $\sum (RQ_{di} \geq 1) \geq 1$
9							РИСК – $\sum (RQ_{di} \geq 1) \geq 1$
10							РИСК – $\sum (RQ_{di} \geq 1) \geq 1$

Окончание табл. 1

11							РИСК – $\sum(RQ_{di} \geq 1) \geq 1$
12							РИСК – $\sum(RQ_{ndi} \geq 1) \geq 1$
13							РИСК – $\sum(RQ_{di} < 1) \geq 1$
14							РИСК – $\sum(RQ_{di} < 1) \geq 1$
15							РИСК – $\sum(RQ_{ndi} \geq 1) \geq 1$
16							РИСК – $\sum(RQ_{ndi} \geq 1) \geq 1$
17							РИСК – $\sum(RQ_{di} < 1) \geq 1$
18							РИСК – $\sum(RQ_{di} < 1) \geq 1$
19							РИСК – $\sum(RQ_{ndi} < 1) \geq 1$
20							РИСК – $\sum(RQ_{di} < 1) + \sum(RQ_{ndi} < 1) \geq 1$

Специфическая оценка CBMRA в первую очередь показывает, когда риск вызван обнаружением или не обнаружением и, во-вторых, когда риск возникает в результате превышения концентраций определенных соединений их безопасных уровней (т.е. риск одного вещества) или, наоборот, из-за кумулятивного вклада многих веществ (т.е. кумулятивный риск). Полученные результаты помогают специалистам по рискам сосредоточиться на отдельных химических веществах или сопутствующих воздействиях, которые с большей вероятностью будут иметь наибольшее значение, и принять эффективные меры [4].

Подходы CBMRA зарекомендовали себя с положительной стороны для получения достаточного приближения комбинированной токсичности загрязняющих веществ при их совместном применении в окружающей среде. Его использование соответствует целостным принципам современной политики в области охраны водных ресурсов. В качестве примера рассмотрим применение

CBMRA для оценки уровня воздействия пестицидов в реке Цяньтан в Китае, где в 2006 году был зафиксирован самый высокий уровень содержания пестицидов в рыбе.

Шаг 1. Классификация вещества.

В соответствии с уровнем предела метода (ML), альдрин (x_1), гептахлор эпоксид (x_2), дильдрин (x_3), эндрин (x_4), α-ГХГ (x_5), β-ГХГ (x_6), γ-ГХГ (x_7), δ-ГХГ (x_8), п,п'-ДДЭ (x_9), п,п'-ДДД (x_{10}), о,п'-ДДТ (x_{11}), п,п'-ДДТ (x_{12}), гептахлор (x_{13}) являются обнаруживаемыми веществами (detect).

Шаг 2. Средняя концентрация вещества.

Производим расчет средней концентрации каждого из пестицидов:

$$\overline{x_1} = 1013{,}21\frac{\text{нг}}{\text{л}};\ \overline{x_2} = 1253{,}15\frac{\text{нг}}{\text{л}};\ \overline{x_3} = 131{,}58\frac{\text{нг}}{\text{л}};\ \overline{x_4} = 745{,}62\frac{\text{нг}}{\text{л}};$$

$$\overline{x_5} = 162{,}89\frac{\text{нг}}{\text{л}};\ \overline{x_6} = 995{,}79\frac{\text{нг}}{\text{л}};\ \overline{x_7} = 556{,}63\frac{\text{нг}}{\text{л}};\ \overline{x_8} = 397{,}29\ \frac{\text{нг}}{\text{л}};$$

$$\overline{x_9} = 498{,}99\frac{\text{нг}}{\text{л}};\ \overline{x_{10}} = 170{,}36\frac{\text{нг}}{\text{л}};\ \overline{x_{11}} = 89{,}35\frac{\text{нг}}{\text{л}};\ \overline{x_{12}} = 175{,}74\frac{\text{нг}}{\text{л}};$$

$$\overline{x_{13}} = 877{,}93\frac{\text{нг}}{\text{л}}.$$

Шаг 3. Экологический риск вещества.

Вычисляем риск RQ_i вещества, принимая в качестве эталонного порога токсичности TT_i острую 96-часовую экотоксичность для рыб (нг/л). Эта процедура позволяет определить вероятность превышения концентрацией воздействия критической концентрации воздействия и оценить экологический риск вещества:

$$RQ_1 = 0{,}22;\ RQ_2 = 0{,}06;\ RQ_3 = 0{,}12;\ RQ_4 = 1{,}02;\ RQ_5 = 0{,}06;RQ_6 = 0{,}34;\ RQ_7 = 0{,}19;\ RQ_8 = 0{,}14;\ RQ_9 = 0{,}00007;\ RQ_{10} = 0{,}00002;\ RQ_{11} = 0{,}00001;\ RQ_{12} = 0{,}00002;\ RQ_{13} = 0{,}13.$$

Шаг 4. Классификация вещества по его риску.

Классификация пестицидов по степени потенциальной опасности играет важную роль в обеспечении безопасности водной экосистемы и гидробионтов. Эндрин относится к классу чрезвычайно опасных веществ, так как его

индивидуальный риск превышает единицу. Это означает, что даже небольшое количество этого вещества может нанести серьезный вред организму.

Остальные пестициды, хотя и являются обнаруженными веществами, не вызывают индивидуального беспокойства, так как их риски находятся в пределах допустимых значений. Однако, это не означает, что они полностью безопасны.

Шаг 5. Декомпозиция риска.

Компоненты риска вычисляются путем суммирования риска веществ, принадлежащих к одному и тому же классу:

$$\sum(RQ_{di} \geq 1) = RQ_4 = 1{,}02;$$

$$\sum(RQ_{di} < 1) = RQ_1 + RQ_2 + RQ_3 + RQ_5 + \cdots + RQ_{12} + RQ_{13} = 1{,}26.$$

Шаг 6. Расчет совокупного риска.

Общий риск смеси соответствует сумме компонентов риска:

$$\Sigma_{TSU}\, RQ_i = \Sigma(RQ_{di} \geq 1) + \Sigma(RQ_{di} < 1) = 1{,}02 + 1{,}26 = 2{,}28.$$

Применяя определение риска в CBMRA, экологическая угроза не является пренебрежимо малой, если хотя бы один из четырех компонентов риска равен или больше 1, или когда компоненты, которые сами по себе не являются проблемой, имеют кумулятивный риск, равный 1 или более.

Шаг 7. Идентификация модели риска.

В рамках этого шага мы наблюдаем идентификацию двух «активных» предупреждений риска из пяти условий: $\sum(RQ_{di} \geq 1) \geq 1$ и $\sum(RQ_{di} < 1) \geq 1$. Это вторая модель риска из таблицы 3.4.

Шаг 8. Приоритетное предупреждение о риске.

Идентификация приоритетного предупреждения – процесс определения окончательного обоснованного решения о риске на основе порядка приоритетов. В данном случае общий экологический риск смеси не является пренебрежимо малым. Основной вклад вносит эндрин, относящийся к классу чрезвычайно

опасных веществ, тогда как суммарный риск остальных 12 пестицидов также превышает пороговое значение.

Таким образом, результаты идентификации приоритетного предупреждения позволят сосредоточить внимание на конкретном химическом веществе и сопутствующих воздействиях, которые с наибольшей вероятностью окажут существенное влияние. Это поможет принять эффективные меры для снижения экологического риска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хасанова Л.Н. Литературный обзор исследований содержания пестицидов в рыбных ресурсах и выявление приоритетных направлений развития проблематики / Л.Н. Хасанова, С.А. Мусина // Наука, образование, производство для противодействия техногенным угрозам и решения экологических проблем (Техносферная безопасность-2024): материалы XXI Международной научно-практической конференции. Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2024. С. 193-199.
2. Posthuma L. Improved component-based methods for mixture risk assessment are key to characterize complex chemical pollution in surface waters / L. Posthuma, R. Altenburger, T. Backhaus, A. Kortenkamp, C. Muller, A. Focks, D. de Zwart, W. Brack // Environmental Sciences Europe. 2019. Vol. 31. P. 70.
3. Noventa S. Handling concentration data below the analytical limit in environmental mixture risk assessment: A case-study on pesticide river monitoring / S. Noventa, E. Pace, D. Esposito, G. Libralato // Science of The Total Environment. 2024. Vol. 907.
4. Escher B.I. Tracking complex mixtures of chemicals in our changing environment / B.I. Escher, H.M. Stapleton, E.L. Schymanski // Science. 2020. Vol. 367. P. 388-392.

© Хасанова Л.Н., Мусина С.А., 2026

УДК 504.064.36

Кирянина В.А., Яценко Н.В.

Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва, Российская Федерация

e-mail: 1132226300@rudn.ru

КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ УЧАСТКОВ ХМАО

Аннотация. В статье рассмотрена организация мониторинга нефтезагрязнённых почв на примере месторождения в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре. Обоснована необходимость сочетания натурного обследования, картографирования, отбора проб и количественного химического анализа. Предложена четырёхэтапная схема мониторинга: до начала работ, после технического этапа, после биологической обработки и на стадии итогового контроля. По результатам обследования установлены биотоп участка, тип почв, характер загрязнения, степень загрязнения и пространственная неоднородность загрязнённой территории.

Ключевые слова: углеводородное загрязнение, экологический контроль, полевые наблюдения, восстановление земель, химико-аналитическая оценка, нефтепромысловая территория, Западная Сибирь.

Kiryanina V.A., Yatsenko N.V.

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russian Federation

COMPREHENSIVE MONITORING DURING THE REMEDIATION OF OIL-CONTAMINATED SITES IN THE KHANTY-MANSIYSK AUTONOMOUS OKRUG

Abstract. The article examines the organization of monitoring of oil-contaminated soils using the example of a site at the Srednebalyk oil field in the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug–Yugra. The necessity of combining field surveys, mapping, sampling, and quantitative chemical analysis is substantiated. A four-stage monitoring scheme is proposed: before the start of works, after the technical stage, after biological treatment, and at the final control stage. Based on the survey results, the site’s biotope, soil types, pollution character, degree of contamination, and spatial heterogeneity of the contaminated area were determined.

Keywords: hydrocarbon pollution, environmental control, field observations, land restoration, chemical-analytical assessment, oilfield territory, Western Siberia.

Нефтедобывающие территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры относятся к числу наиболее техногенно нагруженных районов России. Высокая плотность промысловой инфраструктуры, наличие трубопроводных коридоров, кустовых площадок, объектов подготовки и транспорта нефти создают устойчивый риск формирования локальных участков нефтяного загрязнения. При этом экологическая опасность таких участков определяется не только площадью разлива, но и глубиной проникновения загрязнителя, типом почв, степенью увлажнения, положением участка в микрорельефе и возможностью вторичного перераспределения нефтепродуктов.

Для условий ХМАО мониторинг нефтезагрязнённых земель имеет особое значение, поскольку значительная часть участков располагается в лесоболотной зоне, где процессы естественного самоочищения протекают медленно. Переувлажнение, слабая дренированность, кислая реакция почвенной среды и короткий период активной биологической деятельности ограничивают эффективность биологической рекультивации. Поэтому обследование загрязнённого участка должно не только фиксировать факт наличия нефти, но и определять, какие технологические решения допустимы для конкретной территории. Научные исследования по Нефтеюганскому району показывают, что для выявления и контроля нефтезагрязнённых земель целесообразно сочетание дистанционных, картографических и наземных методов наблюдения [1]. Вместе с тем при переходе к проектированию рекультивации решающее значение имеют результаты натурного обследования, пробоотбора и количественного химического анализа. Именно эти данные позволяют выделить зоны разной степени загрязнения, определить необходимость технического этапа, обосновать возможность перехода к биологической рекультивации и оценить результативность восстановительных мероприятий. Объектом рассмотрения является нефтезагрязнённый участок нефтепромысловой территории.

Методологическая основа работы включает натурное обследование, картографирование участка, отбор проб почвы и количественный химический анализ. Такая последовательность соответствует логике мониторинга нефтезагрязнённых земель: сначала устанавливаются границы и морфология загрязнения, затем фиксируются точки пробоотбора и зоны различного состояния, после чего лабораторные данные используются для выбора и корректировки рекультивационных мероприятий.

Натурное обследование рассматривается как первичная стадия мониторинга. На этом этапе определяются границы объекта рекультивации, визуальные признаки загрязнения, биотоп, состояние растительного покрова,

характер микрорельефа, наличие техногенных понижений, следов движения техники, участков подтопления и возможных зон аккумуляции нефтепродуктов. Для нефтепромысловых территорий ХМАО такая оценка особенно важна, поскольку загрязнение часто имеет неравномерный характер и связано с линейными объектами инфраструктуры.

Картографирование выполняется для пространственной фиксации состояния участка. На карту-схему наносятся границы объекта, зоны загрязнения, точки отбора проб, точки фотографирования, элементы инфраструктуры и контуры участков, для которых предполагаются разные виды восстановительных мероприятий. Карта-схема в данном случае является не только иллюстрацией, но и рабочим инструментом мониторинга, так как позволяет сопоставлять состояние участка на разных стадиях рекультивации.

Пробоотбор выполняется в соответствии с требованиями к отбору проб почв для оценки загрязнения. ГОСТ 17.4.3.01-2017 устанавливает общие требования к отбору проб почв, включая определение пробных площадок и границ загрязнения, а ГОСТ 17.4.4.02-2017 регламентирует методы отбора и подготовки проб для химического анализа [2, 3]. Основным контролируемым показателем для рассматриваемого участка является содержание нефтепродуктов в почве. Дополнительно при мониторинге целесообразно фиксировать pH, влажность, состояние растительного покрова и признаки нарушения структуры верхнего слоя.

Количественный химический анализ используется как основной лабораторный инструмент подтверждения степени загрязнения. Его результаты позволяют определить необходимость технического этапа, возможность перехода к биологической рекультивации и результативность выполненных восстановительных работ. В логике рекультивации именно лабораторные данные становятся основанием для принятия решений о дальнейшем обращении

с загрязнённым грунтом и о допустимости применения биологических методов восстановления.

Мониторинг предложено проводить на четырёх стадиях рекультивации: до начала работ, после технического этапа, после биологической обработки и на стадии итогового контроля.

Таблица 1

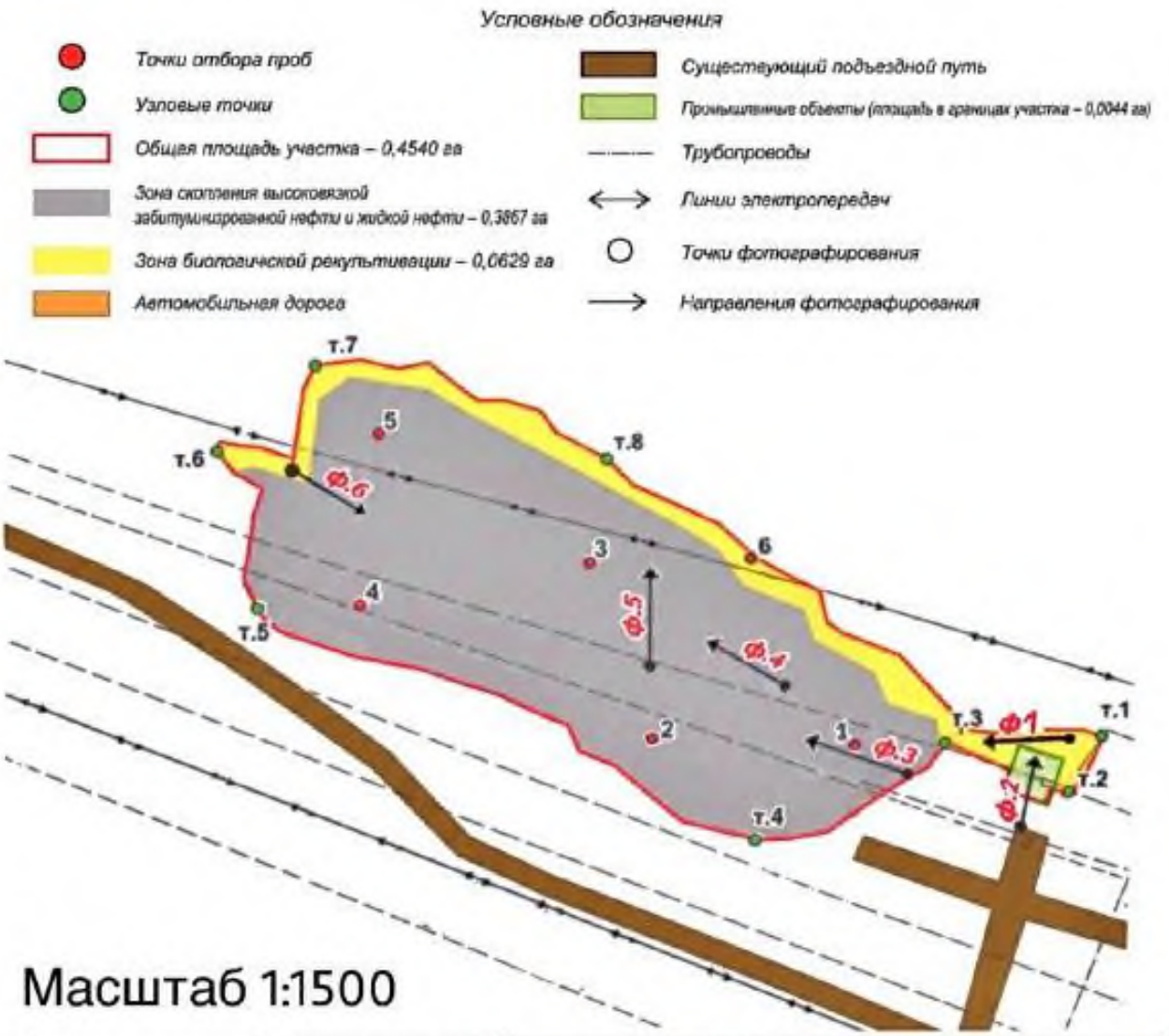
Этапы мониторинга нефтезагрязнённого участка при рекультивации

Этап мониторинга	Цель этапа	Основные действия	Контролируемые показатели	Результат этапа
1. Первичное натурное обследование до начала работ	Установить исходное состояние участка и границы загрязнения	Осмотр территории, фотофиксация, описание биотопа, выделение зон загрязнения, нанесение точек пробоотбора на карту-схему	Площадь загрязнения, тип биотопа, визуальные признаки нефти, состояние растительности, микрорельеф	Исходная карта-схема участка и план пробоотбора
2. Контроль после технического этапа	Проверить эффективность удаления основной массы загрязнителя	Повторный осмотр, отбор проб в зоне снятия высоковязкой нефти и на границах загрязнения	Остаточное содержание нефтепродуктов, состояние поверхности	Решение о возможности перехода к биологическому этапу
3. Контроль после биологической обработки	Оценить результат агрохимической и агротехнической рекультивации	Отбор проб после внесения реагентов, рыхления и первичного восстановления поверхности	Нефтепродукты, pH, влажность, состояние верхнего слоя почвы, признаки восстановления травостоя	Корректировка биологического этапа при необходимости
4. Итоговый мониторинг после фитомелиорации	Оценить устойчивость восстановленного участка	Осмотр, фотофиксация, контрольные пробы, оценка растительного покрова и состояния профиля	Остаточное загрязнение, плотность и равномерность растительности, отсутствие видимых нефтяных пятен	Заключение о достижении результата рекультивации или необходимости дополнительных работ

По результатам натурного обследования и анализа материалов участка установлено, что объект рекультивации имеет площадь 0,4540 га и расположен в пределах нефтепромысловой территории. Биотоп участка определён как луг, лес – трасса коммуникаций. Данный биотоп отражает сочетание природного и техногенного компонентов: с одной стороны, участок относится к лесо-луговому комплексу, с другой – находится в пределах линейно нарушенной территории, связанной с промысловой инфраструктурой.

Почвенная основа участка представлена подзолистыми почвами с горизонтами А0 и Ае. Это имеет существенное значение для выбора рекультивационных мероприятий, поскольку подзолистый профиль характеризуется малой мощностью верхних горизонтов и уязвимостью к избыточному механическому нарушению. При проведении технического этапа на таких почвах важно избегать неоправданного расширения выемки загрязнённого слоя, так как вместе с загрязнителем может удаляться экологически значимая часть почвенного профиля.

Характер загрязнения определён как загрязнение нефтью и нефтепродуктами. Масса загрязняющего вещества составляет 0,214 т, степень загрязнения участка оценена как высокая. По результатам количественного химического анализа в точках 1-5 в слое 0–10 см содержание нефтепродуктов составляет более 180000 мг/кг, тогда как в точке 6 – менее 3000 мг/кг. Это показывает, что участок имеет резко неоднородную структуру загрязнения и не может рассматриваться как равномерно загрязнённая площадка. Отсюда выделяются две основные зоны: зона скопления высоковязкой «забитумизированной» и жидкой нефти площадью 0,3867 га и зона биологической рекультивации площадью 0,0629 га. Такое зонирование подтверждает необходимость дифференцированного подхода к мониторингу. В зоне сильного загрязнения основной задачей является контроль удаления высоковязкой нефтяной массы и предотвращение вторичного распространения загрязнителя. В зоне биологической рекультивации основное внимание должно быть направлено на остаточное содержание нефтепродуктов, состояние верхнего слоя почвы и восстановление растительного покрова.



Точки фотографирования
Номер
т.1
т.2
т.3
т.4
т.5
т.6
т.7
т.8

Точки отбора проб
Точки №
1
2
3
4
5
6

Результаты лабораторных испытаний			
Номер точки отбора	Интервал отбора проб, см	Содержание нефтепродуктов, мг/кг	Площадь,га
1-5	0-10	более 180000	0,3867
6	0-10	менее 3000	0,0629

Рис. 1. Карта-схема участка мониторинга месторождения с зонами рекультивации и точками отбора проб

Результаты обследования показывают, что карта-схема участка является ключевым результатом первичного мониторинга. Она позволяет одновременно отразить границы загрязнённой территории, пространственное распределение загрязнения, положение точек отбора проб и зонирование участка по видам рекультивационных мероприятий. В дальнейшем такая карта может использоваться для повторного контроля после технического этапа, после биологической обработки и на стадии итоговой оценки.

Первичный мониторинг подтверждает необходимость технического этапа рекультивации в зоне максимального загрязнения. Высокие концентрации нефтепродуктов и наличие высоковязкой нефтяной массы делают недостаточным применение только биологических методов на начальной стадии. Однако после удаления основной массы загрязнителя дальнейший мониторинг должен быть направлен на оценку остаточного загрязнения и пригодности участка для биологического восстановления. Такой подход соответствует современному пониманию рекультивации как процесса восстановления экологических функций почвы, а не только как снижения концентрации загрязняющего вещества [4].

Для нефтепромысловых территорий ХМАО – Югры мониторинг нефтезагрязнённых почв является необходимым элементом рекультивации, поскольку позволяет обосновать выбор технического и биологического этапов восстановления. По результатам натурного обследования участка установлено, что объект площадью 0,4540 га относится к биотопу «луг, лес – трасса коммуникаций», представлен подзолистыми почвами с горизонтами А0 и Ае и загрязнён нефтью и нефтепродуктами массой 0,214 т. Данные КХА показали резкую неоднородность загрязнения: в точках 1–5 содержание нефтепродуктов в слое 0–10 см превышает 180000 мг/кг, тогда как в точке 6 составляет менее 3000 мг/кг. Выделение зоны скопления высоковязкой нефти площадью 0,3867 га и зоны биологической рекультивации площадью 0,0629 га подтверждает

необходимость зонального мониторинга на четырёх этапах: до начала работ, после технического этапа, после биологической обработки и после фитомелиорации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеева М.Н. Дистанционно-наземный мониторинг нефтезагрязнённых земель Нефтеюганского района ХМАО / М.Н. Алексеева, Д.В. Федоров, И.В. Русских, И. Г. Ященко // Оптика атмосферы и океана. 2023. Т. 36, № 6. С. 513-520.

2. ГОСТ 17.4.3.01-2017. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. Введ. 2019-01-01. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200159508/titles (дата обращения: 30.04.2026).

3. ГОСТ 17.4.4.02-2017. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. Введ. 2019-01-01. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200158951 (дата обращения: 30.04.2026).

4. ГОСТ Р 57447-2017. Наилучшие доступные технологии. Рекультивация земель и земельных участков, загрязнённых нефтью и нефтепродуктами. Основные положения. Москва: Стандартинформ, 2017. URL: https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293746/4293746172.htm (дата обращения: 30.04.2026).

5. О проведении рекультивации и консервации земель: постановление Правительства Российской Федерации от 10.07.2018 № 800. URL: https://base.garant.ru/71985800/ (дата обращения: 30.04.2026).

© Кирянина В.А., Яценко Н.В., 2026

УДК 504.4

Жданова М.А.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация

e-mail: zhdanovamarina200@yandex.ru

ВОДОРОСЛИ И ЦИАНОПРОКАРИОТЫ КАК БИОНДИКАТОРЫ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Аннотация. Республика Башкортостан относится к числу наиболее промышленно развитых регионов Российской Федерации, где нефтедобыча, горнорудная промышленность и металлургия формируют многофакторную антропогенную нагрузку на водные экосистемы. В статье обоснована эффективность использования водорослей и цианопрокариот (цианобактерий) в качестве биоиндикаторов для ранней диагностики экологического состояния водных объектов. Перспективными направлениями развития биомониторинга в регионе определены: адаптация биоиндикационных шкал к региональной альгофлоре и типологии водных объектов, внедрение регулярного мониторинга на основе индикаторных видов и создание открытых цифровых баз данных по альгоценозам Башкортостана.

Ключевые слова: водоросли, цианопрокариоты, цианобактерии, биомониторинг, техногенное загрязнение, водные экосистемы.

Zhdanova M.A.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

ALGAE AND CYANOPROKARYOTES AS BIOINDICATORS OF TECHNOGENIC IMPACT ON AQUATIC ECOSYSTEMS OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

Abstract. The Republic of Bashkortostan is one of the most industrially developed regions of the Russian Federation, where oil extraction, mining and metallurgy create multifactorial anthropogenic pressure on aquatic ecosystems. This paper substantiates the effectiveness of using algae and cyanoprokaryotes (cyanobacteria) as biondicators for early diagnosis of the ecological state of water bodies. Promising directions for the development of biomonitoring in the region include: adaptation of bioindication scales to regional algal flora and water body typology, implementation of regular monitoring based on indicator species, and creation of open digital databases on algal communities of Bashkortostan.

Keywords: algae, cyanoprokaryotes, cyanobacteria, biomonitoring, tecnogenic pollution, aquatic ecosystems

Республика Башкортостан представляет собой один из наиболее промышленно развитых и природно-ресурсных регионов Российской Федерации, где интенсивная нефтедобыча, горнорудная промышленность, металлургия и химическое производство формируют устойчивую многофакторную антропогенную нагрузку на гидрологическую сеть [1]. В условиях многокомпонентного загрязнения, включающего нефтепродукты, тяжелые металлы, химические реагенты и суспендированные вещества, традиционные физико-химические методы мониторинга фиксируют свершившиеся изменения качества воды, не отражая при этом интегральное

состояние экосистемы. В отличие от них, биологические индикаторы, в частности альгологические методы, позволяют оценить комплексное состояние водных объектов на ранних стадиях деградации, прогнозировать тенденции их развития и выявить скрытые нарушения.

Водоросли и цианопрокариоты (цианобактерии) обладают уникальным комплексом свойств, которые обуславливают их индикаторные свойства. Они быстро реагируют на изменения трофности, ионного состава, pH, содержание растворенного кислорода и токсикологических элементов. Реакции подвергаются не только виды водорослей и цианпрокариот, а также меняется структура всего сообщества микроорганизмов.

Использование альгологических методов для оценки влияния добывающих отраслей промышленности на водные объекты Зауралья позволит выявить закономерности изменения сообществ водорослей и цианопрокариот под воздействием техногенного стресса и обосновать перспективы развития биомониторинговых исследований в регионе. В основу анализа положены результаты полевых и лабораторных исследований, проведенные в различных техногенных зонах республики в период 2016-2020 гг. Исследования охватили водные объекты Зауралья, включая реки, озера, пруды и техногенные водоемы, локализованные в зонах влияния нефтедобывающих и горнодобывающих предприятий. Таксономическая идентификация проводилась по региональным определителям [2,3], которые учитывали специфику видового разнообразия региона. Оценка состояния экосистем проводилась стандартным комплексом альгологических методов для водных объектов: определение качественного и количественного состава сообществ, расчет индексов сапробности (по Пантле и Буку), анализ видового разнообразия, измерение биомассы, выявление доминирующих и индикаторных видов, оценка трофического статуса водоема. Паралельно проводился химико-аналитический контроль содержания тяжелых металлов, нефтепродуктов, биогенных элементов и других загрязнителей.

Фундаментальным этапом биомониторинга для всех этапов исследований послужила таксономическая идентификация индикаторных видов, которые были чувствительны к конкретным типам загрязнителей. Например, представители рода *Oscillatoria* доминировали в условиях органического загрязнения, род *Microcystis* указывали на эвтрофирование водоема.

В экотонных экосистемах, подверженных нефтяному загрязнению, альгологический анализ демонстрирует четкую корреляцию между уровнем загрязнения и изменение структуры сообщества водорослей и цианопрокариот [4]. Исследования проведенные в зонах влияния нефтедобычи указывают на подавляющий эффект нефтепродуктов на диатомовые и зеленые водоросли, с доминированием цианопрокариот (цианобактерий). Трансформация альгоценозов происходит с снижением биологического разнообразия, изменением трофической структуры сообщества.

Изучение водорослей и цианопрокариот в акваториях Зауралья подтверждает их информативность в системе экологического мониторинга, как в естественных, так и нарушенных экосистемах [5, 6]. Установлено, что фоновые сообщества характеризуются высоким видовым богатством, наличием характерных комплексов водорослей и цианопрокариот (цианобактерий). В условиях техногенного нарушения происходит обеднение флоры, смещение групп доминирующих видов.

Перспективные направления развития биомониторинга на основе водорослей и цианопрокариот это адаптации биоиндикационных шкал под региональные особенности с учетом специфики альгофлоры и типологии водных объектов. Внедрение регулярного биомониторинга на основе индикаторных видов обеспечит сохранение водных объектов различного происхождения, контроль и наблюдение за ними. Создание цифровых баз данных по региональным альгоценозам с открытым доступом для научного сообщества и органов экологического контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тельцова Л.З. Геоэкологические проблемы на территориях с развитой горнорудной промышленностью (Республика Башкортостан) / Л.З. Тельцова, З.Б. Бактыбаева, Г.Ф. Габидуллина, Г.А. Гуламанова // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2018. № 12. С. 48-51.

2. Шкундина Ф.Б. Краткий определитель водорослей Башкортостана: учебное пособие / Ф.Б. Шкундина, И.Е. Дубовик, М.Ю. Шарипова, Г.Ф. Габидуллина. Уфа, 2013.

3. Дубовик И.Е. Краткий определитель цианопрокариот Республики Башкортостан / И.Е. Дубовик, М.Ю. Шарипова, Г.Ф. Габидуллина, Г.А. Гуламанова, Р.Р. Турьянова. Уфа, 2020.

4. Sharipova M.Yu. Algological assessment of oil pollution in ecotonic ecosystems / M.Yu. Sharipova, I.E. Dubovik, V.P. Putenikhin, D.I. Akhmedyanov, G.F. Gabidullina, G.A. Gulamanova, L.Z. Teltsova, R.R. Turyanova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2020. Vol. 548, No. 6. P. 062079.

5. Бактыбаева З.Б. Эколого-гигиеническая оценка состояния техногенного водоёма золотодобывающего предприятия (Зауралье Республики Башкортостан) / З.Б. Бактыбаева, А.А. Кулагин, Г.Ф. Габидуллина, Т.К. Ларионова // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99, № 9. С. 911-917.

6. Бактыбаева З.Б. Изучение водорослей и цианопрокариот водных объектов Зауралья Республики Башкортостан / З.Б. Бактыбаева, Г.Ф. Габидуллина, А.А. Кулагин // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2016. Т. 26, № 4. С. 5-11.

© Жданова М.А., 2026

УДК 504.064:622.276

Митряйкина А.М., Ховрах Е.Ю.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Российская Федерация

e-mail: mitryaykina@bsuedu.ru

ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ В ПРЕДЕЛАХ КОЛИК-ЕГАНСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ХМАО-ЮГРА)

Аннотация. В статье рассмотрены особенности организации мониторинга состояния недр и подземных вод на Колик-Еганском нефтяном месторождении. Представлены результаты анализа гидрогеохимических условий продуктивных горизонтов и вышележащих водоносных комплексов. Обоснована необходимость усиления контроля за межпластовыми перетоками в условиях активного применения ГРП и высокой степени износа эксплуатационного фонда скважин. Определены ключевые маркеры загрязнения для локального экологического мониторинга.

Ключевые слова: экологический мониторинг, подземные воды, нефтяное загрязнение, гидрогеология, утилизация отходов бурения, Колик-Еганское месторождение, техногенная нагрузка.

Mitryaykina A.M., Khovrakh E.Yu.
Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

ORGANIZATION OF GEOLOGICAL ENVIRONMENT STATE MONITORING WITHIN THE KOLIK-YEGANSKOYE OIL FIELD (KHANTY-MANSIYSK AUTONOMOUS OKRUG – YUGRA)

Abstract. The article discusses the features of organizing monitoring of the subsoil and groundwater conditions at the Kolik-Eganskoye oil field. The results of the analysis of hydrogeochemical conditions of productive horizons and overlying aquifers are presented. The necessity of strengthening control over interstratal crossflows under conditions of active hydraulic fracturing and a high degree of well stock wear is substantiated. Key pollution markers for local environmental monitoring are identified.
Keywords: environmental monitoring, groundwater, oil pollution, hydrogeology, drilling waste disposal, Kolik-Eganskoye field, technogenic load.

Введение. Колик-Еганское месторождение находится в Нижневартовском районе ХМАО-Югры и разрабатывается с 1997 года. Территория характеризуется высокой заболоченностью и сложными гидрогеологическими условиями [1].

Основная добыча (91,6 % запасов) ведется из пластов группы ЮВ1, залегающих на глубинах около 2400 м и обладающих низкими фильтрационно-емкостными свойствами [2]. Применение гидроразрыва пласта (ГРП) и длительная эксплуатация скважин создают риски нарушения герметичности заколонного пространства и загрязнения вышележащих водоносных горизонтов [3].

Целью работы является анализ системы наблюдений за качеством геологической среды и обоснование ключевых параметров мониторинга для минимизации техногенного воздействия.

Методы и материалы. Работа основана на анализе данных гидрогеологических исследований по 21 скважине, пробуренной на Колик-Еганской площади [1], протоколов физико-химического анализа пластовых вод и результатов лабораторного изучения керна продуктивных пластов ЮВ1 и ЮВ2-3 [2].

Результаты и обсуждение.

1. Характеристика объектов мониторинга подземных вод. В гидрогеологическом разрезе месторождения выделяется два этажа: верхний (пресные воды четвертичных и олигоценовых отложений) и нижний (минерализованные термальные воды юрского и мелового возраста) [1].

Ключевым объектом защиты являются воды апт-альб-сеноманского комплекса (покурская свита), используемые для системы ППД и хозяйственно-питьевого водоснабжения. Пластовые воды продуктивного горизонта ЮВ1 относятся к хлоридно-кальциевому типу с минерализацией 17,8-56,8 г/л и высоким содержанием брома (до 59,1 мг/л) и йода (до 8,3 мг/л) [1].

Эти микроэлементы могут служить надежными гидрохимическими маркерами при контроле качества пресных вод на предмет подтягивания глубинных рассолов.

2. Источники техногенного воздействия и программа наблюдений. Основными потенциальными источниками загрязнения недр являются:

1. Негерметичность эксплуатационных колонн. На месторождении 55% добывающих скважин работают с обводненностью более 50 % [2], что свидетельствует о прорыве пластовых вод и риске вертикальных перетоков.

2. Отходы бурения. При строительстве новых скважин (в том числе для доизвлечения остаточных запасов категории А+В1 в объеме 6,4 млн т)

образуется буровой шлам и отработанные растворы.

Существующая система мониторинга на месторождении включает:

- Гидродинамический контроль - наблюдение за пластовым давлением по пьезометрическим скважинам. С начала разработки давление в объекте ЮВ1 снизилось с 24,2 до 17,9 МПа [2].
- Геофизический контроль – оценка качества цементного камня и герметичности заколонного пространства.

Для повышения эффективности мониторинга качества среды рекомендуется включение в программу наблюдений обязательного гидрохимического опробования водоносных горизонтов покурской свиты в зонах влияния нагнетательных скважин (в радиусе до 500 м) [4]. Анализ должен включать определение ионов хлора, брома, йода и нефтепродуктов.

3. Мониторинг состояния почв и грунтов зоны аэрации. Учитывая, что 57% нефтесборных сетей (49,7 км) эксплуатируются более 10 лет, риск порывов и загрязнения почвенно-растительного слоя нефтепродуктами оценивается как высокий. Согласно данным предприятия, в 2021 году зафиксировано 4 отказа трубопроводов по причине внутренней коррозии [2].

В рамках производственного экологического контроля (ПЭК) на кустовых площадках необходимо проводить:

- Визуальный мониторинг состояния нефтесборных коллекторов с применением тепловизоров (для выявления утечек).
- Отбор проб почвы на содержание хлоридов и нефтепродуктов в местах потенциальных утечек (запорная арматура, узлы задвижек).

С целью снижения нагрузки на геологическую среду на месторождении внедрена технология утилизации бурового шлама в строительный грунт. Мониторинг площадок утилизации должен включать контроль pH водной вытяжки и содержания подвижных форм тяжелых металлов для подтверждения перевода отходов в инертное состояние [5].

Выводы.

1. Организация мониторинга на Колик-Еганском месторождении должна учитывать специфику геологического строения: наличие надежного водоупора турон-олигоценовых глин снижает риск вертикальной миграции флюидов, однако зоны тектонических нарушений (Колик-Еганский сдвиг) требуют особого контроля.

2. Приоритетными параметрами локального мониторинга подземных вод являются содержание брома и йода как индикаторов подтягивания глубинных вод хлоридно-кальциевого типа.

3. Техническое состояние трубопроводного транспорта (износ более 50%) диктует необходимость усиления наземного мониторинга почв на предмет нефтяного загрязнения в межсезонье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отчет о НИР. Пересчет геологических и извлекаемых запасов нефти и растворенного газа по продуктивным пластам Колик-Еганского месторождения. Тюмень: ОАО «ТННЦ», 2013. Часть 1.

2. Колесник С.В., Исламгулов Д.Р. Анализ разработки объекта ЮВ1 Колик-Еганского месторождения // Материалы XI Международной научно-практической конференции. Тюмень: ТИУ, 2021. С. 123-128.

3. О системе наблюдения за состоянием окружающей среды в границах лицензионных участков: постановление Правительства ХМАО-Югры от 23.12.2011 № 485-п в ред. от 07.07.2023.

4. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий. М., 2007.

5. ГОСТ Р 59070-2020. Охрана окружающей среды. Рекультивация нарушенных и нефтезагрязненных земель. М.: Стандартинформ, 2020.

6. Об утверждении классификации запасов и ресурсов нефти и горючих газов: приказ Минприроды РФ от 01.11.2013 N 477.

© Митряйкина А.М., Ховрах Е.Ю., 2026

УДК 504.05

Мансурова В.Р.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: yuummmy@mail.ru

АНАЛИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ИСТОЧНИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ УАП «ГИДРАВЛИКА»)

Аннотация. В статье приведен комплексный анализ воздействия машиностроительного предприятия на окружающую среду. Рассмотрена структура предприятия и технологический процесс гальванопокрытия как основной источник эмиссии загрязняющих веществ. Рассмотрены основные источники загрязнения атмосферного воздуха, гидросферы и почв. Проведен расчет выделений загрязняющих веществ с поверхности гальванических ванн.
Ключевые слова: машиностроение, цинкование, атмосферный воздух, сточные воды, гальваношлам, загрязнение.

Mansurova V.R.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

ANALYSIS OF THE ACTIVITIES OF A MACHINE-BUILDING ENTERPRISE AS A SOURCE OF ENVIRONMENTAL POLLUTION

Abstract. This article presents a comprehensive analysis of the environmental impact of a mechanical engineering plant. It examines the plant's structure and the

electroplating process as the primary source of pollutant emissions. The main sources of air, water, and soil pollution are examined. Pollutant emissions from the surface of galvanic baths are calculated.
Keywords: mechanical engineering, galvanizing, atmospheric air, wastewater, galvanic sludge, pollution.

Машиностроение относится к числу отраслей промышленности, оказывающих значительное негативное воздействие на состояние окружающей среды. Его деятельность приводит к загрязнению атмосферного воздуха, водных объектов, а также почв – главным образом из-за образования и размещения производственных отходов. В некоторых промышленных районах с наиболее опасными производствами вредные выбросы иногда многократно превышают санитарные нормы. Это опасно тем, что загрязняющие вещества приобретают выраженное токсическое действие. Среди основных загрязняющих веществ:

1) газообразные выбросы – серная и соляная кислоты, оксиды азота и серы, вызывающие парниковый эффект, респираторные заболевания и кислотные дожди

2) пыль и твердые частицы – металлические и неметаллические, образующиеся при шлифовке и механической обработке, проникают глубоко в легкие

3) химические вещества, в том числе летучие органические соединения – фенол, бензол, уайт-спирит, ксилол от растворителей и смазочных материалов обладают токсическим и канцерогенным действием. Машиностроительный комплекс является одним из ключевых элементов экономики России, объединяя предприятия, выпускающие различные виды продукции. Для производства этой продукции используются схожие сырьевые и технологические ресурсы, чем обусловлена значительная общность экологических проблем, присущих различным отраслям машиностроения. Однако, согласно данным [1], на

масштаб и остроту экологических проблем влияет не столько производственный профиль заводов, сколько технический уровень производства. Устаревшее оборудование, низкая эффективность очистных сооружений приводят к тому, что даже предприятия одной отрасли могут оказывать принципиально разное воздействие на окружающую среду. По полученным данным, машиностроительные заводы ежегодно выбрасывают в атмосферу 32 % промышленных загрязнений от своих стационарных источников, в то время как очистным оборудованием машиностроение оснащено всего лишь на 30-50 % [2].

Анализ динамики образования отходов в целом по Российской Федерации, выполненный на основе статистических данных [3], показывает, что наибольший объём отходов формируют обрабатывающая промышленность. Наибольший объём отходов формируют обрабатывающие производства, причем в 2020 и 2023 годах объёмы достигали пиковых значений – 430 млн. тонн. За период 2019-2023 гг. по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» наблюдался рост образования отходов производства и потребления – на 37,18%, что свидетельствует о высокой антропогенной нагрузке со стороны промышленности. В этой связи актуален анализ негативного воздействия машиностроительного предприятия на окружающую среду.

Анализ выбросов машиностроительного предприятия позволяет выделить следующие приоритетные загрязняющие вещества: марганец и его соединения, азот оксид (IV), азот (II) оксид, серная кислота, сажа, ангидрид сернистый, бензин нефтяной, керосин, минеральное нефтяное масло, уайт-спирит и взвешенные вещества. Эти вещества представляют собой опасные загрязнители, которые могут оказывать негативное влияние на атмосферу и здоровье человека. Превышение их концентраций может привести к серьёзным экологическим последствиям, таким как ухудшение качества воздуха, развитие респираторных

заболеваний, а также воздействие на водные и почвенные экосистемы. Основная экологическая нагрузка формируется в гальваническом цехе, где реализуется процесс цинкования деталей. Наиболее распространенными загрязнителями сточных вод гальванопроизводств являются ионы тяжелых металлов: медь, цинк, никель, хром и другие [4]. Технологическая схема включает операции электрохимического обезжиривания, травлении в кислотах, нанесения покрытия и пассивации. При проведении гальванических операций с поверхности ванн выделяются аэрозоли щелочей, туманы кислот (серной, соляной), цианистый водород и аммиак.

Не менее серьезная проблема – загрязнение гидросферы. Значительный объем негативного воздействия приходится на сбросы сточных вод, формирующихся преимущественно в гальваническом производстве. Промывные воды после операций обезвреживания, травления и нанесения покрытий содержат сложный комплекс токсичных компонентов:

1) тяжелые металлы (медь, цинк, никель, хром, железо);

2) пыль, металлическая окалина;

3) эмульсии;

4) щелочи и кислоты.

В машиностроительном производстве основными видами отходов являются отработанные смазочные и охлаждающие жидкости, помимо этого при производстве наблюдается образование металлических, пластиковых и другие виды отходов, которые необходимо утилизировать или перерабатывать [5]. Часть отходов, таких как дерево, стекло, бумага и картон, может быть направлена на вторичную переработку до момента захоронения, что позволит значительно сократить объём отходов, поступающих на полигоны и загрязняющих почву. В процессе гальванического производства образуется гальванический шлам. Они

образуются после осаждения сточных вод реагентами, в них присутствует большое количество тяжёлых металлов и других примесей.

Расчеты проведены в соответствии с «Методикой расчёта выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при производстве покрытий гальваническим способом (по величинам удельных показателей). СПб, 2000» [6]. Расчет выброса загрязняющих веществ в процессе цинкования производился при следующих исходных данных: площадь зеркала ванны – 2,64 $м^2$; время работы в смену – 8 ч; число смен за год – 250 дней;

1. Загрязняющее вещество: натрий гидроксид. Процесс: электрохимическое обезжиривание изделий. Удельное выделение вещества в виде аэрозоля – $11\ мг/(с \cdot м^2)$.

2. Загрязняющее вещество: водород цианистый. Процесс: химическое травление изделий, в разбавленных нагретых (t > 50 °С) и концентрированных растворах серной кислоты. Удельное выделение вещества в виде газа (пара) – 5,2 $мг/(с \cdot м^2)$; удельное выделение вещества в виде аэрозоля – $1{,}8\ мг/(с \cdot м^2)$.

3. Загрязняющее вещество: водород цианистый. Процесс: химическое травление изделий, в разбавленных нагретых (t > 50 °С) и концентрированных растворах серной кислоты. Удельное выделение вещества в виде газа (пара) – 5,2 $мг/(с \cdot м^2)$; удельное выделение вещества в виде аэрозоля – $1{,}8\ мг/(с \cdot м^2)$.

4. Процесс: нанесение металлопокрытий, цинкование. Материал: Состав III: цинк хлористый (80-100), аммоний хлористый (180-220), блескообразователь Ликонда Zn SR-A мл, (30-70), блескообразователь Ликонда Zn SR-B, мл (3-5). Температура до 30 °С. Удельное выделение вещества в виде газа: водород хлористый – 17,81 $мг/(с \cdot м^2)$, аммиак – 1,29 $мг/(с \cdot м^2)$; удельное выделение вещества в виде аэрозоля (водород хлористый) – $1{,}5\ мг/(с \cdot м^2)$.

В результате расчетов было выявлено (рис. 1), что в процессе цинкования с поверхности гальванических ванн наибольшее валовое выделение составляет у хлористого водорода (0,024 г/с), а наибольшее максимально разовое выделение при химическом травлении изделия у серной кислоты (0,073 т/г).

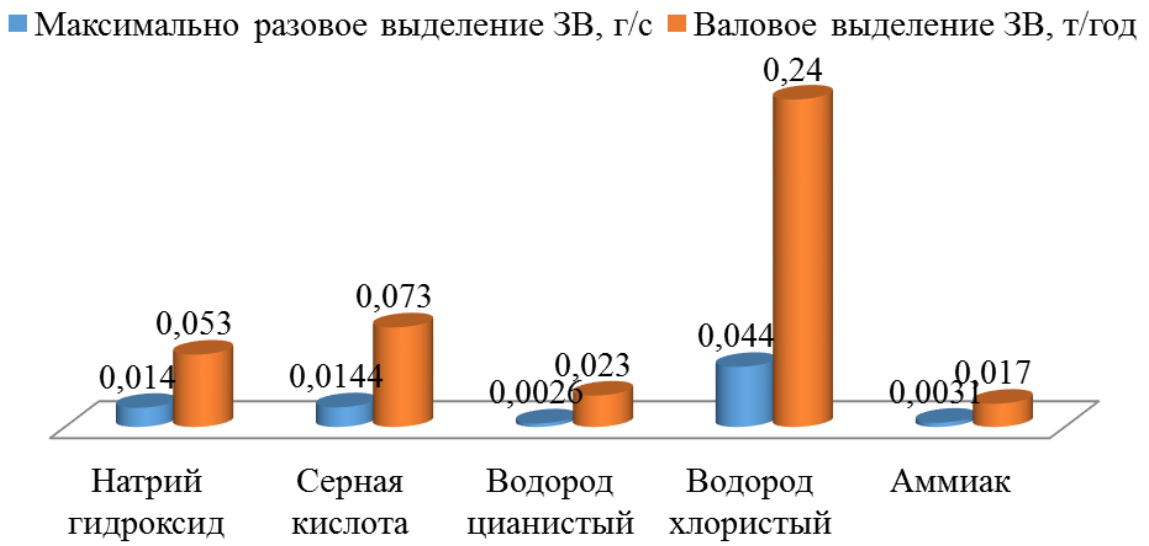


Рис. 1. Валовый и максимально разовый выброс вредных веществ с поверхности гальванических ванн при различных процессах гальванопокрытия

На основании выполненных расчетов проведена корректировка границ санитарно-защитной зоны (СЗЗ), позволяющая решить две основные задачи: обеспечить соответствие санитарно-эпидемиологическим требованиям и минимизировать воздействие производства на прилегающие жилые районы. Предприятие относится к IV категории опасности с нормативным размером СЗЗ 100 м. Итоговые границы зоны устанавливались с преобладающих направлений ветра и данных моделирования рассеивания примесей в приземном слое атмосферы. Скорректированная санитарно-защитная зона приведена на рис. 2.

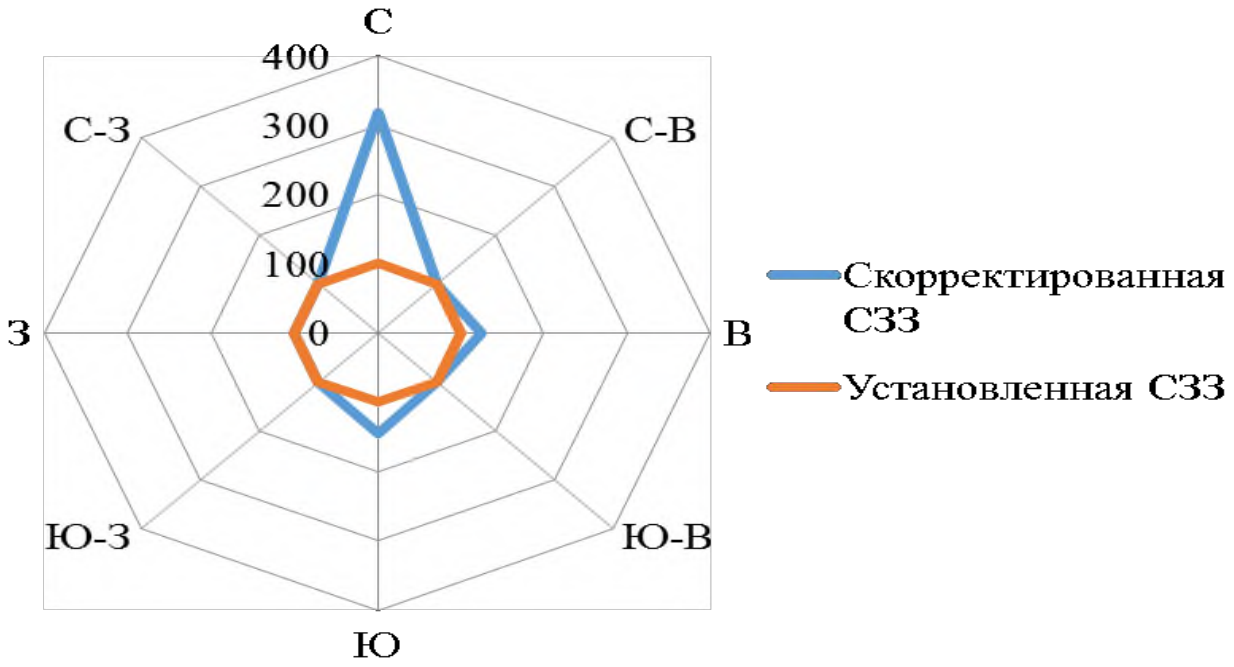


Рис. 2. Скорректированная санитарно-защитная зона машиностроительного предприятия

Проведенный анализ деятельности подтверждает, что машиностроительное предприятие является значимым источником воздействия на окружающую среду. Детальный расчет выделений от гальванического цеха позволил установить, что наибольший вклад в загрязнение атмосферы вносят хлористый водород (0,24 т/год) и серная кислота (0,073 т/год). Уточнены размеры санитарно-защитной зоны отдельно для различных направлений ветра. Размер СЗЗ обоснован расчетами рассеивания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экологические проблемы машиностроения [Электронный ресурс]. Режим доступа:https://spravochnick.ru/mashinostroenie/ekologicheskie_problemy_mashinostroeniya/ (дата обращения: 24.04.2026)

2. Машиностроение в России и его вредные производства, влияющие на экологию [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://greenologia.ru/eko-

problemy/mashinostroenie/mashinostroenie-v-rossii.html (дата обращения: 16.03.2026).

3. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году: проект Государственного доклада. М.: Минприроды России; ООО «Интеллектуальная аналитика»; ФГБУ «Дирекция НТП»; Фонд экологического мониторинга и международного технологического сотрудничества, 2024. 707 с.

4. Мусина С.А. Анализ оптимальных параметров при очистке сточных вод гальванопроизводств от никеля различными электрохимическими методами / С.А. Мусина, Л. Ф. Хасанова, А. И. Щелчкова // Форум молодых ученых. 2018. № 3(19). С. 427-431.

5. Шишкина П.А. Влияние предприятий машиностроительного и станкостроительного производства на окружающую среду и почву // Известия ТулГУ. Технические науки. 2020. №12. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-predpriyatiy-mashinostroitelnogo-i-stankostroitelnogo-proizvodstva-na-okruzhayuschuyu-sredu-i-pochvu (дата обращения: 16.03.2026).

6. Методика расчёта выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при производстве покрытий гальваническим способом (по величинам удельных показателей). Санкт-Петербург, 2000.

© Мансурова В.Р., 2026

2.2. РАЦИОНАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДНЫМИ РЕСУРСАМИ

УДК 543.63

Абдуназаров Ф.А.[1], Абдуназаров А.А.[2]

[1]Наманганский государственный технический университет, г. Наманган, Узбекистан.

[2]Наманганский государственный педагогический институт, г. Наманган, Узбекистан.

e-mail: *faxriddin.abdunazarov@bk.ru*

ГЛУБОКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ ВОД НАМАНГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В исследовании отбор и анализ проб воды проводились на основе стандартных методологий с учетом факторов, изменяющих химические и биологические свойства воды. Кроме того, соотношение катионов и анионов в составе поливной воды, а также ее значение pH оказывают непосредственное влияние на засоленность, щелочность почвы и развитие культур. Поэтому в данном исследовании с целью всесторонней оценки качества поливной воды был измерен ряд физико-химических параметров, включая сухой остаток, сульфатные и хлоридные ионы, pH и электропроводность, а также проанализировано их значение в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: гидрохимический анализ, оросительные воды, минерализация, электропроводность, микроэлементы, деградация почв, ГОСТ 31954-2012.

Abdunazarov F.A.[1], *Abdunazarov A.A.*[2]

.[1] Namangan State Technical University, Namangan, Uzbekistan.

[2] Namangan State Pedagogical Institute, Namangan, Uzbekistan.

DEEP CHEMICAL ANALYSIS OF THE MAIN IRRIGATION WATERS OF THE NAMANGAN REGION

Abstract. In the study, water sampling and analysis were conducted based on standard methodologies, taking into account factors that alter the chemical and biological properties of the water. Furthermore, the ratio of cations and anions in irrigation water and its pH value have a direct impact on soil salinity, alkalinity, and crop development. Therefore, in this study, to comprehensively assess the quality of irrigation water, a number of physicochemical parameters were measured, including dry residue, sulfate and chloride ions, pH, and electrical conductivity, and their significance in agriculture was analyzed.

Keywords: hydrochemical analysis, irrigation waters, mineralization, electrical conductivity, trace elements, soil degradation, GOST 31954-2012.

Анализ качества поливной воды имеет важное значение для повышения урожайности в сельском хозяйстве и предотвращения деградации почвы. Данный анализ включает определение физико-химических свойств воды, в частности, степени засоления и содержания микроэлементов. В данном исследовании были детально изучены основные показатели, такие как сухой остаток, сульфат-ион, хлорид-ион, pH и электропроводность, а также степень засоленности и содержание микроэлементов в образцах поливной воды, взятых из вод Сырдарьи, Теракзарского, Нурабадского и Пушкинского районов. Анализ этих образцов проводился в соответствии со стандартами качества воды и оценивалось их влияние на плодородие почвы на орошаемых площадях. Кроме

того, количество ионов в составе воды, в частности наличие ионов натрия, магния и сульфата, имеет решающее значение при определении степени ее засоления, и эти показатели важны для определения влияния на физико-химические свойства почвы и рост сельскохозяйственных культур.

Таблица 1

Показатели сухого остатка, сульфат-иона, хлорид-иона, pH и электропроводности образцов орошаемой воды

№	Тип анализа	Образцы воды			
		Вода Сырдарьи	вода Терекзора	вода Нурабада	Вода перед пушкой
1	Сухой остаток, мг/л	0,01	0,057	0,013	0,095
2	Сульфат-ион, мг/л	0,014	0,063	0,011	0,057
3	Хлорид-ион, мг/л	0,999	14,267	1,133	12,467
4	показатель pH	7,0	7,6	7,2	7,4
5	Электропроводность	197	845	308	913

Таблица 2

Степень засоленности образцов поливной воды

№	Образцы воды	Незасоленный	Слабозасоленный	Среднезасоленный	Сильнозасоленный	Очень сильнозасоленный	Высокозасоленный
1	Вода Сырдарьи	+					
2	вода Терекзора				+		
3	вода Нурабада	+					
4	Вода перед пушкой				+		

Вода Терекзора – содержание микроэлементов в воде находится в предельном значении, а содержание присутствующих элементов очень низкое. По результатам эмиссионного анализа по ГОСТ 31954-2012 ионы Ca, Mg, Na высокие. Использование растений для полива опасно, для полива не рекомендуется. В противном случае это может привести к катастрофе

микробиологии почвы. Поэтому эту воду не рекомендуется использовать для орошения. Анализ проводился по ГОСТ 31954-2012.

Содержание микроэлементов, необходимых для растений, в Нурабадской воде низкое, степень засоленности относительно средняя, жесткость воды средняя. При использовании для орошения рекомендуется применять минеральные удобрения, содержащие микроэлементы. В противном случае эта вода не будет полезна для выращивания растений и получения урожая. Анализ проводился по ГОСТ 31954-2012.

Припушка – вода с предельным содержанием микроэлементов, сильная степень засоления, вода твёрдая. По результатам эмиссионного анализа ионы Ca, Mg, Na высокие. Опасно для растений, при использовании этой воды для орошения микробиология почвы подвергается полной катастрофе. Орошаемая площадь и общая площадь, дающая урожай, подвергаются катастрофе. Эту воду не рекомендуется использовать для орошения. Анализ проводился по ГОСТ 31954-2012. Для предотвращения деградации почв в Наманганской области необходимо внедрение системы цифрового картографирования качества поливных вод, что позволит оперативно корректировать нормы внесения мелиорантов (например, гипса для нейтрализации натриевого засоления). Все исследования выполнены в соответствии с ГОСТ 31954-2012 «Вода питьевая. Методы определения жесткости», что подтверждает достоверность полученных данных для использования в государственном планировании сельскохозяйственных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Abdunazarov F. Technology for separating powdered materials from petroleum coke using a two-rotor gravity classifier / F. Abdunazarov, A. Khudaiberdiev // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 486. P. 01018.

2. Абдуназаров Ф.А. Определение элементного состава нефтяного кокса методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой Perkin Elmer Avio 200 // Universum: химия и биология. 2022. № 11-2 (101). С 37-43.

3. Абдуназаров Ф.А. Химический анализ состава местного нефтяного кокса и перспективы применения в сфере производства на основе полученных результатов // Импортозамещение, научно-техническая и экономическая безопасность: сборник статей V Международной научно-технической конференции «Минские научные чтения-2022», Минск, 7–9 декабря 2022 г. Минск: ВГТУ, 2022. Т. 3. С. 14-21.

4. Абдуназаров Ф.А. Исследование структуры и химического состава нефтяного кокса / Ф.А. Абдуназаров, А.А. Худайбердиев // Интеграция современных физико-химических методов исследования в области науки и производства. Ташкент, 2023. С. 23-25.

5. Абдуназаров Ф. Использование нефтеотходов в производственных помещениях на основании химического состава и выводов элементного анализа // Атроф-мухит мухофазаси ва экологик районлаштириш; муоммо ва ечимлар : Халқаро илмий амалий анжуман. Тошкент, 2023. С. 738-745.

© Абдуназаров Ф.А., Абдуназаров А.А., 2026

УДК 532.517.4: 536.24

Лобанов И.Е., Ткаченко Е.А., Шумейко А.М.

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии», г. Москва

e-mail: tkachenkojon2OO4@mail.ru

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЙ И ТЕПЛООБМЕНА В КАНАЛАХ С ПОЛУКРУГЛЫМИ ТУРБУЛИЗАТОРАМИ ДЛЯ ТЕПЛООБМЕННИКОВ АВИАЦИОННОЙ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ТЕЧЕНИИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ НА ЛАМИНАРНЫХ, ПЕРЕХОДНЫХ И ТУРБУЛЕНТНЫХ РЕЖИМАХ ДЛЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Аннотация. Проведено численное математическое моделирование теплоотдачи для наиболее характерных параметров труб с турбулизаторами (*d/D*=O,92÷O,86; *t/D*=O,33÷1,22) различных чисел О.Рейнольдса (Re=1O^3÷1O^5÷1O^7). Были получены не только двумерные, но и трёхмерные линии токов для труб с турбулизаторами для этих условий. Были получены двумерные и трёхмерные линии токов для труб с турбулизаторами для этих условий. Результаты необходимо использовать при расчёте параметров перспективных теплообменников ракетно-космической техники, а также для обеспечения минимизации воздействия производства на окружающую среду и для улучшения их экологических и массогабаритных характеристик.

Ключевые слова: моделирование, конвективный, модель Ментера, турбулизатор, теплообмен.

Lobanov I.E., Tkachenko E.A., Shumeyko A.M.

FGBOU VO «Moscow State University of Geodesy and Cartography», Moscow

THEORETICAL STUDY OF FLOWS AND HEAT EXCHANGE IN CHANNELS WITH SEMICIRCULAR TURBULATORS FOR HEAT EXCHANGERS OF AVIATION AND ROCKET AND SPACE TECHNOLOGY DURING COOLANT FLOW IN LAMINAR, TRANSIENT AND TURBULENT MODES FOR THE RATIONAL USE OF THERMAL ENERGY

Abstract. Numerical mathematical modeling of heat transfer was performed for the most typical parameters for tubes with turbulators (*d/D*=O.92÷O.86; *t/D*=O.33÷1.22) with different O.Reynolds numbers (Re=1O^3÷1O^5÷1O^7). Not only two-dimensional, but also three-dimensional flow lines for tubes with turbulators for these conditions were obtained. Not only two-dimensional, but also three-dimensional flow lines for tubes with turbulators for these conditions were obtained. The results should be used to calculate the parameters of advanced heat exchangers for rocket and space technology, as well as to ensure that the impact of production on the environment is minimized and to improve their environmental and weight-dimensional characteristics.
Keywords: Modeling; convective; Mentor model; turbulator; heat transfer; current lines.

1. Вводная часть

Основная задача работы – провести численное моделирование теплообмена в условиях ламинарного, переходного и турбулентного течения, с учетом влияния интенсификаторов, для различных значений определяющих параметров, в том числе при использовании турбулизаторов с большими коэффициентами (*d/D*=O,92÷O,86, *t/D*=O,33÷1,22; Re=1O^3÷1O^5÷1O^7)

работающих при течении теплоносителей с постоянными свойствами. В рамках исследования были построены пространственные линии тока для вышеупомянутых турбулизаторов.

Исследование теплопередачи в каналах, оборудованных выступами полукруглого трансверсально профиля, при циркулировании теплоносителей с константными теплофизическими симплексами, обусловливает детерминирования коэффициентов теплосъёма для разных разрядов потоков: ламинарных, переходных, турбулентных. Особый акцент делается на турбулентный режим, так как он потенциально обеспечивает более высокую интенсивность теплообмена по сравнению с другими режимами.

С целью проведения всестороннего анализа теплообменных процессов в трубе с диафрагмами в турбулентном режиме, были выполнены численные расчеты. Расчёты, основанные на факторизованных конечно-объёмных методах (ФКОМ), позволили определить интенсивность теплообмена. В качестве расчетной модели использовалась низкорейнольдсова модель Ментера, а также решалось энергетическое уравнение.

Целью расчетов является количественная оценка изменения коэффициента теплоотдачи при смене режимов течения от ламинарного через переходный к турбулентному. Анализ этих изменений позволит оптимизировать конструкцию теплообменников, уменьшив их габариты и массу, а также повысить их энергоэффективность.

Получены результаты моделирования теплообмена и гидравлического сопротивления в трубах с турбулизаторами, работающих с жидкостями, не меняющими своих свойств, при турбулентном режиме. Использованные диапазоны параметров были сопоставимы с экспериментальными работами [1] с диапазоном чисел О. Рейнольдса $Re = 1O^4 \div 4 \cdot 1O^5$.

Сравнение расчетов выявило: в трубе с турбулизаторами турбулентный режим, сопровождающийся ощутимым возрастанием гидравлических сопротивлений, в сравнении с переходным и ламинарным, обусловиливает более эффективный теплосъём.

2. Анализирование численных результатов интенсифицированной турбулентной теплоотдачи для свойственных характеристик исследования при относительных небольших выступов ($Re=1O^4 \div 1O^5$; t/D=O,33÷1,22; d/D=O,92 ÷O,86) для теплоносителя в форме диэлектрических масел при константных параметрах

Выглядят перспективными исследования интенсифицированной теплоотдачи в каналах, с полукруглым диафрагмирования, при циркулировании диэлектрических масел. Вышеуказанные научные работы требуют охвата диапазонов, как ламинарных и переходных режимов потока, так и турбулентных, поскольку уровни интенсифицирований теплосъёмов в последних случаях будет превалировать.

Вычисления интенсифицированных теплосъёмов для диафрагментированных каналов при турбулентных режимов течений делались факторизованным конечно-объёмным способом решения рейнольдсовых уравнений на базах низкорейнольдсовых ментеровских моделей (ФКОМ) [5].

Ключевая задача проводимых расчетов состоит в количественной оценке степени превосходства интенсификации теплообмена в исследуемом режиме по сравнению с режимами ламинарного и переходного течения, при условии сохранения всех прочих параметров.

Таблица 1 содержит результаты численного моделирования теплообмена и гидравлических сопротивлений в диафрагментированных каналах на диэлектрических маслах с развитой турбулентностью. Свойственные

определяющие симплексы были такими же, что и в опытных исследованиях: критерии О.Рейнольдса: от десяти до четырёхсот тысяч.

Изучение теплосъёмов и гидравлических сопротивлений диафрагментированных каналов с диэлектрическими маслами с развитой турбулентностью обнаружило, что интенсифицирование теплосъёма здесь превалирует над ламинарными и переходными показателями. Следовательно, невзирая на повышенные гидросопротивления при развитой турбулентностью степень увеличения теплоотдачи оказывается более значительной.

Для относительно малых выступов теплосъёмы и гидросопротивления при турбулентных условиях с числом О.Рейнольдса в десять тысяч гораздо большие, нежели чем для переходных и ламинарных условиях с одинаковыми другими параметрами: относительное число В.Нусслельта ($Nu/Nu_{гл}$) – две целых и тринадцать сотых; и относительное гидросопротивление ($\xi/\xi_{гл}$) – три целых и двадцать семи сотых при средних шагах между выступами; при широких шагах между выступами относительные гидросопротивления и теплообмен несколько ниже: две целых и тридцать девять сотых и одна целая и восемьдесят две сотых соответственно. С дальнейшим повышением критериев О.Рейнольдса вплоть до сотни тысяч имеет место большое повышение относительных гидравлических сопротивлений, приблизительно от трёх до пяти раз, однако относительные теплосъёмы не повышаются, на притом и снижаются.

На основании вышеизложенного, для вязкотекущего теплоносителя в форме диэлектрического масла интенсифицирования теплосъёмов максимальны непосредственно при умеренных критериях О.Рейнольдса, т.е. порядка десяти тысяч. На воздушных теплоносителях аналогичные степени повышения теплосъёма после десяти тысяч чисел О.Рейнольдса немногим образом не уменьшаются при небольших высотах выступов полном объёме исследования относительного шага промеж выступов.

Таблица 1

Вычисленные теплообмен и гидросопротивления для распространённых исследованных симплексов (Pr=25O; Re=1O^4÷4·1O^5; *t/D*=O,33÷1,22; *d/D*=O,92÷O,86) по изотермическим гидравлическим сопротивлениям и теплоотдаче при турбулентных изотермических течениях

Pr	Re	$\frac{d}{D}$	$\frac{t}{D}$	$\frac{\xi}{\xi_{гл}}$	$\frac{Nu}{Nu_{гл}}$
25O	1O^4	O,86	O,33	6,2O2	2,954
25O	1O^4	O,86	O,66	6,15O	2,212
25O	1O^4	O,86	1,22	5,579	1,981
25O	4·1O^4	O,86	O,33	1O,553	2,577
25O	4·1O^4	O,86	O,66	9,526	1,736
25O	4·1O^4	O,86	1,22	7,182	1,518
25O	1O^5	O,86	O,33	12,741	2,136
25O	1O^5	O,86	O,66	1O,7O3	1,497
25O	1O^5	O,86	1,22	9,O72	1,4O2
25O	4·1O^5	O,86	O,33	17,584	1,71O
25O	4·1O^5	O,86	O,66	11,829	1,268
25O	4·1O^5	O,86	1,22	8,878	1,161
25O	1O^4	O,92	O,33	3,923	2,424
25O	1O^4	O,92	O,66	3,275	2,124
25O	1O^4	O,92	1,22	2,398	1,819
25O	4·1O^4	O,92	O,33	6,O91	1,92O
25O	4·1O^4	O,92	O,66	4,988	1,697
25O	4·1O^4	O,92	1,22	3,O97	1,421
25O	1O^5	O,92	O,33	7,82O	1,717
25O	1O^5	O,92	O,66	5,777	1,464
25O	1O^5	O,92	1,22	4,192	1,34O
25O	4·1O^5	O,92	O,33	9,961	1,436
25O	4·1O^5	O,92	O,66	7,263	1,253
25O	4·1O^5	O,92	1,22	4,464	1,141

Для Re=1O^4 с *d/D*=O,86; *t/D*=O,33-1,22 вышеуказанная тенденция также сохраняется: $Nu/Nu_{гл}$≈2,95 (*t/D*=O,33), $Nu/Nu_{гл}$≈2,21 (*t/D*=O,66), $Nu/Nu_{гл}$≈1,98 (*t/D*=1,22), но с более высокими значениями относительного теплосъёма.

Для последних потоков были рассчитаны линии токов между выступами с полукруглым поперечным профилем, реализованные на основе разработанной в научной работе модификации низкорейнольдсовых ментеровских моделей, отличительные для турбулентного характера течения (число О.Рейнольдса: от

десяти до четырёхсот тысяч; число Л.Прандтля: двести пятдесят; *t/D*=O,33...1,22; *d/D*=O,92); температурный фактор (отношения температур стенок к среднемассовым температурам масла): от одной целой и семи сотых до одной целой пятнадцати сотых.

Для более высоких турбулизаторов *d/D*=O,86 сохраняются те же тенденции, которые реализуются для более низких турбулизаторов *d/D*=O,92.

При дальнейшем увеличении критерия О.Рейнольдса до $Re=4\cdot1O^5$ вышеуказанные тенденции сохраняются в полной мере (интенсификация теплоотдачи при увеличении критериев О.Рейнольдса с, $Re=1O^5$ до $Re=4\cdot1O^5$ в среднем составляет 2O%), что подтверждают расчётные линии токов.

В закрытых впадинах наблюдается сдвиговая деформация основного вихря, направленная в сторону, противоположную течению. Линии тока, показанные в данной работе, полностью соответствуют физическим принципам, лежащим в основе рассматриваемых процессов течения и теплообмена.

3. Математическое моделирование трёхмерных токов при течении теплоносителей в трубах с турбулизаторами при ламинарных, переходных и турбулентных течениях

Рассмотренные ранее вычисленные двумерные вычисленные линии токов промемеж выступов с полукруглым поперечным сечением, реализованные на основе сгенерированных модификациях низкорейнольдсовой ментеровской модели, характеристичные для турбулентных, переходных, ламинарных механизмов течений (критерий О.Рейнольдса: от сотни до ста тысяч, а затем до десяти миллионов; критерий Л.Прандтля: двести пятьдесят; *t/D*=O,33÷1,22; *d/D*=O,92÷O,86), неизотермический критерий – тот же, что и вышеупомянутый, предусматривающие теплофизические лимитирования процесса теплоотдачи в турбах с выступами, предопределяют вычисления 3-х-мерных линий токов для этих условий.

Моделирование трёхмерных линий тока позволит обнаружить новые, ранее не известные особенности турбулентных потоков в трубах с турбулизаторами, которые не были выявлены при двумерном моделировании.

Трёхмерная расчётная сетка показана на рис. 1.

На нём видна разномасштабность этой сетки: более крупная сетка располагается ближе к ядру потока, более мелкая сетка расположена в районе турбулизаторов и поверхности трубы с турбулизаторами.

Задача расчёта трёхмерных линий тока для труб с турбулизаторами для рассматриваемых условий решается в данном исследовании с применением ФКОМ-ов в периодической постановке.

За наиболее характерные режимы для ламинарного, переходного и турбулентного течения могут быть приняты режимы с критериями О.Рейнольдса с $Re = 1O^3$, $Re = 1O^4$, $Re = 1O^5$ и $Re = 1O^7$ соответственно при геометрии труб с турбулизаторами d/D=O,92, t/D=O,66.

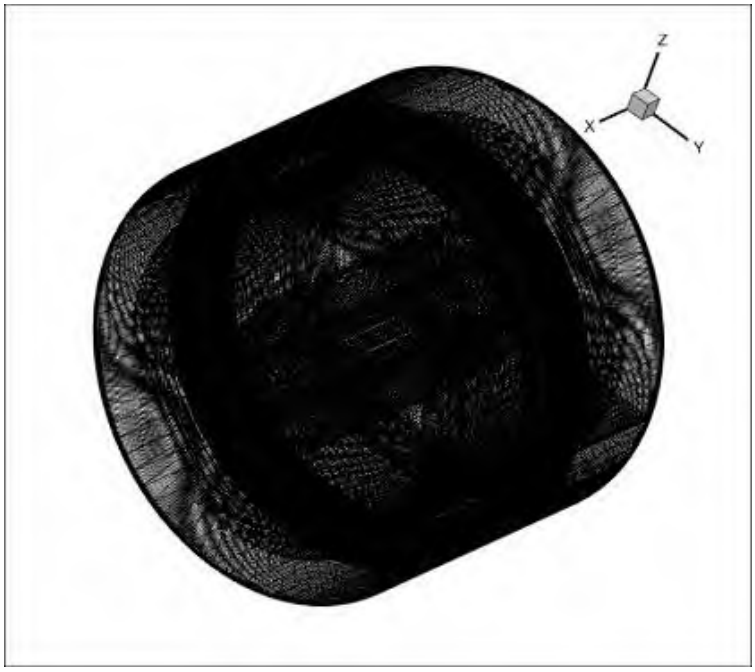


Рис. 1. Трёхмерное расчётное периодическое разбиение трубы на сетки, состоящие из некоторого количества ячеек со срединным расположением полукруглых турбулизаторов

Исследование пространственных потоков направлено на установление характеристик, отличающихся от свойств двумерных линий тока, упомянутых ранее. Данный подход позволит оптимизировать процесс конструирования теплообменников, включая более точное определение их массы и расчет требуемой энергоемкости.

Исходя из проведенных исследований, было установлено, что расчет траекторий потоков в трубах, оснащенных турбулизаторами, при значениях числа Рейнольдса, соответствующих ламинарным течениям, демонстрирует двумерный характер. В переходных режимах наблюдается отклонение от двумерности в сторону трехмерности. Для полностью развитых турбулентных потоков траектории частиц становятся выраженно трехмерными. Полученные данные способствуют более точному определению тепловых потоков и улучшению эксплуатационных свойств продукции, что, в свою очередь, положительно отразится на применении в разнообразных отраслях

4. Заключительные выводы

1. В научном труде реализовано матмоделирование теплотдачи в трубах с турбулизаторами полукруглых трансверсальных профилей с критеями О.Рейнольдса, присущих ламинарному (от ста до двух тысяч), переходных (от двух до десяти тысяч) режимов, на основании ФКОМ [3, 5], и установлены уровни интенсифицирований теплотдачи при небольших числах О.Рейнольдса (от двух до десяти тысяч) в широких пределах чисел Л.Прандтля, что релевантно в каналах теплообменных аппаратов.

2. Преимущества сгенерированного метода ФКОМ перед имеющимися [4]: отсутствие галёркинских приближений, линеаризирований уравнений, применений принципов переменных направлений с дальнейшими прогонками, осуществление переменных уравнений посредством методов прогонок и т.д. [4].

3. Вычислены местные и интегральные, нестационарные и стационарные и характеристики потоков на базе ФКОМ [3, 5], обусловливающие течение

(поток), а также теплосъём в диафрагмированных каналах, которые вычислялись в переходном и ламинарном характере течений теплоносителей. Вычисления предоставили возможность выявить уровни интенсифицирований теплосъёмов в вышеупомянутыми диапазонами, удовлетворительно коррелирующими с опытной информацией.

4. Выявленные в статье расчётные тенденции следует необходимым образом задействовать в инженерных и научных вычислениях интенсифицированных турбулентных, переходных, ламинарных теплосъёмов для канальных потоков в трубах с диафрагмам, применяющихся для потенциальных теплообменных аппаратах для космо-, ракетно-, авиа- технике (а также др. видов промышленности), для оптимизирования при функционировании тепловых энергий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калинин Э.К. Интенсификация теплообмена в каналах / Э.К. Калинин, Г.А. Дрейцер, С.А. Ярхо. Москва: Машиностроение, 1990. 208 с.
2. Мигай В.К. Моделирование теплообменного энергетического оборудования. – Ленинград: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1987. 263 с.
3. Лобанов И.Е. Математическое моделирование теплообмена в трубах с турбулизаторами в области перехода к турбулентному течению // Вестник Ангарского государственного технического университета. 2019. Т. 1, № 13. С. 60-65.
4. Назмеев Ю.Г. Теплообмен при ламинарном течении жидкости в дискретно-шероховатых каналах. Москва : Энергоатомиздат, 1998. 372 с.
5. Дрейцер Г.А. Расчёт конвективного теплообмена в трубе с периодическими выступами / Г.А. Дрейцер, С.А. Исаев, И.Е. Лобанов // Вестник Московского авиационного института. 2004. Т. 11. № 2. С. 28.

© Лобанов И.Е., Ткаченко Е.А., Шумейко А.М., 2026

УДК 614.84:004.932

Зиннатуллина Д.Х., Смирнов И.А., Мусина С.А.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: stvc233@mail.ru

АУДИТ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПРИ ИНТЕГРАЦИИ ГРУЗОВЫХ БПЛА В СИСТЕМЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Аннотация. В данной статье проведён комплексный аудит опасных факторов, возникающих при интеграции грузовых беспилотных летательных аппаратов в системы пожаротушения высотных зданий. На основе анализа современной статистики пожаров и практических испытаний выделены ключевые технические, эксплуатационные и организационные риски. Кроме того, показано, что при соблюдении разработанного перечня мер безопасное применение грузовых БПЛА в высотной пожарной тактике технически достижимо и организационно реализуемо.
Ключевые слова: грузовые беспилотные летательные аппараты, интеграция БПЛА, пожаротушение высотных зданий, аудит опасных факторов, пожарная безопасность.

Zinnatullina D.Kh. Smirnov I.A. Musina S.A.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

AUDIT OF HAZARD FACTORS IN THE INTEGRATION OF CARGO UAVS IN FIRE EXTINGUISHING SYSTEMS OF HIGH-RISE BUILDINGS

Abstract. In this article, a comprehensive audit of hazardous factors arising from the integration of cargo unmanned aerial vehicles in fire extinguishing systems of high-

rise buildings is carried out. Based on the analysis of modern fire statistics and practical tests, the key technical, operational, and organizational risks have been identified. In addition, it has been shown that, if the developed list of measures is followed, the safe use of cargo UAVs in high-altitude firefighting tactics is technically feasible and organizationally implementable.

Keywords: cargo unmanned aerial vehicles, integration of UAVs, firefighting in high-rise buildings, audit of hazardous factors, and fire safety.

Согласно официальным данным МЧС России за 12 месяцев 2025 года в России произошло 317 311 пожаров, что на 8,7% меньше, чем за аналогичный год, при этом зарегистрированный материальный ущерб вырос на 15,2% и достиг значение 22,8 млрд. руб. На пожарах погибло 6 521 человек, включая 295 несовершеннолетних, травмы получили 7 966 человек. В среднем по стране ежедневно происходило 869 пожаров, на которых погибало 18 человек, при этом огнём уничтожалось 95 строений [2].

Показательно, что наряду с пожарами, возникающими во внутренних помещениях, зафиксировано большое количество возгораний на внешней стороне зданий либо на строящихся объектах, где штатные системы пожаротушения еще не были смонтированы. Подобные инциденты происходили, в частности, в Пекине, Шанхае, Красноярске и Лондоне. На рис. 1 показан пожар в Шанхае, ставший одним из наиболее резонансных примеров быстрого распространения огня по фасаду.

Анализ реальных пожаров в высотных зданиях и технических ограничений наземной мобильной техники показывает, что традиционные способы тушения на высотах свыше 30-37-го этажа либо крайне затруднены, либо полностью исключены, особенно при горении по внешним поверхностям фасадов. Применение пилотируемых вертолётов сопряжено с высокими рисками в условиях плотной городской застройки и длительным временем развёртывания.

Рис. 1. Пожар в высотном здании в Шанхае в 2010 году [6]

Согласно рис. 1 Видно, что при возгораниях на внешней поверхности высотных зданий наземная техника упирается в пределы рабочей высоты, а время развёртывания становится приоритетным.

По мнению С.Г. Цариченко, интеграция грузовых БПЛА в действующие системы пожаротушения высотных зданий способна в разы изменить тактику борьбы с такими пожарами, однако её практическая реализация невозможна без глубокого аудита опасных факторов, учёта отказов техники, влияния человеческого фактора и условий городской среды. [1]

Отечественными разработчиками и специалистами МЧС уже осуществляются практические испытания подобных систем. Как сообщается в открытых источниках, осенью 2025 года в Свердловской области успешно прошли тесты пожарных дронов. Так, на аэродроме «Логиново» отрабатывали высотные полёты с тушением условного возгорания пенным раствором, а на строящейся 33-этажной высотке в Екатеринбурге беспилотник поднимался на 50 метров и подавал огнетушащее вещество прямо в очаг. [5] Также в начале 2026 года в Башкирии начались исследования по применению сменных модулей на платформе БПЛА большой грузоподъёмности. [4] Эти примеры подтверждают, что отрасль переходит к штатному внедрению БПЛА, однако одновременно возрастают и сопутствующие риски. Аудит опасностей целесообразно разделить на три группы: 1. технические, 2. эксплуатационные и 3. организационные. В

таблице 1 представлены ключевые факторы, характер их проявления и способы минимизации.

Таблица 1

Аудит опасных факторов при интеграции грузовых БПЛА в системы пожаротушения высотных зданий [3]

№	Фактор	Характер проявления	Метод минимизации
1	Потеря сигнала управления	БПЛА переходит в неуправляемый полёт, возможно падение на людей или соседние здания	Дублированный канал связи 4G/Radio, система аварийной посадки на парашюте, инерциальная навигация
2	Отказ силовой установки	Падение аппарата с грузом огнетушащего вещества, взрыв аккумулятора при ударе	Многомоторная схема с резервированием (6-8 моторов), баллистический парашют, огнестойкий корпус батарей
3	Сложные метеоусловия у высотного здания	Порывы ветра, восходящие термические потоки, турбулентность между корпусами	Система автоматической коррекции по датчикам ветра, ограничение полётов при скорости ветра свыше 12 м/с, предварительное CFD-моделирование воздушных потоков
4	Ошибка системы наведения из-за задымления	Срыв захвата цели, непреднамеренное попадание струи в соседние окна или конструкции	Тепловизионно-оптический комплекс с лазерным целеуказателем, дублирующее наведение по радиомаякам на этаже
5	Риск повреждения остекления и конструкций	Волна давления при выбросе газового ОТВ, кинетический удар при сбросе порошка	Импульсные системы выпуска с низким реактивным моментом, применение мелкодисперсных аэрозолей, насадки с рассеивателями
6	Угроза для людей в зоне работы	Падение элементов груза, столкновение БПЛА с эвакуирующимися жильцами или техникой	Выделение запретной зоны в радиусе 50 м, автоматическая система «свой-чужой», предупреждающая звуковая и световая сигнализация
7	Человеческий фактор при управлении	Нарушение регламентов, неправильная интерпретация данных с борта	Обязательная VR-тренажёрная подготовка, интеллектуальный допуск оператора, автоматическая блокировка опасных команд

По данным таблицы 1, можно сделать вывод, что все опасные факторы, могут быть успешно минимизированы комплексом дублирующих технических решений, что создаёт предпосылки для безопасного штатного применения беспилотных технологий в высотной пожарной тактике.

Грузовые БПЛА могут эффективно применяться в составе эшелонированной системы тушения высотных зданий. На нижнем ярусе роботизированные наземные комплексы обеспечивают охлаждение периметра и препятствуют распространению огня на стилобатную часть. На среднем ярусе грузовой БПЛА доставляет к очагу на высоте импульсную установку криогенной завесы на основе жидкого азота, сбивающую температуру и вытесняющую кислород в зоне горения. Верхний ярус образуют БПЛА-камикадзе, наводящиеся по тепловому излучению для ликвидации остаточного пламени в труднодоступных полостях.

Таким образом, интеграция грузовых БПЛА в системы пожаротушения высотных зданий является насущно необходимой мерой в условиях роста высотности застройки и ограничений традиционной техники. Проведённый аудит опасных факторов и предложенные методы их минимизации позволяют утверждать, что безопасная и эффективная эксплуатация грузовых БПЛА в интересах пожарной охраны высотных зданий технически достижима.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цариченко, С.Г. Исследования возможности применения беспилотных авиационных систем для пожаротушения высотных зданий и сооружений / С.Г. Цариченко, А.В. Островой, С.В. Карасев, М.Л. Пугачев // Пожаровзрывобезопасность. 2021. Т. 30, № 3. С. 54-64.

2. Национальный союз организаций в области обеспечения пожарной безопасности / Анализ обстановки с пожарами и их последствиями на территории Российской Федерации за 12 месяцев 2025 г. / Официальный сайт.

URL: https://nsopb.ru/fck_editor_files/files/analizobstanovki.pdf (дата обращения: 23.04.2026).

3. Обеспечение пожарной безопасности при облицовке наружных стен высотных зданий в Китае / Ю.Н. Эйдемиллер, Л.Н. Хасанова, П.Н. Скуратова, С.А. Мусина // Вестник НЦБЖД. 2024. № 2(60). С. 170-178.

4. ИНТЕРФАКС / Первый пожарный дрон испытывают в Башкирии / Официальный сайт. URL: https://www.interfax-russia.ru/volga/news/pervyy-pozharnyy-dron-ispytyvayut-v-bashkirii (дата обращения: 22.04.2026).

5. Официальный сайт правительства Свердловской области / Успешные испытания пожарных дронов прошли в Свердловской области / Официальный сайт. URL: https://midural.ru/news/event_places/page1/document289984/ (дата обращения: 22.04.2026).

6. РИА НОВОСТИ / Небоскреб в Шанхае выгорел дотла за несколько часов / Официальный сайт. URL: https://ria.ru/20101115/296708951.html (дата обращения: 22.04.2026).

© Зиннатуллина Д.Х., Смирнов И.А., Мусина С.А., 2026

УДК 551.510.42

Данилов А.Д.[1], Ершова В.А.[2]

[1]Акционерное общество «Машиностроительное производственное объединение им. И. Румянцева», г. Москва, Российская Федерация

[2]Московский политехнический университет, г. Москва, Российская Федерация

e-mail: antionie@mail.ru

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ ВЫБРОСОВ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Аннотация. Проведен анализ электролитического процесса и методов очистки воздуха от характерных для него выбросов. Рассмотрены и рекомендованы

методы очистки отходящих газов гальванических цехов от парогазовых и аэрозольных загрязнений, а также основные конструктивные решения газоочистного оборудования.
Ключевые слова: методы очистки, выбросы, загрязняющее вещество, гальваническое производство, охрана окружающей среды.

Danilov A.D.[1], Ershova V.A.[2]
[1]MPO Rumyantsev JSC, Moscow, Russian Federation
[2]Moscow Polytechnical University, Moscow, Russian Federation

AIR PURIFICATION METHODS OF ELECTROPLATING EMISSIONS

Abstract. This article analyzes the electrolytic process and air purification methods for removing its characteristic emissions. Methods for removing steam-gas and aerosol contaminants from galvanic shop exhaust gases, as well as key design solutions for gas purification equipment, are discussed and recommended.
Keywords: purification methods, emissions, pollutant, electroplating industry, environmental safety.

Электрохимические технологии нанесения покрытий на готовые детали, они же – гальванические или электролитические, имеют большое значение в разных отраслях хозяйственной деятельности государства – машиностроении, электронике, медицине и т.д. Технологии гальванической обработки деталей основаны на нанесении на изделие слоя определенного металла благодаря использованию технологии электролиза, с помощью которого можно придать необходимые физико-химические свойства изделию, способные улучшить его эксплуатационные свойства, такие как коррозионная стойкость, твердость,

прочность, сопротивление механическому износу и др., а также придать детали свойства эстетического характера.

Весь процесс гальванического производства можно разделить на две стадии: подготовку поверхностей деталей и нанесение покрытий [1]. Подготовка поверхности детали к нанесению покрытия производится двумя способами – механическим и химическим. Первый способ заключается в механической обработке поверхности детали на шлифовальном, полировальном оборудовании или вручную для удаления с поверхности изделия неровностей, шероховатостей, раковин и т.д. Второй способ заключается в использовании химических веществ, чтобы обезжирить поверхность изделия. В качестве обезжиривающего и травильного агента применяются органические растворители, такие как уайт-спирит, бензин, галоидированные углеводороды и др.; водные растворы щелочей (едкий натр, едкий калий и др.); водные растворы серной, азотной, фосфорной, хромовой, соляной и др. кислот. Подготовка поверхностей деталей в растворах проводится в специальных гальванических ваннах, изготовленных из коррозионно-стойких материалов и оснащенных системами местной вытяжной вентиляции для удаления вредных веществ непосредственно из рабочей зоны, например, бортовыми отсосами.

В процессе обработки поверхности деталей неизбежно образуются загрязняющие вещества. В качестве загрязняющих веществ при механической подготовке поверхностей деталей к нанесению покрытия образуются металлическая и абразивная пыль. Первая является частицами обрабатываемого изделия, вторая – частицами рабочей части абразивного инструмента.

При подготовке поверхности изделия в растворах органических растворителей или водных растворах сильных оснований и кислот основными загрязняющими веществами являются пары вышеперечисленных используемых веществ. Пары сильных кислот и щелочей, в особенности особо летучих кислот, таких как соляная и синильная кислоты, обладают сильно раздражающим,

рефлекторным воздействием и обладают вторым классом опасности в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 [2]. При работе с щелочами и кислотами для снижения риска здоровью на опасных производственных объектах [3] персонал должен использовать средства индивидуальной защиты органов дыхания и кожи.

После стадии подготовки поверхности детали наступает стадия нанесения покрытия на деталь. Данный процесс происходит в электролизных ваннах, или электролизерах. В ваннах электролитом является растворенная соль осаждаемого металла, катодом – подготовленное для электролиза изделие, анодом – пластина из осаждаемого металла. При пропускании электрического тока через раствор электролита положительно заряженные ионы направляются к катоду, отрицательно заряженные ионы – к аноду. Положительно заряженными ионами являются ионы металлов и водорода. На катоде происходит восстановление водорода и оседание ионов металла на поверхности катода, и, таким образом, на катоде (детали) образуется слой осажденного металла [4].

При выполнении операции нанесения покрытия в электролитических ваннах возможно выделение следующих видов вредных химических веществ в парообразном состоянии или в виде аэрозоли: щелочи, фтороводород, хлороводород, диоксид серы, цианистые соединения, соли никеля, окислы азота, хромовый ангидрид и другие вредные и загрязняющие вещества.

Для недопущения образования в рабочей зоне концентраций вредных веществ, существенно превышающих их ПДК и негативно воздействующих на работников, а также в целях охраны окружающей среды применяются системы вытяжной вентиляции, в частности, местной. К элементам местной вытяжной вентиляции относятся бортовые отсосы, вытяжные зонты, оборудованные вблизи гальванических ванн, защитно-обеспыливающие кожухи при механической обработке деталей и др. С помощью компрессоров создается тяга, за счет которой воздух вместе с выделениями паров и аэрозоли вредных веществ

удаляется из рабочей зоны и по воздуховоду направляется к очистному устройству.

Методы очистки воздуха при подготовке изделий к нанесению покрытий и при самом нанесении делятся на два направления – очистка от металлической и абразивной пыли и очистка от газо- и парообразных примесей.

Очистка отходящего воздуха от металлической и абразивной пыли необходима при подготовке детали механическим методом – полированием или шлифованием. В качестве простейших газоочистных устройств могут применяться циклоны, жалюзийные аппараты, пылеосадительные камеры. Их эффективность сильно зависит от среднего размера частиц пыли и скорости движения воздушного потока. Например, эффективность циклонов становится низкой при среднем диаметре частиц менее 5 мкм, жалюзийных аппаратов – менее 20 мкм, а пылеосадительных камер – менее 40 мкм. Указанные виды аппаратов рекомендуется применять в качестве предварительной очистки газов.

Для более эффективной очистки отходящей пыли применяются тканевые либо волокнистые фильтры рукавного типа. В качестве фильтрующего материала в тканевых фильтрах используются хлопчатобумажные, шерстяные, синтетические или стеклянные ткани. Их выбор зависит от многих факторов технологического процесса, таких как, например, химическая среда, температура отходящего воздуха, а также в зависимости от прочности, химической и термической стойкости, группы горючести, влагоемкости, стоимости материала и т.д.

В волокнистых фильтрах используются те же материалы, что и для тканевых, но фильтрующий элемент представляет собой слой из одного или нескольких листов ткани, в которых однородно распределены волокна. К волокнистым фильтрам относят фильтры тонкой очистки, способные улавливать частицы пыли диаметром до 0,05 мкм при степени очистки равной 98-99 %.

Рукавные фильтры могут быть как регенерируемые (промышленные фильтры), так и нерегенерируемые (фильтры тонкой очистки).

При электролитических процессах, когда выделяются вещества в газо- и парообразном состоянии, могут применяться очистные устройства, в которых загрязняющее вещество реагирует с применяемым внутри аппарата материалом и которое нейтрализуется, а также аппараты, где возможна конденсация паров веществ. К первому типу очистных устройств можно отнести аппараты абсорбционной очистки, в которых в качестве абсорбента выступает жидкий реагент, ко второму – волокнистые и сеточные фильтры-туманоуловители.

Абсорбционные методы подходят для улавливания сернистого ангидрида, окислов азота, фтористого и хлористого водорода. Основным абсорбентом выступает вода в силу ее дешевизны и способности указанных веществ реагировать с ней, образуя соответствующие кислоты. Для улавливания сернистого ангидрида также используются известняковые и известковые методы, в которых применяются известняк, мел, доломит, мегрель, основными компонентами которых является негашеная известь (оксид кальция). Метод обладает доступностью вследствие простоты эксплуатации установки и дешевизны материалов. Помимо воды для улавливания оксидов азота используются щелочные растворы, при взаимодействии с которыми образуются нитраты щелочного металла.

При образовании паров щелочей и кислот, например, серной, соляной, плавиковой, фосфорной, эффективно применяются туманоуловители, представляющие собой конструкцию, схожую с волокнистыми фильтрами. Принцип действия основан на оседании паров кислот и щелочей на фильтрующем волокне, которые собираются в капли и удаляются из фильтра. Степень очистки туманоуловителей варьирует от 85 до 99,5 % [5].

Методы очистки отходящего воздуха от характерных загрязняющих веществ гальванического производства не исчерпываются вышеперечисленным.

Существуют и активно применяются сухие и мокрые электрофильтры, эффективные для улавливания мелкодисперсной пыли диаметром частиц менее 1 мкм, адсорбционные методы очистки и др. Использование конкретного метода защиты атмосферы зависит от эффективности метода, экономических, эксплуатационных, конструктивных и других характеристик используемого оборудования, от особенностей технологического процесса, а также от фоновой экологической обстановки [6] в местности, где расположено предприятие, имеющее гальванические цеха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ММ 1.4.1038-82. Методические материалы. Расчет количественных характеристик выбросов вредных веществ в атмосферу от основных видов технологического оборудования предприятий отрасли / Научно-исследовательский институт технологии и организации производства (НИАТ). Москва, 1981. 139 с. URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293824/4293824473.pdf (дата обращения: 01.04.2026).

2. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: в ред. от 17.03.2025. URL: https://sudact.ru/law/postanovlenie-glavnogo-gosudarstvennogo-sanitarnogo-vracha-rf-ot_1430/sanpin-1.2.3685-21/ (дата обращения: 02.04.2026).

3. Николайкин Н.И. Моделирование системы управления рисками при эксплуатации опасных производственных объектов / Н.И. Николайкин, Ю.Г. Худяков // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2012. № 10. С. 35-40.

4. Лобанов М.Л. Защитные покрытия: учебное пособие / М.Л. Лобанов, Н.И. Кардонина, Н.Г. Россина, А.С. Юровских. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2014. 200 с. URL:

https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/28992/1/978-5-7996-1101-9_2014.pdf (дата обращения: 05.04.2026).

5. Родионов А.И. Технологические процессы экологической безопасности: учебник для технических и технологических специальностей / А.И. Родионов, В.Н. Клушин, В.Г. Систер. – 4-е изд., перераб. и доп. Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2000. 800 с.

6. Николайкин Н.И. Экология: учебник для вузов / Н.И. Николайкин, Н.Е. Николайкина, О.П. Мелехова. 7-е изд. Москва: Дрофа, 2009. 624 с.

© Данилов А.Д., Ершова В.А., 2026

УДК 658.567.1

Тагиров И.Ф., Терпигорева И. В.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация

e-mail: Ilnaz_tagirov@vk.com

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЛИГОНА ТКО НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТА В С. ЧЕКМАГУШ (РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН)

Аннотация. В статье обоснован выбор технологии рекультивации полигона ТКО в с. Чекмагуш (Республика Башкортостан). На основе инженерно-экологических изысканий выполнен анализ трех технологических подходов. Ключевыми факторами выбора стали наличие естественного водоупора из суглинков, удаленность жилой застройки (1,5 км) и высокая степень уплотнения отходов. Обоснована технология консервации с устройством изолирующего экрана, обеспечивающая надежную защиту подземных вод и возврат 5,6 га земель в сельскохозяйственный оборот.

Ключевые слова: полигон ТКО, рекультивация, охрана окружающей среды, выбор технологии, изолирующий экран.

Tagirov I.F., Terpigoreva I.V.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

JUSTIFICATION FOR THE CHOICE OF MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL RECLAMATION TECHNOLOGY ON THE EXAMPLE OF THE SITE IN CHEKMAGUSH (REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN)

Abstract. The article substantiates the choice of landfill reclamation technology for a municipal solid waste (MSW) disposal site in the village of Chekmagush (Republic of Bashkortostan). Based on engineering and environmental surveys, three technological approaches were analyzed. The key decision factors were the presence of a natural aquitard composed of loams, the distance to residential areas (1.5 km), and the high degree of waste compaction. The technology of conservation with an insulating screen is justified, ensuring reliable protection of groundwater and the return of 5.6 hectares of land to agricultural use.
Keywords: municipal solid waste landfill, reclamation, environmental protection, technology selection, insulating screens.

В ряде регионов Российской Федерации, характеризующихся высокой плотностью населения и интенсивным ведением сельскохозяйственного производства, проблема обращения с отходами сохраняет высокую остроту. Полигоны твёрдых коммунальных отходов (ТКО), эксплуатировавшиеся на протяжении десятилетий, в большинстве случаев не отвечают актуальным природоохранным требованиям, оказывая негативное воздействие на почвенный покров, подземные воды и атмосферный воздух. В соответствии с положениями

Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» и иными нормативными правовыми актами в области охраны окружающей среды, завершающим этапом жизненного цикла любого объекта размещения отходов выступает рекультивация. При этом обоснованный выбор технологического решения представляет собой многокритериальную научно-техническую задачу, от корректного решения которой напрямую зависят как эффективность восстановления нарушенных земель, так и уровень экологической безопасности прилегающих территорий.

В качестве объекта исследования выбран полигон ТКО, расположенный на северо-восточной окраине с. Чекмагуш Чекмагушевского района Республики Башкортостан. Площадка участка подлежащего рекультивации, составляет 5,6 га. Полигон эксплуатировался с 2000 года, общий срок эксплуатации составляет более 25 лет. По данным инженерно-экологических изысканий, среднегодовой объём накопления отходов в последние годы составлял порядка 27,51 тыс. м³, общий объём уложенных отходов (в плотном состоянии) на момент закрытия – около 235,0 тыс. м³. Участок расположен в границах земель сельскохозяйственного назначения, окружён пахотными угодьями и естественными пастбищами. Ближайшая жилая застройка находится на расстоянии 1,5 км от границы полигона. В геоморфологическом отношении площадка приурочена к левобережному склону долины р. Чибикей левобережного притока р. Белой.

В геологическом строении территории принимают участие отложения уфимского возраста верхней перми. В разрезе площадки ТКО выделены три инженерно-геологических элемента.

1. Суглинки коричневые маловлажные, твердой, полутвердой консистенции. Мощностью 1,2–7,5 м.

2. Суглинки коричневые влажные, мягко пластичные в интервале глубин 2,7–10,5 м.

3. Глины красновато-бурые, маловлажные, твердой полутвердой консистенции с прослойками гравелита. Мощность элемента 0,2–1,5 м. Коэффициент фильтрации суглинков колеблется от 0.02 м/сут. до 0,07 м/сут. Почвенный слой мощностью 0,3–0,4 м развит по всей территории. Средняя глубина промерзания грунтов составляет 173 см.

Рис. 1. Полигон ТКО с. Чекмагуш, снимок со спутника

Целью работы является экологическое и технико-экономическое обоснование выбора технологии рекультивации полигона ТКО в с. Чекмагуш, обеспечивающей снижение негативного воздействия на окружающую среду и возможность последующего использования территории.

С учётом требований СП 320.13525800.2017 и СанПиН 2.1.3684–21 для полигона в с. Чекмагуш рассмотрены три технологических подхода.

Консервация с изолирующим экраном – формирование многослойного покрытия по поверхности отходов без их извлечения. Достоинства:

относительно низкая стоимость, минимальное пылевое и шумовое воздействие. Ограничения: длительный мониторинг, сохранение источника загрязнения в недрах.

Полная выемка с сортировкой – экскавация отходов, сепарация вторичных ресурсов и захоронение остатков на современном полигоне. Преимущество: полное устранение источника воздействия. Недостатки: высокая стоимость, транспортная нагрузка, выбросы при перегрузке.

Формирование техногенного рельефа – сочетание консервации и рельефообразования (террасирование) с последующим использованием территории под рекреационные или лесохозяйственные цели. Позволяет вписать объект в ландшафт, но требует более сложных инженерных решений.

Выбор технологического решения выполнен на основе системы критериев, включающей экологическую эффективность (надёжность изоляции отходов, защита подземных вод и атмосферы), гидрогеологическую защищённость, близость жилой застройки, перспективное землепользование и экономическую состоятельность.

Для полигона в с. Чекмагуш ключевыми факторами стали инженерно-геологические условия, пространственное расположение и состояние тела отходов. Подстилающие суглинки с коэффициентом фильтрации 0,02-0,07 м/сут выступают естественным водоупором, что в сочетании с устройством противофильтрационного экрана обеспечивает надёжную защиту подземных вод.

Расстояние до жилой застройки (1,5 км) превышает нормативную санитарно-защитную зону (500 м, СП 320.1325800.2017), что допускает применение технологий с умеренным уровнем шума и выбросов. Высокая степень уплотнения отходов за 25 лет эксплуатации снижает риски осадки и газообразования после закрытия.

Совокупность перечисленных факторов делает наиболее обоснованным применение технологии консервации с устройством изолирующего экрана. Данное решение обеспечивает требуемый уровень экологической безопасности при существенно меньших капитальных затратах по сравнению с полной выемкой отходов, а также соответствует целевой установке на возврат земель в сельскохозяйственный оборот после завершения биологического этапа рекультивации.

В период рекультивации основное воздействие на окружающую среду формируется за счёт инженерно-строительных операций: работы техники, перемещения грунтов и устройства изолирующего экрана. Для обеспечения экологической безопасности в период рекультивации полигона ТКО с. Чекмагуш рекомендуются реализовать следующие мероприятия:

Охрана атмосферного воздуха.

При проведении работ следует применять строительную технику с двигателями экологического класса не ниже Евро-4, что позволяет снизить выбросы оксидов углерода, азота, углеводородов и диоксида серы. В сухую погоду необходимо предусматривать увлажнение техногенных грунтов при планировке для исключения пылеобразования. Для предотвращения неконтролируемой эмиссии биогаза полигон оборудуется системой дегазации на период активного газообразования.

Охрана водных объектов.

По периметру участка работ устраиваются нагорные канавы для перехвата поверхностного стока; собранная вода направляется в локальные очистные сооружения перед сбросом.

Защита от физического воздействия.

Производство работ ограничивается дневным временем суток. На строительной технике используются шумоглушители, что обеспечивает соблюдение нормативного уровня шума на границе жилой застройки, расположенной на нормативном удалении от полигона.

Обращение с отходами и материалами.

Размещение отходов, строительных материалов и техники за пределами рабочей зоны не допускается.

Выполнение указанных мероприятий позволяет обеспечить контролируемость технологических процессов и соблюдение установленных природоохранных нормативов.

Для полигона ТКО в с. Чекмагуш обоснована технология консервации с устройством изолирующего экрана, обеспечивающая надёжную защиту подземных вод и возврат 5,6 га земель в сельскохозяйственный оборот. Ключевыми факторами выбора стали наличие природного водоупора из суглинков, удалённость жилой застройки (1,5 км) и высокая степень уплотнения отходов за 25 лет эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ: в ред. от 04.08.2023.
2. СП 320.1325800.2017. Полигоны для твердых коммунальных отходов. Правила проектирования, эксплуатации и рекультивации: утвержден и введен в действие приказом Минстроя России от 17.11.2017 № 1555/пр.
3. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий: утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 3.

© Тагиров И.Ф., Терпигорева И.В., 2026

УДК 628.3:666.3

Кочеткова В.С., Орлова А.А., Шабанова А.В.

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Российская Федерация

e-mail: lera.kochetkova.04@bk.ru

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЗНАЧИМЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация. В работе изучено воздействие выбросов загрязняющих веществ на атмосферу, рассчитана категория опасности веществ (КОВ), показано ранжирование выбросов по массе и КОВ, предложено использовать полученные результаты для выбора метода управления экологическими рисками предприятия.

Ключевые слова: выбросы, атмосферный воздух, категория опасности вещества, бенз(а)пирен, углерода оксид, азота диоксид, пыль неорганическая.

Kochetkova V.S., Orlova A.A., Shabanova A.V.

Samara State Technical University, Samara, Russian Federation

IDENTIFICATION OF SIGNIFICANT ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE PRODUCTION OF CERAMIC SANITARY PRODUCTS

Abstract. The paper examines the impact of pollutant emissions on the atmosphere, calculates the hazard category of substances, shows the ranking of emissions by mass and the hazard category of substances, and suggests using the results obtained to select a method for managing environmental risks of an enterprise.

Keywords: emissions, atmospheric air, substance hazard category, benzo(a)pyrene, carbon monoxide, nitrogen dioxide, inorganic dust.

По данным [1] Приволжский федеральный округ является одним из лидеров в производстве керамических санитарно-технических изделий с долей более 40% от общего объема выпускаемой продукции по стране. В этой связи становится актуальной задача по оценке воздействия данного производства на окружающую среду, в том числе атмосферу. В настоящей работе объектом исследования являются выбросы производства керамических изделий на всех стадиях технологической цепочки, которая включает приготовление шликера и глазури, литье, глазурирование и обжиг изделий, а также дробление обожженного и необожженного брака. Данные о представленных замерах получены из отчета по инвентаризации источников и выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух.

Целью работы является идентификация значимых экологических аспектов производства керамических санитарно-технических изделий в части воздействия предприятия на атмосферный воздух. В качестве метода идентификации значимых экологических аспектов был выбран расчет категории опасности загрязняющих веществ с последующим их ранжированием [2].

Всего в выбросах предприятия содержится 19 веществ. Для расчетов методом экспертных оценок были выбраны пять: азота диоксид (выброс 30,285751 т/год), углерода оксид (выброс 60,023453 т/год), бенз(а)пирен, (выброс 0,006267 т/год), пыль неорганическая с содержанием >70% SiO_2 (выброс 0,000039 т/год) и пыль неорганическая с содержанием 70-20% SiO_2, (выброс 8,988223 т/год).

Для комплексной оценки качества атмосферы промышленного предприятия была рассчитана категория опасности веществ (КОВ) по формуле (1).

$$КОВ_i = \left(\frac{M_i}{ПДК_{с.с.}}\right)^{a_i} \quad (1)$$

где $ПДК_{с.с.}$ – предельно допустимая концентрация вещества в воздухе (среднесуточная);

a_i – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности данного вещества со степенью вредности сернистого газа. В зависимости от класса опасности вещества она составляет: для 1ого – 1,7; для 2ого – 1,3; для 3ого – 1,0; для 4ого – 0,9.

M_i – масса выброса i-го вещества, т/год.

n – количество загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием.

Исходные данные и результаты расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные и результаты расчетов категории опасности веществ

Название вещества	ПДКс.с. мг/м^3	Класс опас-ности	Выбросы в атмосферу		$\frac{M_i}{ПДК_{с.с.\,i}}$ м^3/с	$\left(\frac{M_i}{ПДК_{с.с.\,i}}\right)^{a_i}$ м^3/с
			г/с	т/год		
Азота диоксид	0,10	3	1,2198475	30,285751	9600,583	9600,583
Углерода оксид	3,00	4	2,7634956	60,023453	634,25	332,69
Бенз(а)пирен	$1{,}00\cdot10^{-6}$	1	0,0002106	0,006267	198663,9	$1015{,}79\cdot10^{6}$
Пыль неорганичес-кая (>70% SiO_2)	0,05	3	0,0001173	0,000039	0,025	0
Пыль неорганичес-кая (70-20% SiO_2)	0,10	3	0,4089208	8,988223	2849,27	2849,27

Исходя из массы выбросов веществ и рассчитанных КОВ (таблица 1) было проведено ранжирование веществ по приоритетности. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты ранжирования загрязняющих веществ по массе выбросов и КОВ

	Показатель	Масса выбросов		Ранг	КОВ		Ранг
		т/год	%		$м^3/с$	%	
1	Углерода оксид	60,023453	60,44431	1	332,69	0,000033	4
2	Азота диоксид	30,285751	30,4981	2	9600,583	0,000945	2
3	Пыль неорганическая: 70-20% SiO_2	8,988223	9,05124	3	2849,27	0,000281	3
4	Бенз(а)пирен	0,006267	0,00631	4	$1015,79 \cdot 10^6$	99,998741	1
5	Пыль неорганическая: >70% SiO_2	0,000039	0,00004	5	0	0	-
Всего		99,303733	100		10158027 82,543	100	

Как следует из анализа результатов расчетов, к значимым экологическим аспектам деятельности предприятия в части воздействия на атмосферу следует отнести в первую очередь бенз(а)пирен и оксид углерода, что лишь отчасти согласуется с данными [3], где к приоритетным загрязняющим веществам отнесены оксид углерода, оксиды азота и пыль. Полученные в работе данные необходимы для выбора метода управления экологическими рисками предприятия [1] [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО 14001. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы экологического менеджмента. Требования и руководства по применению / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Москва: Стандартинформ, 2016.

2. Рекомендации по делению предприятий на категории опасности в зависимости от массы и видового состава загрязняющих веществ / Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды, Западно-Сибирский региональный научно-исследовательский институт,

Западно-Сибирское управление по гидрометеорологии и контролю природной среды; утверждены Госкомгидрометом СССР 13 ноября 1987 г. Новосибирск, 1987.

3. ИТС 4-2023. Производство керамических изделий [Электронный ресурс] : Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям / Бюро НДТ. Москва: Росстандарт, 2023.

4. Матвеева, А. А. Управление рисками для обеспечения экологической безопасности на предприятиях // Природные системы и ресурсы. Волгоград, 2018. № 3.

© Кочеткова В.С., Орлова А.А., Шабанова А.В., 2026

УДК 502.34

Корнеева Г.Ф.[1], Габидуллина Г.Ф.[2]

[1]Министерство природопользования и экологии Республики Башкортостан, г. Уфа, Российская Федерация

[2]Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская федерация

e-mail: GabidullinaGF@uust.ru

РЕАЛИЗАЦИЯ МИНЭКОЛОГИИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН ПЛАНА МЕРОПРИЯТИЙ ЗА 2021-2025 ГГ.

Аннотация. В статье представлен актуализированный анализ экологических мероприятий, проводимых Министерством природопользования и экологии Республики Башкортостан за 2021-2025 гг. Рассмотрены результаты всероссийских акций «Экотолк», «Вода России» и другие. Приведены обновленные статистические данные по количеству участников, объемам собранных отходов, площади восстановленных территорий. Отмечена

положительная динамика вовлечения молодежи и расширение географии экологических инициатив.

Ключевые слова: экологические акции, Министерство природопользования и экологии Республики Башкортостан, экологическое просвещение, «Зеленая Башкирия».

Korneeva G.F.[1], Gabidullina G.F[2].

[1]Ministry of nature management and ecology of Repablic of Bashkortostan, Ufa, Russian Federation

[2]Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

IMPLEMENTATION OF THE «GREEN BASHKIRIA» ACTION PLAN BY THE MINISTRY OF NATURE MANAGEMENT AND ECOLOGY OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN FOR 2021–2025

Abstract. The article presents an updated analysis of environmental initiatives carried out by the Ministry of nature management and ecology of the Republic of Bashkortostan during 2021-2025. The outcomes of nationwide campaigns such as «Ecotalk», «Water of Russia» and others are examined. Updated statistical data are provided on the number of participants, the volume of collected waste, and the area of restored territories. A positive trend in youth engagement and an expansion of the geographical coverage of environmental initiatives are noted.

Keywords: environmental campaigns, Ministry of Nature Management and Ecology of the Republic of Bashkortostan, environmental education, «Green Bashkiria».

Приоритетной задачей Министерства природопользования и экологии Республики Башкортостан остается формирование экологической культуры у подрастающего поколения и вовлечение граждан в решение актуальных

природоохранных вопросов. В условиях реализации национального проекта «Экология» (до 2024 г.), федерального проекта «Экологическое благополучие» республика демонстрирует устойчивый рост показателей по всем ключевым направлениям экологической деятельности.

Анализ статистических данных за 2021-2025 гг. свидетельствует о последовательном росте масштабов экологических акций (таблица 1), использовались данные опубликованные в Государственных докладах «О состоянии и об охране окружающей среды Республики Башкортостан» за определенный период [1-4].

Таблица 1

Динамика участия в экологических мероприятиях за 2021-2025 гг. в Республике Башкортостан

Год	Кол-во мероприятий	Число участников
2021	2991	более 1,4 млн. чел
2022	более 2,8 тыс. акций	более 2 млн. чел
2023	3708	более 2,5 млн. человек
2024	более 18 тыс. акций	более 4 млн. чел
2025	20258	4451753

Республика постоянно участвует в крупных федеральных проектах и стабильно входит в число лидеров всероссийских экологических рейтингов. Акция «Вода России» всероссийская экологическая акция по очистке от мусора берегов водных объектов. Проводится с 2014 года по инициативе Министерства природных ресурсов и экологии России. С 2025 года входит в национальный проект «Экологическое благополучие». В Республике Башкортостан ведутся работы по сохранению уникальных водных объектов в рамках реализации национального проекта «Экология» для сохранения и создания комфортных условий жизни для населения. В 2022 г. завершены работы по расчистке пруда на реке Потеха, 2023-2024 гг проведены работы по очистке русла реки Дема на участке от д. Новомихайловка до д. Нижегородка. Всего в 2022 г. было

задействовано 70 тыс. неравнодушных граждан и очищено от мусора 3,3 тыс. км береговой линии. В 2023 г. только за первое полугодие привлечено более 40 тысяч активных граждан и очищено около 2 тыс. км береговой линии водных объектов. За 2024 год поучаствовало 111936 человек, которые помогли очистить более 5 тыс. км. В 2025 г акция проводится на межрегиональном уровне с привлечением жителей соседних регионов ПФО и синхронизирована с датами общереспубликанских субботников (Краснокамский район Республики Башкортостан). По итогам Всероссийской акции «Вода России» Республика Башкортостан в течение пяти лет уверенно входит в Топ-5 рейтинга регионов России (2021 – 2023 г.г. – 5 место, 2024 г. – 3 место, 2025 г. – 4 место).

В 2022 г. Башкортостан присоединился к участию во Всероссийской акции по сбору макулатуры «Бумбатл» и за 4 года поднялся в рейтинге регионов России на 10 позиций. В 2025 году республика заняла 2 место по стране и лидирующую позицию среди крупных регионов. На переработку было отправлено более 800 тонн макулатуры благодаря усилиям школьников, студентов, волонтеров, бизнеса и органов власти.

Международный экологический диктант «ЭкоТолк» впервые проведен в 2025 г., как эффективный инструмент экологического просвещения. Акция охватывает все муниципальные образования, образовательные учреждения и предприятия республики. Особую активность проявляют студенты вузов и участники молодежных движений.а

С 2014 г. в Башкортостане реализуется проект «Эколята»: дошкольники и школьники участвуют в посадке деревьев, уборке парков, сборе макулатуры и мастерят поделки. Ежегодно в различных номинациях ребята становятся победителями и призерами конкурсов.

При поддержке Главы республики Башкортостан Хабора Р.Ф и Федерального агентства по недропользованию (Роснедра) с 2023 г. в регионе проводится Международный геологический чемпионат «ГеоВызов». Благодаря

возросшему уровню подготовки и проведения чемпионата, с 2023 г. число участников и команд увеличилось в 2 раза (с 120 до 300 человек, с 20 до 38 команд). В 16 раз расширена география участников: с 1 иностранной команды в 2023 г. (Казахстан) до 16 в 2025 г.

В 2025 году в рамках Экологического форума дан старт Всероссийскому субботнику «Особенности национальной уборки». В этот день в субботнике приняло участие более 800 жителей республики и собрано порядка 8 тонн мусора.

Наряду с федеральными проектами на территории республики реализуются и региональные инициативы.

В Башкортостане с 2024 года проходит конкурс экологических театральных миниатюр «Экология начинается с меня»: юные таланты через творчество распространяют идеи экологической культуры. Проект одержал победу в конкурсе фонда им. В.И. Вернадского в номинации «Самый активный регион», в будущем планируется масштабировать данный проект на Приволжский федеральный округ.

Формирование экологической культуры требует вовлечения всех уровней власти, включая местное самоуправление. Дважды в год проходит «Неделя экологических знаний». Так в 2025 году в муниципалитетах проведено 14 443 урока с участием 272 тысяч человек, что выше показателя 2024 года на 6,2 % (2023 год – 12 002 урока, 273 022 участника; 2024 год – 14 341 урок, 256 856 участников).

Республика Башкортостан демонстрирует устойчивую положительную динамику по всем ключевым показателям реализации плана мероприятий экологических акций разного уровня. Наблюдается качественный рост вовлеченности населения: от массовых субботников к проектным инициативам. Реализация плана требует системной государственной политики в сочетании с гражданской ответственностью, что позволит обеспечить значимый

экологический эффект и сформировать устойчивую модель ответственного природопользования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Республики Башкортостан в 2021 году». Уфа: Министерство экологии и природных ресурсов Республики Башкортостан, 2022. URL: https://ecology.bashkortostan.ru/presscenter/lectures/1593/ (дата обращения: 16.02.2026).
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Республики Башкортостан в 2022 году». Уфа: Министерство экологии и природных ресурсов Республики Башкортостан, 2023. URL: https://ecology.bashkortostan.ru/upload/uf/40e/wk5vkdht2sxgh1r3gebcuuf1ig94sp2b/Gosdoklad-ot-14.07.2023_3.pdf (дата обращения: 16.02.2026).
3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Республики Башкортостан в 2023 году». Уфа: Министерство экологии и природных ресурсов Республики Башкортостан, 2024. URL: https://ecology.bashkortostan.ru/upload/uf/14a/sufqis5j5kt409lhpihta87eiyjtjrfa/Gosdoklad_2024-.pdf (дата обращения: 16.02.2026).
4. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Республики Башкортостан в 2024 году». Уфа: Министерство экологии и природных ресурсов Республики Башкортостан, 2025. URL: https://ecology.bashkortostan.ru/upload/uf/44c/m15djmyp43ux47o5is4079o0u4xkbsiz/Gosdoklad-po-itogam-2024-goda.pdf (дата обращения: 16.02.2026).

© Корнеева Г.Ф., Габидуллина Г.Ф., 2026

УДК 628.1.033

Паукова Ю.С., Кирильчук И.О., Паукова Я.С.
Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация
e-mail: paukova.julia@mail.ru

КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКОЕ И ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ РОДНИКОВ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В статье анализируется многогранное значение родников как природных объектов, оказывающих значительное влияние на человеческое общество на различных этапах его развития. Авторы рассматривают практическую ценность родников, включая обеспечение питьевой и хозяйственной водой, роль в поддержании экосистем. Обсуждаются современные экологические проблемы, связанные с родниками, и необходимость их охраны. Родники являются не только источниками воды, но и ценным культурным наследием, нуждающимся в сохранении.
Ключевые слова: родник, источник, питьевая вода, культурное наследие, традиции, хозяйственное использование, экология.

Paukova Y.S., Kirilchuk I.O., Paukova Ya.S.
Southwestern State University, Kursk, Russian Federation

CULTURAL, HISTORICAL AND ECONOMIC SIGNIFICANCE OF THE SPRINGS OF THE KURSK REGION

Abstract. The article analyzes the multifaceted importance of springs as natural objects that have a significant impact on human society at various stages of its development. The authors consider the practical value of springs, including the provision of drinking

and household water, and their role in maintaining ecosystems. Modern environmental problems related to springs and the need for their protection are discussed. Springs are not only sources of water, but also valuable cultural heritage in need of preservation.
Keywords: springs, source, drinking water, cultural heritage, traditions, economic use, ecology.

В России родники играют очень большую роль, являясь не просто источниками питьевой воды, но и символами природы и духовной культуры. Их значение для русской культуры и традиций уходит корнями в глубокую древность. Издавна родники почитались как священные места. Они становились основой для местных легенд и верований, а их вода считалась целебной. Во многих регионах родники становились местами паломничества, где люди обращались с молитвами о здоровье и благополучии. Нередко рядом с ними возводились часовни и кресты, проводились религиозные обряды и праздники.

Курская земля богата родниками, которые на протяжении веков играли важную роль в жизни ее жителей. Эти природные источники были не просто источником чистой воды, но и важными центрами общественной, духовной и культурной жизни. В прошлом родники были жизненно необходимы для поселений, выполняя следующие функции:

– основное водоснабжение: до появления централизованного водопровода они обеспечивали людей питьевой водой, а также использовались для полива, стирки и поения скота;

– путеводные знаки: путешественники, купцы и паломники ориентировались по родникам, что часто способствовало появлению рядом постоялых дворов и поселений;

– места встреч: родники служили естественными местами сбора для местных жителей, где они общались, делились новостями и решали общие дела.

Родники Курской области часто считаются священными по ряду факторов. Во-первых, в рамках христианских обычаев у источников, привлекавших паломников в поисках целебной воды, возводились часовни и устанавливались кресты. Во-вторых, народные верования приписывали родниковой воде чудодейственные свойства, включая способность к исцелению и дарованию удачи. Наконец, в дни важных церковных праздников, таких как Крещение или Троица, у родников проводились обряды освящения воды.

Многие родники Курской области имеют особое значение для православных верующих. Среди них выделяется источник в районе Коренной пустыни, известный как святой источник иконы Курской Коренной «Знамения» Божией Матери (рис. 1).

Рис. 1. Святой источник Курской Коренной иконы «Знамения»

Этот источник, расположенный в местечке Свобода на территории монастыря Коренная пустынь, связан с древним преданием. По легенде, он

появился в тот момент, когда благочестивый житель Рыльска обнаружил чудотворную икону у корня дерева, и из этого места тут же забил родник.

После того как икона несколько раз самопроизвольно возвращалась на свое место, несмотря на попытки перенести ее в Рыльск, было принято решение построить здесь часовню, что привлекло множество паломников. Впоследствии, в 1597 году, по указу царя Федора Ивановича, на этом месте был основан мужской монастырь. Икона, получившая название Курской Коренной, прославилась своими чудесами и стала одной из самых почитаемых [2].

Сегодня Коренная пустынь продолжает функционировать как мужской монастырь и является значимым центром православного паломничества.

На территории Коренной пустыни со временем возникли дополнительные источники. В настоящее время их общее число достигает 16. По местным преданиям, вода из этих родников обладает целебными свойствами. Все эти источники находятся на реке Тускарь, выше его основного истока. К ним относятся источники в честь преподобного Серафима Саровского, святителя Николая Чудотворца, великомученика Пантелеимона, а также источник Казанской иконы Божией Матери и другие.

В старинных курских деревнях родники были жизненно важными центрами, снабжая всем необходимым. Они не только давали чистую воду для питья и хозяйственных нужд, но и поддерживали местные ремесла, приводя в движения мельницы, кузницы и кожевенные мастерские. Кроме того, родники служили местом общественных собраний, обмена информацией и взаимопомощи, а в жаркие солнечные дни – прохладным убежищем.

Родники не утратили своей значимости и в современном мире, выполняя разнообразные и важные функции. Они представляют собой ценный ресурс питьевой воды, которую жители Курской области ценят за природную частоту, отдавая предпочтения перед водопроводной. Благоустроенные родники, обустроенные беседками и местами отдыха, становятся привлекательными

локациями для семейного досуга и пикников. Более того, живописные и святые источники привлекают поклонников, экотуризма, интегрируясь в экскурсионные программы по Курской области, часто в сочетании с посещением монастырей и исторических памятников. В сельской местности родниковая вода по-прежнему играет ключевую роль в обеспечении нужд сельского хозяйства, а в некоторых деревнях сохраняются давние традиции коллективного ухода за этими природными источниками.

Значение родников для экологического баланса региона огромно. Они играют центральную роль в стабилизации грунтовых вод, обеспечивая питание для таких водотоков, как притоки Сейма и Тускари. Кроме того, родники формируют локальные климатические условия, создавая прохладные и влажные зоны, которые особенно важны в жаркое время года. Будучи уникальными средами обитания, они поддерживают популяции редких видов флоры и фауны, приспособленных к влажным условиям. Нельзя забывать и об их неоценимой роли в естественной очистке воды, которая фильтруется через почвенные слои.

В Курской области реализуется комплексная программа по сохранению и возрождению родников. Эта работа включает в себя как практические действия, так и просветительскую деятельность. Добровольцы и школьники активно участвуют в экологических акциях, очищая родники от мусора, восстанавливая их инфраструктуру и устанавливая информационные указатели. Параллельно ведется благоустройство территорий родников, а наиболее ценные из них получают статус особо охраняемых природных или культурных объектов, с обустройством удобных подходов (дорожки, ступеньки) и живописным оформлением. Важной частью программы является регулярный мониторинг качества воды для подтверждения ее пригодности к употреблению. Также развиваются разнообразные проекты, призванные донести до жителей региона информацию о роли родников в истории и культуре Курской области.

Анализ роли родников Курской области выявляет их двойственный характер: они представляют собой значимые природные ресурсы и являются неотъемлемым элементом культурного наследия региона. Их значение простирается от отражения исторических традиций до интеграции в современные направления, такие как развитие экотуризма.

Таким образом, сохранение родников приобретает как экологическое, так и культурное значение, подчеркивая взаимосвязь человека с природной средой и необходимость ответственного отношения к природным ресурсам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Королёв Б.Н., Аниканова И.В. История и современность Курского края: региональное учебное пособие. 2-е изд. Курск, 2010. 280 с.
2. Святые источники Курской области [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: https://dddkursk.ru/number/1232/new/013293/ (дата обращения: 10.04.2026).
3. Святые источники России. Родники, святые источники Курской области [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://svyato.info/2008/08/29/ Дата обращения: 13.04.2026).
4. Федеральный закон «Об охране окружающей среды на территории Курской области» от 01 марта 2004 года №3-ЗКО. 9 с.

© Паукова Ю.С., Кирильчук И.О., Паукова Я.С., 2026

УДК 504.75.05

Малыгина А.С.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация

e-mail: malyginaa82@gmail.com

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОЛИГОНОВ ТВЁРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ (ТКО) НА ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ И РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Аннотация. В данной статье исследуется критическая проблема техногенного воздействия полигонов твердых коммунальных отходов (ТКО) на гидрогеологическую среду. Целью работы является количественная оценка степени загрязнения подземных вод фильтратом и формирование комплекса инженерно-технических мероприятий по минимизации экологических рисков. В ходе исследования применялись методы полевого химико-аналитического мониторинга, математического моделирования миграции загрязняющих веществ в водоносных горизонтах и сравнительный анализ гидрохимических показателей. Результаты выявили превышение предельно допустимых концентраций по тяжелым металлам, азотсодержащим соединениям и органическим компонентам в зоне влияния объектов захоронения отходов. На основе полученных данных разработаны практические рекомендации, включающие модернизацию систем сбора фильтрата, применение биоремедиации и организацию долгосрочного мониторинга. Выводы работы могут быть использованы для оптимизации экологической безопасности при проектировании и эксплуатации объектов обращения с отходами.

Ключевые слова: полигоны ТКО, подземные воды, фильтрат, гидрогеологический мониторинг, геоэкологический риск, загрязнение

водоносных горизонтов, экологическая безопасность, миграция загрязняющих веществ.

Malygina A.S.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF MUNICIPAL SOLID WASTE (MSW) LANDFILLS ON GROUNDWATER AND DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS TO REDUCE THE RISK OF POLLUTION

Abstract. This article examines the critical problem of the anthropogenic impact of municipal solid waste (MSW) landfills on the hydrogeological environment. The aim of the work is to quantify the degree of contamination of groundwater with filtrate and to form a set of engineering and technical measures to minimize environmental risks. The research applied methods of field chemical and analytical monitoring, mathematical modeling of the migration of pollutants in aquifers, and comparative analysis of hydrochemical parameters. The results revealed an excess of the maximum permissible concentrations for heavy metals, nitrogen-containing compounds and organic components in the area of influence of waste disposal facilities. Based on the data obtained, practical recommendations have been developed, including the modernization of filtrate collection systems, the use of bioremediation and the organization of long-term monitoring. The conclusions of the work can be used to optimize environmental safety in the design and operation of waste management facilities.

Keywords: MSW landfills, groundwater, filtrate, hydrogeological monitoring, geoecological risk, pollution of aquifers, environmental safety, migration of pollutants.

Полигоны захоронения твердых коммунальных отходов функционируют как сложные техногенные объекты, в теле которых протекают активные биохимические и физико-химические процессы. При разложении органических компонентов отходов в анаэробных условиях образуется фильтрат – высококонцентрированная жидкость, содержащая растворенные органические соединения, аммонийный азот, хлориды, сульфаты, тяжелые металлы и другие токсичные компоненты [1].

Миграция загрязняющих веществ из тела полигона в подземные воды происходит несколькими путями. Вертикальная фильтрация фильтрата через основание полигона при отсутствии или нарушении герметичности противофильтрационного экрана является основным механизмом поступления поллютантов в первый от поверхности водоносный горизонт. Горизонтальная миграция реализуется через боковые поверхности тела полигона и распространение загрязненных подземных вод по направлению естественного потока грунтовых вод.

Интенсивность загрязнения определяется множеством факторов. Гидрогеологические условия территории – глубина залегания уровня грунтовых вод, литологический состав пород зоны аэрации, наличие водоупорных слоев – существенно влияют на скорость и объемы поступления загрязнителей в водоносные горизонты. Полигоны, размещенные на проницаемых песчаных или гравийных грунтах без глинистого экрана, представляют наибольшую угрозу для подземной гидросферы. Защищенность подземных вод оценивается по методике Гольдберга с учетом мощности слабопроницаемых отложений и глубины залегания водоносного горизонта [3].

Морфологический состав захораниваемых отходов определяет химический состав и токсичность формирующегося фильтрата. Высокое содержание органической фракции, пищевых остатков, бумаги и картона способствует интенсивному биоразложению с выделением органических кислот

и аммиака. Присутствие в отходах источников тяжелых металлов – батареек, электронных устройств, металлсодержащих изделий – приводит к накоплению в фильтрате свинца, кадмия, меди, цинка, никеля в концентрациях, многократно превышающих допустимые для питьевых вод [4]. По данным исследований, проведенных на полигоне в Астраханской области, минерализация подземных вод в зоне влияния объекта достигала 29,95-45,2 г/дм³ при фоновых значениях 1,5 г/дм³, а концентрации хлоридов превышали фоновые в 40 раз [5].

Климатические параметры региона, в первую очередь количество атмосферных осадков и режим их выпадения, влияют на объемы образования фильтрата. В регионах с высокой годовой суммой осадков и активным снеготаянием весной формируются пиковые нагрузки на дренажные системы полигонов. При недостаточной эффективности и производительности системы сбора фильтрата происходит его неконтролируемый сброс в окружающую среду через переполненные накопители или напрямую через тело полигона.

Механизмы воздействия контролируются мониторинговыми исследованиями качества подземных вод вблизи полигонов ТКО.

Систематический мониторинг состояния подземных вод в зонах влияния полигонов ТКО осуществляется через сеть наблюдательных скважин, размещаемых выше и ниже объекта по направлению движения грунтового потока. Фоновая скважина, расположенная за пределами зоны воздействия полигона, позволяет определить естественные концентрации контролируемых показателей для данного региона. Контрольные скважины фиксируют изменения качества подземных вод, обусловленные эксплуатацией полигона [6].

Анализ данных многолетних наблюдений на полигоне ТКО города Казани (поселок Фунтово) демонстрирует устойчивое загрязнение первого от поверхности водоносного горизонта. Подземные воды в пределах полигона представляют собой сильноминерализованные рассолы с минерализацией от 29,95 до 45,2 г/дм³ хлоридно-натриево-магниевого типа, что в десятки раз

превышает фоновую минерализацию 1,5 г/дм³. Зафиксированы повышенные концентрации хлоридов – до 17750 мг/дм³ при фоновом значении 426 мг/дм³, сульфатов – 4318 мг/дм³ против фона 129 мг/дм³, магния – 2426 мг/дм³ при фоне 85 мг/дм³. Присутствие нитритов и нитратов в подземных водах полигона свидетельствует о хозбытовом характере загрязнения.

На полигоне ТКО в Красноярском районе Астраханской области (деревня Самосырово) режимные наблюдения за подземными водами ведутся с 1994 года через пять наблюдательных скважин. Подземные воды полигона характеризуются минерализацией до 45,2 мг/дм³, что значительно выше фоновых показателей. Отмечены повышенные концентрации инфильтрующихся ингредиентов: хлоридов до 17750 мг/дм³, сульфатов до 4318 мг/дм³, магния до 2426 мг/дм³, присутствуют нитриты и нитраты. Несмотря на длительный период мониторинга, изменение уровня грунтовых вод не зафиксировано, режим подземных вод оценивается как слабонарушенный.

В Московской области на полигоне ТКО «Кулаково» в Чеховском районе, эксплуатирующемся с 1966 года без инженерной подготовки основания, выявлено загрязнение подземных вод комплексом тяжелых металлов. Содержание железа в грунтовых водах ниже полигона стабильно превышает фоновые значения в десятки раз, что объясняется вымыванием элементов из металлсодержащих отходов. Обнаружены также повышенные концентрации бария – в 11 раз выше ПДК, зафиксировано присутствие нитратов.

Сезонная динамика качества подземных вод прослеживается на многих объектах размещения отходов. На полигоне в Чеховском районе Московской области в зимний период общая жесткость вод изменялась от 25,78 до 48,6 мг-экв./л, превышая ПДК в 3,6-6,9 раза, сухого остатка – от 1570 до 2767 мг/л (1,57-2,77 ПДК), хлоридов – от 716 до 1389 мг/л (4,5-7,9 ПДК). В летний период показатели не превышали ПДК: общая жесткость составляла 3,1-6,7 мг-экв./л, сухой остаток 216–570 мг/л. Такая динамика объясняется прекращением питания

водоносного горизонта атмосферными осадками зимой и формированием теплового очага под полигоном, препятствующего промерзанию пород и обеспечивающего постоянное поступление концентрированного фильтрата.

Геоэкологические исследования, выполненные на полигоне ТКО в Питкярантском районе Республики Карелия, включавшие геохимическое опробование почв и биогеохимические методы, выявили техногенные ореолы распространения загрязнения тяжелыми металлами. Среднеарифметические содержания свинца превышали фоновые в 1,4 раза, никеля в 1,5 раза, меди в 2,9 раза, цинка в 4,1 раза. Расчет индекса суммарного загрязнения почв показал, что 75 % территории прилегающих к полигону земель относится к категории «умеренно опасного» и «опасного» загрязнения.

Предотвращение или существенное снижение загрязнения подземных вод от полигонов ТКО обеспечивается комплексом инженерно-технических мероприятий, реализуемых на всех этапах жизненного цикла объекта – от проектирования до постэксплуатационного периода.

Противофильтрационный экран основания полигона является главным барьером, препятствующим проникновению фильтрата в подземные воды. Современные экраны выполняются из нескольких слоев: минеральный слой из уплотненной глины толщиной не менее 0,5 м с коэффициентом фильтрации менее 10^{-9} м/с, геосинтетическая глиняная мембрана (ГКМ), геомембрана из полиэтилена высокой плотности (HDPE) толщиной не менее 2 мм, дренажный слой из песка или геокомпозита для сбора фильтрата. Многослойная конструкция обеспечивает надежную изоляцию даже при локальных повреждениях отдельных элементов. Для полигонов, размещаемых в карстовых районах, предусматривается усиленная защита с применением монолитных асфальтополимербетонных материалов.

Система сбора и отведения фильтрата предотвращает его накопление в теле полигона и неконтролируемую миграцию. Дренажная система включает

перфорированные трубы, размещаемые в основании и на промежуточных уровнях при многоярусном складировании отходов, насосные станции для откачки фильтрата, накопительные резервуары и очистные сооружения. Производительность системы должна обеспечивать прием пиковых объемов фильтрата в периоды интенсивного снеготаяния и ливневых дождей. При недостаточной мощности дренажа происходит подтопление тела полигона и прорыв фильтрата через боковые ограждающие валы.

Очистка фильтрата перед сбросом в окружающую среду или на городские очистные сооружения осуществляется физико-химическими и биологическими методами. Высокие концентрации органических веществ (ХПК до 30000-50000 мг O_2/дм³), аммонийного азота (до 2000-3000 мг/дм³), хлоридов и тяжелых металлов требуют многоступенчатой очистки. Применяются методы коагуляции и флокуляции, реагентного окисления, сорбции на активированном угле, мембранной фильтрации (обратный осмос, нанофильтрация), биологической очистки с использованием адаптированных микроорганизмов. Эффективность современных комплексов очистки фильтрата достигает 95–98% по основным показателям загрязнения.

Рекультивация закрытых полигонов с устройством верхнего изолирующего покрытия предотвращает инфильтрацию атмосферных осадков в тело полигона и образование новых порций фильтрата. Конструкция рекультивационного покрытия включает выравнивающий слой, газодренажный слой для отвода биогаза, противофильтрационный экран (глина + геомембрана), дренажный слой для отвода поверхностных вод, плодородный слой для создания растительного покрова. Правильно выполненная рекультивация снижает объемы образования фильтрата в несколько раз и ускоряет стабилизацию тела полигона.

После осуществления рекультивации необходимо проведение производственного экологического контроля.

Производственный экологический контроль состояния подземных вод является обязательным элементом обеспечения экологической безопасности полигонов ТКО. Программа мониторинга разрабатывается на основании изучения гидрогеологических условий территории и направлений миграции загрязняющих веществ.

Наблюдательная сеть скважин размещается с учетом направления движения потока грунтовых вод. Минимальная конфигурация включает одну фоновую скважину выше полигона по потоку, минимум две контрольные скважины ниже полигона на расстоянии 50-100 м от границы объекта и дополнительные скважины на расстоянии 200-500 м для оценки дальности распространения загрязнения. Глубина скважин должна обеспечивать вскрытие первого от поверхности водоносного горизонта и, при необходимости, нижележащих горизонтов.

Перечень контролируемых показателей определяется составом захораниваемых отходов и результатами предварительных исследований фильтрата. Обязательными являются: водородный показатель (pH), электропроводность, окислительно-восстановительный потенциал (Eh), перманганатная окисляемость, ХПК, $БПК_5$, сухой остаток, хлориды, сульфаты, аммоний, нитриты, нитраты, фосфаты, железо общее, марганец, медь, цинк, свинец, кадмий, никель, хром, нефтепродукты, фенолы. Для полигонов, принимающих промышленные отходы, перечень может быть расширен специфическими загрязнителями.

Частота отбора проб должна обеспечивать выявление сезонных изменений качества подземных вод. Рекомендуется проводить опробование не реже четырех раз в год в характерные гидрологические фазы: весеннее половодье, летне-осенняя межень, осенний паводок, зимняя межень. На полигонах I класса опасности с высокой нагрузкой целесообразен ежемесячный мониторинг.

Интерпретация результатов мониторинга включает сравнение концентраций загрязняющих веществ с ПДК для питьевых вод, анализ динамики изменения показателей во времени, сопоставление данных фоновых и контрольных скважин для выявления вклада полигона в загрязнение подземных вод. При выявлении устойчивых превышений ПДК и тенденции к увеличению концентраций разрабатываются корректирующие мероприятия: усиление дренажа и откачки фильтрата, ремонт противофильтрационных экранов, устройство отсекающих дренажей или гидродинамических барьеров для локализации ореола загрязнения.

Для полигонов, находящихся на этапе, близком к постэксплуатационному, рекомендуется дополнительное газогеохимическое обследование верхних слоев размещенных отходов. Исследования показали, что свалочные массы, размещенные в течение последних одного–двух лет, способны вырабатывать и накапливать свалочный газ, содержащий метан и диоксид углерода – основные парниковые газы. Систематическое газогеохимическое обследование полигонов мощностью выбросов более 50 тыс. т CO_2-экв. позволяет уточнить расчеты выбросов и разработать меры по утилизации биогаза.

Выводы. Полигоны твердых коммунальных отходов являются источником долговременного негативного воздействия на подземные воды, проявляющегося в поступлении в водоносные горизонты фильтрата со сложным комплексом загрязняющих веществ. Результаты многолетних мониторинговых исследований на полигонах различных регионов России демонстрируют систематическое превышение предельно допустимых концентраций по минерализации, хлоридам, сульфатам, аммонию, тяжелым металлам и другим ингредиентам в подземных водах зон влияния объектов размещения отходов, при этом масштабы загрязнения определяются гидрогеологическими условиями территории, качеством инженерной защиты полигона и эффективностью систем сбора и очистки фильтрата.

Минимизация рисков загрязнения подземных вод обеспечивается применением современных многослойных противофильтрационных экранов основания и верхнего покрытия полигонов, созданием эффективных систем дренажа и очистки фильтрата, выполнением качественной рекультивации закрытых объектов. Обязательным условием контроля экологической безопасности полигонов является организация систематического мониторинга состояния подземных вод через сеть наблюдательных скважин с определением расширенного перечня показателей качества не реже четырех раз в год. Своевременное выявление тенденций ухудшения качества подземных вод позволяет оперативно разработать и реализовать корректирующие мероприятия по локализации загрязнения и защите водоносных горизонтов.

Совершенствование нормативно-методической базы в области мониторинга воздействия полигонов ТКО на подземные воды, внедрение наилучших доступных технологий в практику проектирования и эксплуатации объектов размещения отходов являются приоритетными направлениями обеспечения экологической безопасности и сохранения ресурсов подземной гидросферы для будущих поколений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Килин Ю.А., Минькевич И.И., Клецкина О.В., Катков В.А. Гидрогеоэкологические условия полигонов твердых бытовых и промышленных отходов в Пермском крае // Вестник Пермского университета. Геология. 2012. Вып. 1 (14). С. 53-65.

2. Клеванова Е. С., Харламова М. Д. Полигоны ТКО в Московской области: текущая экологическая ситуация и перспективы рекультивации // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 12-1 (54). С. 135-140.

3. Латышевская Н.И., Бобунова Г.А. Мониторинг состояния грунтовых вод в районе функционирования полигона ТБО // Здоровье населения и среда обитания. 2009. № 1 (190). С. 4.

4. Николаева Е.А., Громова О.Б. Пути снижения антропогенной нагрузки полигонов твердых бытовых отходов на поверхностные и подземные воды // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2020. № 1. С. 125-128.

5. Подлипский И. И. Геоэкологическая оценка прилегающих территорий полигона бытовых отходов (г. Питкяранта, республика Карелия) // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2013. №. 2. С. 48-56.

© Малыгина А.С., 2026

УДК 332.334

Соврикова Е.М.

Алтайский государственный аграрный университет, г. Барнаул, Российская Федерация

e-mail: Sovrikova_katya@mail.ru

ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ КАК МЕХАНИЗМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

Аннотация. В статье рассматривается процесс инвентаризации территории на примере конкретного предприятия в районе Алтайского края как инструмент экологического мониторинга сельскохозяйственных угодий. На примере конкретного предприятия приведены результаты инвентаризации с номерами, площадью, и видом использования угодий. Результаты инвентаризации

позволяют выявить нецелевое использование территории, определить совокупность природно-антропогенных условий в качестве экологических факторов земельных участков, изменения площадей угодий и видов их использования.

Ключевые слова: инвентаризация, сельскохозяйственные угодья, природно-антропогенные условия, экологические факторы, земельные участки.

Sovrikova E.M.
Altai State Agrarian University, Barnaul, Russian Federation

LAND INVENTORY AS A MECHANISM FOR ENVIRONMENTAL MONITORING OF AGRICULTURAL LAND

Abstract. This article examines the process of land inventory, using a specific enterprise in the Altai Krai region as an example, as a tool for environmental monitoring of agricultural land. Using a specific enterprise as an example, the inventory results are presented, including land numbers, area, and land use types. The inventory results allow us to identify inappropriate land use, determine the combination of natural and anthropogenic conditions as environmental factors for land plots, and identify changes in land area and land use types.

Keywords: inventory, agricultural land, natural and anthropogenic conditions, environmental factors, land plots.

Инвентаризация как механизм или инструмент государственного регулирования земельных отношений, обеспечивает мониторинг земель, включая в себя ряд исследований и фиксацию данных [4] на протяжении ряда лет. В современных условиях важным направлением этой деятельности является инвентаризация земель, позволяющая выявить такие факторы как заброшенные

или не используемые или используемые не по назначению территории угодья, для их эффективного использования в будущем и введение в сельскохозяйственный оборот [1] за счет проведения ряда мероприятий по улучшению состояния почв [3].

Применение беспилотных авиационных систем может значительно упростить процесс инвентаризации. При этом детализация результатов может на сегодня помочь сельхоз товаропроизводителям прослеживать кардинальные изменения своих угодий, для применения ряда агро экологических мероприятий.

Методика инвентаризации [4] с применением БАС [2] включает в себя следующие этапы: Предварительная подготовка, формирование задания, запрашиваются результаты прошлых съемок и карт; Выбор и проверка оборудования для съемки, Проведение съемки; Обработка результатов съемки результат прямых измерений для получения ортофотопланов и цифровых моделей местности, обрабатываются через специализированных программные продукты в зависимости для целей инвентаризации и экологической оценки площадей; Документирование результатов –это составление отчетов, актов, инвентаризационных описей и рекомендаций.

Данный подход с применением БАС применяется для проведения инвентаризации земель в Алтайском крае в 2025 году в нескольких предприятиях в нашем примере рассматривается одно предприятие ООО «Алтай». Основа для проведения данных съемок при инвентаризации составили земельно-учётные документы [1], правоустанавливающие документы и материалы предшествующих исследованию съемок (карты, планы, планшеты).

В результате инвентаризации в 2025г, выявлено (таблица 1), фактическое использование территории предприятия земли сенокосов и пастбищ ООО «Алтай» в расположенных в Солонешенском районе, площадь предприятия составляет 65 тыс.га.

Таблица 1

Перечень земельных участков предприятия (инвентаризация)

Номер участка и площадь, тыс.га	Вид разрешённого использования	Вид угодья	Подверженность негативным процессам (вид процесса и площадь тыс. га)
№ 1 20,7	Для сельскохозяйственного производства	пастбище	Переувлажнение 3,2
№2 7,4	Для размещения объектов сельскохозяйственного назначения и сельскохозяйственных угодий	сенокос	Заболоченные 1,6
№3-4 32,1	Для размещения объектов сельскохозяйственного назначения и сельскохозяйственных угодий	сенокос	Дефляционноопасные 7,4 Заболоченные 3,8

В границах территории расположено 5 земельных участков, некоторые из которых представлены в таблице. Кроме того, выявлены фактически обрабатываемые и не введенные в оборот участки, не состоящие на кадастровом учете (рис.1).

По данным Геоинформационного портала 2025г., а так же на сегодняшний день, пять земельных участков представленных в таблице 1 имеют вид разрешенного использования «сельскохозяйственное использование».

Рис. 1. Земельные участки, подверженные природно-антропогенным факторам

На рис. 1 видно, что часть земель подвержена негативным антропогенным факторам, таким как заболоченность, и при инвентаризации определена ее площадь в размере 1,6 и 3,8 тыс.га., дефляционноопасноть 7,3 тыс.га, и переувлажнение территории 3,2 тыс. га.

Исходя из полученных данных инвентаризации земель и мониторинговых исследований становится понятно, что в данном хозяйстве нужно применять ряд противоэрозионных мероприятий в отношении угодий, таких как нормирование нагрузки КРС на пастбище, чтобы избежать чрезмерного истощения растительного травостоя, избежать уплотнения почвы, проходя два или три раза за сезон дисковыми боронами [3], восстановление или коренное улучшение пастбищ, разработка и размещение лесополос [5].

Инвентаризация определяет не только количество и вид использования угодий, что было определено и оказалось актуальным, но и качественные показатели, которые так или иначе могут повлиять на экологическую и экономическую составляющую района, так как предприятие является одним из крупных по выращиванию крупного рогатого скота в крае.

Вывод. Инвентаризация земель на основе аэрофотоснимков обеспечивает повышение точности определение информации и в целом определения целевого использования земель. Это позволит улучшить систему учета и контроля за использованием, определить невостребованную площадь, упорядочить оборот земель и дать рекомендации по повышению качества использования сельскохозяйственных угодий при проведении качественной оценки в виде мониторинговых исследований природно-антропогенных факторов. Применение данного подхода может способствовать своевременному выявлению земельных нарушений и сделать управление территориями более эффективным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Земельный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 25.10.2001 № 136-ФЗ: в ред. от 29.07.2025, с изм. и доп., вступ. в силу с 01.11.2025. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 15.04.2026).

2. Портал пространственных данных «Национальная система пространственных данных»: официальный сайт. URL: https://nspd.gov.ru/ (дата обращения: 15.04.2026).

3. Рассыпнов В.А., Соврикова Е.М. Последствия распашки целинных и залежных земель сухой и засушливой степи Алтая // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 8 (118). С. 50-54.

4. Соврикова Е.М. Кадастровый учет и регистрация земель сельскохозяйственного назначения // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник статей: в 3 кн. / ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет». 2016. С. 438-440.

5. Чернышева А.Д. Планирование рационального использования земель / А.Д. Чернышева, И.А. Клочко // Теория и практика современной аграрной науки: сборник III национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием. Москва: Университет Биотехнологий, 2020. С. 591-593.

©Соврикова Е.М., 2026

УДК 622.276:553.7

Соловьев А.А.

Нижневартовский государственный университет, г. Нижневартовск, Российская Федерация

e-mail: alexthecat@mail.ru

К ВОПРОСУ ОБ ИЗВЛЕЧЕНИИ ГИДРОМИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ИЗ ПОПУТНО ДОБЫВАЕМЫХ ВОД НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Аннотация. Рассматриваются попутно добываемые воды нефтегазовых месторождений как объект рационального управления природными ресурсами. Проанализированы технологические и экономические аспекты извлечения ценных компонентов, а также международный опыт формирования геохимических баз данных и комплексного освоения гидроминерального сырья. Показано, что ключевым фактором эффективности является учет неопределенности геологических и рыночных параметров, что требует применения методов моделирования, включая имитационное моделирование методом Монте-Карло, при обосновании технологических решений.

Ключевые слова: попутно добываемые воды, гидроминеральное сырье, рациональное природопользование, комплексное извлечение, моделирование, экономическая эффективность.

Soloviev A.A.
Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russian Federation

ON THE EXTRACTION OF HYDROMINERAL RAW MATERIALS FROM PRODUCED WATERS OF OIL AND GAS FIELDS

Abstract. Produced water from oil and gas fields is considered as an object of rational natural resource management. The technological and economic aspects of extracting valuable components are analyzed, along with international experience in developing geochemical databases and the integrated utilization of hydromineral resources. It is shown that a key factor of efficiency is accounting for uncertainty in geological and market parameters, which necessitates the use of modeling methods, including Monte Carlo simulation, in substantiating technological decisions.
Keywords: produced water, hydromineral resources, rational natural resource management, integrated extraction, modeling, economic efficiency.

Попутно добываемые воды (ПДВ), образующиеся при разработке нефтегазовых месторождений, традиционно рассматриваются как технологический отход, подлежащий закачке в пласт. Вместе с тем их объемы и химический состав позволяют рассматривать их как значимый вторичный ресурс. По данным современных исследований, пластовые воды содержат широкий спектр ценных компонентов, включая литий, магний, стронций, бром и другие элементы, востребованные в промышленности [2-4]. В условиях роста спроса на стратегические материалы вовлечение ПДВ в хозяйственный оборот становится важным направлением повышения эффективности использования природных ресурсов.

Международный опыт свидетельствует о формировании системного подхода к освоению гидроминерального потенциала пластовых вод.

Существенную роль в этом процессе играет создание геохимических баз данных, аккумулирующих информацию о составе вод различных месторождений. Примером является база данных Геологической службы США, позволяющая проводить оценки ресурсного потенциала, в том числе лития в рассолах нефтегазоносных формаций [1]. Аналогичные исследования в области извлечения компонентов из рассолов демонстрируют, что переход к комплексному использованию пластовых вод является устойчивой мировой тенденцией [2, 4].

Технологические решения в области извлечения гидроминерального сырья базируются на применении мембранных, сорбционных, экстракционных и электрохимических методов. Выбор конкретной технологии определяется составом воды, концентрацией целевых компонентов и требованиями к степени их извлечения. Современные исследования показывают, что наибольшей эффективностью обладают комбинированные технологические схемы, позволяющие интегрировать несколько методов и достигать более высоких показателей извлечения при приемлемом уровне затрат [3].

С экономической точки зрения переработка ПДВ обладает рядом преимуществ, связанных с отсутствием необходимости их дополнительной добычи и возможностью использования существующей инфраструктуры нефтедобычи. Существенным фактором является формирование дополнительной выручки за счет реализации извлекаемых компонентов. При этом наибольший эффект достигается при комплексном извлечении нескольких элементов, что позволяет повысить устойчивость проектов к колебаниям цен на отдельные виды продукции и реализовать диверсифицированную модель.

Однако усложнение технологических схем и расширение номенклатуры извлекаемых компонентов приводит к росту неопределенности при принятии решений. Изменчивость химического состава пластовых вод, различия геологических условий и высокая волатильность рынков редких элементов

делают традиционные детерминированные методы оценки недостаточно эффективными. В этих условиях возникает необходимость применения методов математического моделирования, позволяющих учитывать неопределенность и анализировать различные сценарии реализации проектов [5].

Особое значение приобретает имитационное моделирование, в рамках которого ключевые параметры рассматриваются как случайные величины. Такой подход позволяет оценивать не только ожидаемые значения экономических показателей, но и их распределения, характеризующие уровень риска. Применение метода Монте-Карло обеспечивает возможность проведения серии вычислительных экспериментов и анализа устойчивости проектных решений.

Развитие данного подхода представлено в работе [6], где предложена методика оптимизации технико-экономических параметров установок для извлечения гидроминерального сырья из подтоварной воды. В рамках данной методики реализована стохастическая постановка задачи, учитывающая случайный характер цен, концентраций и издержек. Использование имитационного моделирования позволяет формировать распределения прибыли и оценивать риск, а применение принципов многокритериального анализа – выделять Парето-эффективные решения, обеспечивающие баланс между доходностью и устойчивостью проекта.

Применение стохастических моделей открывает возможности для перехода от выбора отдельных технологических решений к комплексной оптимизации конфигураций установок. Это особенно актуально для проектов, ориентированных на извлечение нескольких компонентов, где возникает необходимость учета взаимного влияния технологических и экономических факторов. Формирование множества эффективных альтернатив и их последующий анализ позволяют повысить обоснованность принимаемых решений и снизить вероятность экономически неэффективных инвестиций.

Для нефтедобывающих регионов России, прежде всего Ханты-Мансийского автономного округа, развитие данного направления имеет значительный потенциал. Наличие крупных объемов попутно добываемых вод, развитой инфраструктуры и промышленной базы создает благоприятные условия для внедрения технологий комплексного извлечения гидроминерального сырья. Дополнительными эффектами являются снижение экологической нагрузки, развитие новых технологических направлений и диверсификация экономики региона.

Таким образом, попутно добываемые воды следует рассматривать как важный элемент ресурсной базы, требующий рационального управления. Эффективное освоение их потенциала возможно только при интеграции технологических решений, экономической оценки и методов математического моделирования. Применение стохастических подходов, включая имитационное моделирование методом Монте-Карло, позволяет учитывать неопределенность внешней среды и формировать устойчивые решения при выборе параметров и конфигурации установок переработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Blondes M.S., Knierim K.J., Croke M.R. et al. U.S. Geological Survey National Produced Waters Geochemical Database (ver. 3.0) [Электронный ресурс]. U.S. Geological Survey, 2023. Режим доступа: https://www.usgs.gov (дата обращения: 20.09.2025).

2. Ettehadi A., Chuprin M., Mokhtari M. et al. Geological insights into lithium extraction from produced water // Energy & Fuels. 2024.

3. Khatoon R., Raksasat R., Ho Y.C. et al. Advanced treatment of oilfield produced water with lithium recovery // Sustainability. 2023.

4. Nikkhah H., Ipekçi D., Xiang W. et al. Challenges and opportunities of recovering lithium from brines // Chemical Engineering Journal. 2024.

5. Кленси К.Дж. Моделирование рынка: как спрогнозировать успех нового продукта. М.: Вершина, 2007. 272 с.

6. Некрасов А.В., Соловьев А.А. Оптимизация технико-экономических параметров установки для извлечения гидроминерального сырья из подтоварной воды с помощью имитационного моделирования методом Монте-Карло // Вестник Югорского государственного университета. 2025. Т. 21. № 4. С. 78-86.

© Соловьев А.А., 2026

УДК 504.12(262.83)

Максютов А.М., Избергенова Г.К., Тараканов Дм.А.
Уфимский университет науки и технологии, г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: tarakanovda@uust.ru

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

Аннотация. На основе статистических данных за период 2019-2023 гг. выявлены ключевые тенденции экологического кризиса, включая его динамику, основные причины и последствия. Установлено, что наибольший вклад в ухудшение состояния водоема вносят выбросы и загрязнение, а также длительная деградация природных ресурсов. Приведены примеры международного опыта, подтверждающие масштаб экологического ущерба, сокращение запасов рыбы и негативное воздействие на здоровье населения региона. Результаты исследования подчеркивают необходимость внедрения превентивных мер, таких как восстановление естественного стока, разработка программ по экологическому восстановлению, усиление контроля соблюдением экологических стандартов и повышение экологической ответственности населения.

Ключевые слова: экологическая ситуация, Аральское море, экологический кризис, статистический анализ, причины деградации, меры восстановления/

Maksyutov A.M., Izbergenova G.K., Tarakanov Dm.A.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

ANALYSIS OF THE CURRENT ENVIRONMENTAL SITUATION IN THE ARAL SEA

Abstract. Based on statistical data for the period 2019-2023, the key trends of the environmental crisis are identified, including its dynamics, main causes and consequences. It has been established that the greatest contribution to the deterioration of the state of the water body is made by emissions and pollution, as well as long-term degradation of natural resources. Examples of international experience are given, confirming the scale of environmental damage, reduction of fish stocks and negative impact on the health of the population of the region. The results of the study highlight the need to implement preventive measures, such as restoring natural flow, developing green restoration programs, strengthening enforcement of environmental standards, and increasing the environmental responsibility of the population.
Keywords: environmental situation, Aral Sea, ecological crisis, statistical analysis, causes of degradation, recovery measures.

В настоящее время положение Аральского моря остаётся одним из наиболее серьёзных экологических вызовов в Центральной Азии, влияющим на жизни миллионов людей в регионе. Согласно данным экологических организаций и исследований за 2024 год, негативные последствия кризиса ощущают свыше 10 миллионов жителей Узбекистана, Казахстана и прилегающих территорий [1]. Кризис Аральского моря представляет собой

значительную экологическую и социально-экономическую угрозу [2]. Несмотря на предпринимаемые усилия по его смягчению, проблема продолжается. По состоянию на 2023 год, продолжение водозабора из рек, питающих море, привело к дальнейшему снижению уровня воды, что увеличило процессы опустынивания и потери биоразнообразия [3]. В связи с чем анализ статистических данных, направленный на выявление ключевых тенденций и проблемных зон кризиса, явился целью данного исследования.

Результаты обзора литературных источников [3, 4], посвящённых экологическим и социальным последствиям кризиса Аральского моря в Центральной Азии, позволили определить динамику уровня воды и общие потери воды за период 2019-2023 гг. (таблица 1).

Таблица 1

Динамика уровня воды и общие потери за период 2019-2023 гг.

Год	Уровень воды (м)	Снижения объёма воды (млрд. $м^3$)	Процент снижения объёма (%)
2019	58,0	-	-
2020	50,0	8,0	13,79
2021	48,0	2,0	4,00
2022	44,0	4,0	8,33
2023	39,0	5,0	11,36

Из таблицы 1 видно, что в 2019 году отмечен период наибольшего экологического кризиса. В 2020 году зафиксированы максимальные показатели ухудшения: снижение объема воды составляет 8,0 млрд $м^3$, а процент снижения объема достиг отметки 13,79. Это самый масштабный этап деградации за весь рассматриваемый период. В 2021 году наблюдается снижение интенсивности негативных факторов. Ежегодное снижение объема воды сократилось до 2,0 млрд $м^3$, а процент снижения упал до минимального значения 4,0. Этот этап отражает временную стабилизацию водных ресурсов региона. С 2022 года тенденция к ухудшению возобновилась. Годовое снижение объема воды

увеличилось до 4,0 и 5,0 млрд. м³ соответственно, что свидетельствует о постепенном усилении деградации и разрушении экосистемы.

Также определены основные причины ухудшения ситуации в Аральском море:

- Неустойчивое водозаборное хозяйство;
- Неэффективное управление водными ресурсами;
- Строительство крупных гидротехнических сооружений;
- Климатические изменения и повышение температур;
- Недостаточный экологический контроль и масштабные программы восстановления [5].

За последние годы деградация в районе Аральского моря привела к масштабным экологическим и социальным последствиям. В среднем ежегодно уровень воды в Аральском море снижается на несколько сантиметров, что вызывает увеличение районов опустынивания, и гибель флоры и фауны региона. Экономический ущерб зафиксирован в миллиардах рублей, особенно в сферах рыболовства и сельского хозяйства [6]. Например, в 2019 году серьезные экологические катастрофы, связанные с опустыниванием, негативно повлияли на более 2 миллионов человек, потерявших средства к существованию.

Для смягчения ситуации и предотвращения дальнейшего ухудшения необходимо:

– Модернизировать систему распределения воды и внедрять водосберегающие технологии;

– Усиливать международное сотрудничество и внедрение программ по восстановлению экосистемы;

– Реализация этих мер позволит снизить риски экологической катастрофы и восстановить природную среду региона.

Таким образом, общая тенденция за 2019-2023 годы свидетельствует о прогрессирующем ухудшение экологического состояния Аральского моря.

Основными причинами являются чрезмерный водозабор, сельскохозяйственное использование и климатические изменения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зонн И.С., Костяной А.Г. Аральское море: энциклопедия. М.: Международные отношения, 2008. 256 с.

2. Казакова, А. Восстановление Аральского моря: международные инициативы и перспективы / А. Казакова // Международный экологический портал. URL: https://www.eco-portal.ru/aral-sea-restoration/ (дата обращения: 31.03.2026).

3. Малофеев Р.Е., Кудакаев М.В., Тараканов Д.А. Инструментарий оценки уровня опасностей в техносфере // В сб.: Наука, образование, производство для противодействия техногенным угрозам и решения экологических проблем (Техносферная безопасность–2025). Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2025. С. 127-131.

4. Международный фонд спасения Арала. О фонде. URL: https:/www.ifas.kz/ru/page/o-fonde (дата обращения: 31.03.2026).

5. Тюрина Е. Последствия деградации Арала для региона и пути их минимизации // Журнал экологических исследований. 2021. № 4. С. 45-58.

6. Кузнецова В.К., Тараканов Д.А., Ахметова В.А., Максютов А.М. Обзор основных методов очистки водных объектов, загрязнённых нефтепродуктами // Перспективы экологического развития России и стран СНГ: Материалы 6-й Международной научно-практической конференции, проводимой в рамках XXIII Уральской горно-промышленной декады. Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2025. С. 34-36.

© Максютов А.М. Избергенова Г.К, Тараканов Дм.А., 2026

УДК 504.05

Эльман К.А., Срыбник М.А.

Институт нефти и технологий (филиал) ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», г. Сургут, Российская Федерация

e-mail: k_yelman@ugrasu.ru

РАЦИОНАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В ВОПРОСЕ ЭКОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Аннотация. На сегодняшний день, актуальным является вопрос экологии в области разработки нефтяных и газовых месторождений, особенно в аспекте геологических факторов, которые направлены на определение выбора целесообразной системы разработки.

Ключевые слова: нефть, экология, недра, природа, месторождения.

Elman K.A., Srybnik M.A.

Institute of Petroleum and Technology (branch), Yugorsky State University, Surgut, Russian Federation

RATIONAL MANAGEMENT OF NATURAL RESOURCES IN THE ENVIRONMENTAL ISSUE OF OIL AND GAS FIELD DEVELOPMENT

Abstract. Today, the issue of ecology in the field of oil and gas field development is relevant, especially in terms of geological factors that are aimed at determining the choice of an appropriate development system.

Keywords: oil, ecology, subsoil, nature, deposits.

Под геологическими факторами подразумевается в первую очередь это параметры залежей/водонефтяных зон, уровень залегания пластов, характер пустотного пространства (тип коллекторов), пропускаемость и уровень неоднородности пластов, тягучесть и степень дисперсности пластов, начальное пластовое давление и различия между ним и давлением насыщения.

С точки зрения экологии под параметрами залежей, а именно размеры/форма, подразумевается использование механизма влияния непосредственно на пласт с учётом его выбора по виду, для охраны недр. Отметим, что незначительные по параметрам залежи с проявлением природного водонапорного/упруго-напорного режимов способны генерировать с рамках условий природных режимов. Для сохранности природы, масштабные залежи, ширина которых достигает до 10 км, как правило, разрабатываются с помощью законтурного заводнения. В ходе проектирования крупных залежей, для сохранности окружающей среды планируются всевозможные варианты внутриконтурного заводнения.

Отметим также, что габариты водонефтяных зон воздействуют на базирование добывающих скважин. Вследствие чего, крупные по габаритам водонефтяные зоны отсекаются от чисто нефтепромысловой области залежи, тем самым, в их границах располагается добывающая скважина.

С точки зрения экологии, важным фактором служит глубина местоположения залежей, которая проявляется на плотности сетки скважин, а также эффективности механизма заводнения в результате экономической целесообразности [1,2]. Именно поэтому, сетки скважин комбинируют в большей степени подвижными системами заводнения.

Также, тип коллекторов определяет выбор системы заводнения, интенсивность разработки, методику вскрытия пластов с учётом сохранности недр.

Помимо вышеизложенного, такие параметры как проницаемость/геологическая неоднородность коллекторов/вязкость пластовой нефти – идентифицируют вид заводнения, а также плотность сетки добывающих скважин. Известно, что чем меньше проницаемость – труднее неоднородность – большая вязкость, тем значимым должен быть вид заводнения, а также плотность сетки скважин [5].

С точки зрения вопроса сохранности недр, охраны окружающей среды, разница начального пластового давления от давления насыщения устанавливает начальное время освоения заводнения, а также в случае незначительного их отличия, заводнение необходимо производить с первых шагов разработки залежи.

Рассмотрим более подробно главные геолого-технологические факторы в аспекте экологии и природопользования оказывающие влияние на масштаб показателей добычи нефти из глубин земли.

На сегодняшний день, современные способы разработки месторождений нефти учитывает предельно допустимого коэффициента добычи нефти из недр земли с учетом бережливых производственных затрат.

Известно два коэффициента добычи нефти из недр земли, а именно конечный и текущий. Под конечным коэффициентом подразумевается соотношение величины добываемых запасов залежи начальным балансовым. А под текущим коэффициентом подразумевается соотношение аккумулированной добычи нефти к изначальным балансовым залежам нефти [3]. Масштаб коэффициента добычи нефти η воздействует на уровень вытеснения нефти из пласта водой, которая фиксируется коэффициентом вытеснения $\eta_{вытеснения}$, а также масштабом нефтяного пласта заводнением, который определяется коэффициентом охвата - $\eta_{охвата}$ ($\eta = \eta_{вытеснения} \cdot \eta_{охвата} \cdot \eta_{заводнения}$).

Это соотношение, известное как коэффициент вытеснения соответственно определяется зависимостью от корреляции вязкости нефти ($\eta_{нефти}$) к вязкости

воды ($\eta_{воды}$) и конечно от однородности самого нефтяного пласта. Совокупное влияние этих факторов определяется, чем меньше это соотношение, тем больше коэффициент вытеснения, с учетом непосредственно однородности самого нефтяного пласта.

В связи с этим при увеличении общего объема закачиваемой воды подразумевается рост коэффициента вытеснения, что крайне важно, так как, данное обстоятельство способствует увеличению объемов закачки подготовленной воды, которая как правило, приводит к росту расходов на общую добычу нефти конкретного нефтяного месторождения.

Идеальный коэффициент охвата, как правило, рассчитывается как отношение объема нефтяной залежи к общему объему данной залежи с учетом вовлеченного в разработку нефтяного месторождения и это значение, безусловно, будет зависеть от проницаемости нефтяного пласта, его изменения, расчлененности, а также прерывистости, в результате чего происходит влияние утрат нефти, особенно в тупиковых зонах и конечно происходит неполное вытеснение по мощности самого нефтяного пласта, а также нерациональная схемам разработки в районе расположения скважин и плотность их сетки.

Вышеизложенный факт свидетельствует о том, что потери нефти по окончанию прохождения фронта воды просачиваются через горные породы в виде целиков в изолированных линзах, заторных областях и зонах выклинивания, которые оснащены литологическим замещением и фациальным замещением, помимо этого в самих интервалах с меньшей проницаемостью.

Особое внимание стоит уделить расположению нефтяных скважин, безусловно, на геологически-неоднородных районах в которых образуются застойные зоны, которые оказывают воздействие на экологическую обстановку. Потери самой нефти свидетельствует о том, что происходит накапливание в зонах между скважинами, в центральных зонах, и разрезающих рядах нагнетательных нефтяных скважинах.

В итоге вышеупомянутые операции нацелены в первую очередь на оказание влияния на сам нефтяной пласт с акцентом сбережения экологических канонов природопользования, которые направлены на увеличение коэффициента вытеснения, а также коэффициента охвата, что в свою очередь влияет за рост общего коэффициента добычи нефти.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилова А.Д. Трансформация подходов в образовании на современном этапе в условиях непрерывности / А.Д. Данилова, Т.А. Костылева, И.С. Карабулатова // Мир науки, культуры, образования. 2020. № 5(84). С. 223-225.

2. Динамика параметров квазиаттракторов детско-юношеского населения Югры в аспекте возрастных изменений / И.В. Мирошниченко, К.А. Эльман, М. А. Срыбник, О. А. Глазова // Клиническая медицина и фармакология. 2017. Т. 3, № 4. С. 17-21.

3. Еськов В.М. Выполняется ли принцип эмерджентности в экологии? / В.М. Еськов, Г.В. Газя, О. Е. Филатова // Принципы экологии. 2024. № 4(54). С. 91-98.

4. Русак, С.Н. Показатели загрязняющих веществ в атмосферном воздухе урбанизированной Северной территории / С.Н. Русак, О.Е. Филатова, К.А. Хадарцева // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2023. № 4. С. 19-26.

5. Русак С.Н. Системный синтез на базе оценки аттракторов загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Югры / С.Н. Русак, О.Е. Филатова, К.А. Хадарцева // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2024. № 1. С. 19-26.

© Эльман К.А., Срыбник М.А., 2026

УДК 574.635

Юмадилова Д.Р.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация

e-mail: umadilovadiana@mail.ru

МЕТОДИКА И АСПЕКТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация. В статье рассмотрена методика экологической экспертизы биотехнологических препаратов, применяемых для интенсификации очистки сточных вод промышленных предприятий. Показано, что оценка таких препаратов должна включать не только проверку эффективности снижения загрязняющих веществ, но и анализ экологической безопасности микроорганизмов, ферментных компонентов, носителей, продуктов метаболизма и остаточной биомассы. Предложена поэтапная схема экспертизы: идентификация препарата, анализ состава сточных вод, лабораторный скрининг, пилотные испытания, экотоксикологическая оценка, санитарно-микробиологический контроль, расчет рисков и постпроектный мониторинг. Обоснована необходимость сопоставления результатов испытаний с требованиями природоохранного, водного и санитарного законодательства.

Ключевые слова: экологическая экспертиза, биотехнологические препараты, сточные воды, биоремедиация, промышленные предприятия, экотоксикология, микробные консорциумы.

Yumadilova D.R.

Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

METHODOLOGY AND ASPECTS OF ENVIRONMENTAL EXPERTISE OF BIOTECHNOLOGICAL PREPARATIONS FOR WASTEWATER TREATMENT OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Abstract. The article considers the methodology of environmental expertise of biotechnological preparations used to intensify wastewater treatment in industrial enterprises. It is shown that the evaluation of such drugs should include not only checking the effectiveness of reducing pollutants, but also an analysis of the environmental safety of microorganisms, enzyme components, carriers, metabolic products and residual biomass. A step-by-step examination scheme is proposed: identification of the drug, analysis of wastewater composition, laboratory screening, pilot tests, ecotoxicological assessment, sanitary and microbiological control, risk calculation and post-project monitoring. The necessity of comparing the test results with the requirements of environmental, water and sanitary legislation is substantiated.
Keywords: environmental expertise; biotechnological preparations; wastewater; bioremediation; industrial enterprises; ecotoxicology; microbial consortia.

Промышленные сточные воды отличаются сложным и нестабильным составом: в них могут присутствовать нефтепродукты, фенолы, поверхностно-активные вещества, соли тяжелых металлов, красители, азот- и фосфорсодержащие соединения. Поэтому биотехнологические препараты для их очистки рассматриваются как инструмент направленного усиления процессов окисления, сорбции, нитрификации, денитрификации и разложения органических загрязнителей. В мировой практике для этого используют микробные консорциумы, иммобилизованные клетки, ферментные комплексы и

комбинированные биосорбенты [6]. Однако экологическая ценность препарата не равна одной только высокой эффективности очистки. Если средство снижает химическое потребление кислорода (ХПК), но вызывает рост токсичности, перенос генов антибиотикорезистентности, накопление устойчивых метаболитов или нарушение работы активного ила, такое решение нельзя считать безопасным. Федеральный закон №174-ФЗ «Об экологической экспертизе» закрепляет предупредительный характер оценки намечаемой деятельности и необходимость проверки экологических последствий до принятия решений [1]. Для водопользователя это означает, что препарат, применяемый для стоков, должен оцениваться как технологический фактор, способный изменить состав сброса, свойства осадка и режим работы очистных сооружений. Для осуществления такой оценки предлагается методическая модель экологической экспертизы биотехнологических препаратов для очистки промышленных сточных вод. Объектом анализа являются препараты на основе природных или селекционированных микроорганизмов, ферментов и носителей. Предметом выступают критерии эффективности, безопасности и применимости таких препаратов в реальных производственных условиях.

Экологическая экспертиза биотехнологического препарата должна опираться на три группы требований. Первая группа - природоохранные требования, связанные с предупреждением вреда окружающей среде. К ним относятся положения Федерального закона № 174-ФЗ, а также нормы водного законодательства о допустимом воздействии на водные объекты [1-3]. Вторая группа - требования к качеству сброса и расчету нормативов допустимых сбросов. Методика разработки нормативов допустимых сбросов предусматривает учет состава сточных вод, характеристик водного объекта и условий смешения в контрольном створе [4]. Третья группа - санитарно-эпидемиологические требования к водным объектам, обращению с осадками и предупреждению биологического загрязнения. В отличие от экспертизы

обычного реагента, биопрепарат оценивается как живая или биокаталитическая система, что означает, что следует анализировать: паспорт штаммов, происхождение культур, сведения об отсутствии патогенности, данные о стабильности состава, условия хранения, дозирование, сведения о носителе, показатели выживаемости во внешней среде и протоколы инактивации. Для препаратов на основе консорциумов важна не только видовая принадлежность микроорганизмов, но и функциональная роль каждой группы: деструкторы нефтепродуктов, нитрификаторы, денитрификаторы, продуценты ферментов, биосорбенты металлов. Практически значимым является принцип «от лаборатории к объекту». На первом уровне препарат проверяется в стандартной модельной среде. На втором - на реальных сточных водах конкретного предприятия. На третьем - в пилотном реакторе или на выделенной технологической линии. Такой порядок уменьшает риск переноса лабораторных выводов на объект, где меняются температура, pH, токсическая нагрузка, гидравлическое время пребывания и конкуренция с аборигенной микрофлорой.

Этапы проведения экологической экспертизы. Первый этап - предварительная идентификация препарата и области применения. Эксперт устанавливает, для каких загрязнителей заявлено действие препарата, в какой технологической зоне он применяется, какова предполагаемая доза и как меняется режим очистных сооружений. Уже на этой стадии отсеиваются решения с недостаточным описанием состава, неопределенной микробиологической характеристикой или заявлением «универсального» действия без доказательной базы. Универсальный биопрепарат для всех типов стоков – это чаще маркетинг, чем технология.

Второй этап - анализ исходных сточных вод. Для промышленного предприятия необходимо определить не только биологическое потребление кислорода (БПК), ХПК, взвешенные вещества, pH, азот, фосфор и нефтепродукты, но и специфические загрязнители отрасли: фенолы, сульфиды,

формальдегид, хром, никель, медь, синтетические поверхностно-активные вещества, остатки растворителей. Отдельно оценивается залповый сброс, потому что именно он часто разрушает биологический процесс. Биопрепарат, устойчивый в «красивой» лабораторной колбе, может резко терять активность при реальном токсическом ударе.

Третий этап - лабораторные испытания. В серии опытов сравнивают контроль без препарата и опытные варианты с разными дозами. Оценивают скорость снижения БПК и ХПК, удаление целевых загрязнителей, образование осадка, изменение запаха, вспенивание, pH, растворенный кислород, динамику аммонийного азота, нитритов и нитратов. Для ферментных препаратов дополнительно изучают активность ферментов во времени, чувствительность к температуре и ингибиторам. Для микробных препаратов обязательны посевы, микроскопия и контроль доминирования внесенных культур.

Четвертый этап - экотоксикологическая проверка. Эксперт должен сравнить токсичность воды до и после обработки, а также токсичность промежуточных проб. Это принципиально: биодеструкция может временно образовывать продукты, более опасные для гидробионтов, чем исходное вещество. В качестве тест-объектов применяются водоросли, ракообразные, бактерии биолюминесцентных тест-систем, растения или другие валидированные биоиндикаторы. Результат экспертизы считается положительным только тогда, когда снижение концентраций загрязнителей сопровождается снижением интегральной токсичности.

Критерии безопасности и применимости. Экологическая безопасность биопрепарата оценивается по нескольким блокам. Биологический блок включает отсутствие патогенных и условно-патогенных свойств, токсигенности, аллергенного потенциала, нежелательной устойчивости к антибиотикам и способности к неконтролируемому распространению. Химический блок связан с составом носителя, стабилизаторов, питательных добавок и продуктов распада.

Технологический блок показывает, сохраняется ли работоспособность очистных сооружений: не нарушается ли седиментация активного ила, не увеличивается ли избыточное образование пены, не ухудшается ли обезвоживание осадка. Для промышленных предприятий особое значение имеет совместимость препарата с действующей схемой очистки. На нефтеперерабатывающем объекте приоритетом будет деструкция углеводородов и устойчивость к нефтяной пленке; на гальваническом производстве - переносимость ионов металлов и отсутствие вторичного выноса металлов из осадка; на пищевом предприятии - способность выдерживать резкие колебания органической нагрузки. Следовательно, экспертное заключение не должно быть абстрактным. Оно формулируется для конкретного объекта, конкретного выпуска и конкретного диапазона параметров сточных вод. Методика оценки может быть представлена в виде матрицы критериев. Каждый критерий получает статус: подтвержден, подтвержден частично, не подтвержден, требует дополнительных испытаний. Такой подход делает заключение прозрачным и снижает риск экспертной произвольности. Матрица критериев состоит из: блока оценки; основных показателей; экспертного вывода: эффективность очистки БПК, ХПК, целевых загрязнителей, скорости очистки, достигаются ли нормативные и проектные показатели, биобезопасность, идентификация штаммов, патогенность, устойчивость, допустимо ли внесение препарата в технологическую систему, экотоксичность, биотесты до и после обработки, снижается ли реальная опасность стока. Также важно учитывать технологичность осадка, пену, кислородный режим, стабильность процесса, совместимость препарата с очистными сооружениями, необходимость мониторинга контрольного створа, остаточной биомассы, нужны ли ограничения и постконтроль.

Пятый этап - пилотные испытания. Они проводятся на реальных стоках в условиях, приближенных к производственным: с фактической температурой, суточной неравномерностью, реальными залповыми поступлениями и штатным

режимом аэрации. Минимальный набор контрольных точек включает вход на биологическую ступень, выход после обработки, осадок и точку перед сбросом. При наличии риска попадания препарата в водный объект дополнительно оценивается выживаемость культур за пределами сооружений и возможность их вытеснения природной микробиотой.

Шестой этап - оформление экспертного заключения. В нем фиксируются условия допустимого применения: дозировка, продолжительность курса, перечень контролируемых показателей, запрет на применение при определенных концентрациях токсикантов, порядок хранения, требования к персоналу и схема аварийного прекращения внесения. Положительное заключение не должно звучать как «препарат безопасен». Корректная формулировка: препарат допустим к применению при таких-то параметрах стока, в такой-то технологической схеме, при таком-то контроле. Главная методическая ошибка при оценке биотехнологических препаратов - подмена экологической экспертизы испытанием на эффективность. Очистка может выглядеть успешной по одному показателю, например по снижению ХПК, но при этом сопровождаться ростом нитритов, токсичных промежуточных продуктов или проблемным осадком. Таким образом, экспертная модель должна быть многокритериальной. Она объединяет химический анализ, биотестирование, микробиологический контроль и технологическую диагностику. Вторая проблема - недостаточная прослеживаемость состава препарата. Для экспертизы неприемлемы формулировки «полезные бактерии», «природный комплекс» или «экологически чистая смесь» без идентификации активных компонентов. Препарат, в котором неизвестно действующее начало, невозможно корректно оценить, масштабировать и контролировать после внедрения. На практике именно прозрачность состава становится границей между научно обоснованной технологией и красивой этикеткой. Отдельного внимания заслуживает постэкспертное сопровождение. Даже корректно испытанный биопрепарат

меняет поведение системы постепенно: может измениться структура активного ила, количество избыточного осадка, потребность в аэрации, скорость нитрификации и устойчивость к залповым сбросам. Следовательно после внедрения необходимо вести журнал дозирования, фиксировать отклонения технологических показателей и сравнивать данные минимум за один производственный цикл. Экспертиза в таком формате становится не формальной бумажной процедурой, а управленческим инструментом экологической безопасности.

Для повышения качества экспертизы целесообразно использовать риск-ориентированную шкалу. Высокий риск присваивается препаратам с нераскрытым составом, наличием живых культур неизвестного происхождения, применением на токсичных стоках сложного состава и отсутствием пилотных испытаний. Средний риск характерен для препаратов с описанным составом, но ограниченной доказательной базой по конкретному предприятию. Низкий риск возможен только при полной идентификации компонентов, подтвержденной эффективности, снижении экотоксичности и наличии программы мониторинга [5,6].

Экологическая экспертиза биотехнологических препаратов для очистки промышленных сточных вод должна проводиться как последовательная оценка эффективности, безопасности и технологической применимости. Оптимальная методика включает анализ документации, характеристику сточных вод, лабораторный скрининг, пилотные испытания, экотоксикологическую проверку, санитарно-микробиологический контроль и постпроектный мониторинг. Такой подход позволяет увидеть не только заявленный эффект, но и возможные вторичные последствия: изменение токсичности, накопление метаболитов, влияние на активный ил, свойства осадка и качество сброса. Биотехнологические препараты способны повысить устойчивость очистных сооружений и сократить нагрузку на водные объекты, если применяются адресно и доказательно. Но в промышленной экологии принцип простой: сначала проверка, потом внедрение.

Иначе препарат превращается из инструмента очистки в еще один фактор неопределенного риска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об экологической экспертизе: Федеральный закон от 23.11.1995 № 174-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 1995. № 48. Ст. 4556.
2. Педаш Е.Д. Оценка воздействия на окружающую среду и экологическая экспертиза / Е.Д. Педаш, Р.Г. Каримова, С.А. Мусина // Мавлютовские чтения: материалы XVII Всероссийской молодёжной научной конференции: в 9 т., Уфа, 21-23 ноября 2023 года. Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2024. С. 56-58.
3. Водный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 03.06.2006 № 74-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 2006. № 23. Ст. 2381.
4. Об утверждении Методики разработки нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты для водопользователей: приказ Минприроды России от 29.12.2020 № 1118. Москва, 2020.
5. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий, к водным объектам, питьевой воде, атмосферному воздуху, почвам и помещениям. Москва, 2021.
6. Красногорская Н.Н. Очистка сточных городских вод с использованием передовых методов окисления / Н.Н. Красногорская, С.А. Мусина, Т.О. Бреднева // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2017): Материалы XIII Международной научно-технической конференции. В 2-х томах, Уфа, 30 апреля 2017 года. Том II. – Уфа: ГОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет», 2017. С. 147-151.

© Юмадилова Д.Р., 2026

УДК 504.052

Черных Д.М., Доронкина И.Г.

Российский государственный университет туризма и сервиса, г. Москва, Российская Федерация

email: dora1096@yandex.ru

ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ: СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ И МЕХАНИЗМЫ РЕШЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы рационального природопользования как одного из приоритетных направлений государственной и муниципальной политики в условиях экологического кризиса и истощения природных ресурсов. Анализируются современные подходы к управлению природопользованием: экологическое нормирование, платность природопользования, механизмы «зеленой» экономики, особо охраняемые природные территории, система экологического контроля и мониторинга. Особое внимание уделяется муниципальному уровню – обращению с твердыми коммунальными отходами, охране водных объектов, озеленению и экологическому просвещению. Выявлены системные проблемы (несовершенство законодательства, коррупция в сфере недропользования, низкая экологическая культура) и предложены направления совершенствования управленческих практик.

Ключевые слова: рациональное природопользование, экологическая безопасность, «зеленая» экономика, экологический контроль.

Chernykh D.M., Doronkina I.G.

Russian State University of Tourism and Service, Moscow, Russian Federation

PROBLEMS OF RATIONAL NATURE USE: CURRENT CHALLENGES AND SOLUTION MECHANISMS

Abstract. The article discusses the problems of rational environmental management as one of the priority areas of state and municipal policy in the context of the environmental crisis and depletion of natural resources. It analyzes modern approaches to environmental management, including environmental regulation, payment for environmental use, mechanisms of the green economy, specially protected natural areas, and the system of environmental control and monitoring. Special attention is given to the municipal level, including the management of solid municipal waste, the protection of water bodies, greening, and environmental education. Systemic problems (imperfection of legislation, corruption in the subsoil use sphere, low environmental culture) have been identified and directions for improving management practices have been proposed.

Keywords: rational nature management, environmental safety, green economy, environmental control.

Проблема рационального природопользования - одна из наиболее острых и дискуссионных в современной науке государственного и муниципального управления. С одной стороны, природные ресурсы (нефть, газ, лес, вода, земля) составляют основу экономики России, обеспечивая до 60% доходов бюджета. С другой стороны, их истощение, нерациональное использование и загрязнение окружающей среды создают прямые угрозы здоровью населения, качеству жизни и экономической безопасности страны.

Рациональное природопользование - это система деятельности, призванная обеспечить экономную эксплуатацию природных ресурсов с учетом интересов как нынешнего, так и будущих поколений (концепция устойчивого развития) [2]. Однако на практике доминирует экстенсивная, ресурсорасточительная модель, доставшаяся в наследство от плановой экономики и усиленная в 1990-е годы массовой приватизацией недр и земли.

Роль государства и муниципалитетов в решении этой проблемы ключевая: именно публичная власть устанавливает правила игры (лицензирование, лимиты, налоги), контролирует их соблюдение и применяет санкции.

Цель данной статьи - систематизировать современные подходы к управлению природопользованием, выявить основные проблемы и предложить пути их решения на основе анализа российской и зарубежной практики.

1. Правовые основы и институциональная среда природопользования в России.

Конституция РФ (ст. 9, 36, 42, 58) закрепляет, что земля и другие природные ресурсы используются и охраняются в Российской Федерации как основа жизни и деятельности народов, проживающих на соответствующей территории. Граждане имеют право на благоприятную окружающую среду и обязаны сохранять природу.

Базовым федеральным законом является Федеральный закон «Об охране окружающей среды» (2002 г.), который устанавливает принципы [3]:

- платность природопользования и возмещение вреда окружающей среде;

- презумпцию экологической опасности планируемой хозяйственной деятельности;

- обязательность государственной экологической экспертизы.

Система органов управления включает:

- Федеральный уровень: Министерство природных ресурсов и экологии РФ (Минприроды), Федеральная служба по надзору в сфере природопользования

(Росприроднадзор), Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра), Федеральное агентство водных ресурсов (Росводресурсы), Федеральное агентство лесного хозяйства (Рослесхоз).

- Региональный уровень: министерства природных ресурсов субъектов РФ, которые выдают лицензии на пользование участками недр местного значения, организуют особо охраняемые природные территории (ООПТ) регионального значения.

- Муниципальный уровень: органы местного самоуправления организуют сбор и вывоз ТКО, озеленение, охрану городских лесов и водных объектов, экологическое просвещение.

Однако на практике разграничение полномочий между уровнями власти остается запутанным. Муниципалитеты, например, отвечают за ликвидацию несанкционированных свалок, но не имеют полномочий по контролю за крупными промышленными загрязнителями, которые находятся в ведении федерального Росприроднадзора. Результат - «ничейные» проблемы и взаимные обвинения.

2. Современные подходы к управлению природопользованием.

2.1. Экологическое нормирование и платность.

Классическим инструментом государственного управления является установление нормативов допустимого воздействия (ПДВ – для воздуха, ПДС – для воды, ПДН – для размещения отходов). Предприятия обязаны укладываться в эти нормативы. Если превышают - платят повышенную ставку за загрязнение (до 100-кратного размера).

Система платы за негативное воздействие на окружающую среду (НВОС) действует в России с 2002 г. Плата взимается за:

- выбросы в атмосферу от стационарных источников;

- сбросы в водные объекты;

- размещение отходов производства и потребления.

Средства поступают в бюджеты (федеральный – 40 %, региональный – 30 %, муниципальный – 30 %) и должны расходоваться на природоохранные мероприятия. Однако нецелевое использование этих средств - хроническая проблема (деньги идут на латание дыр в социальной сфере).

2.2. Механизмы «зеленой» экономики и наилучших доступных технологий (НДТ).

С 2019 года в России внедряется принцип наилучших доступных технологий (НДТ). Предприятия, относящиеся к категориям наибольшего негативного воздействия (металлургия, химия, нефтепереработка, целлюлозно-бумажное производство), обязаны перейти на технологии, соответствующие НДТ-справочникам. Если предприятие не переходит - его экологический сбор повышается, а работа может быть приостановлена судом. Параллельно развивается «зеленое» финансирование - выдача кредитов под низкий процент для экологически чистых проектов (через ВЭБ.РФ и коммерческие банки). Механизм торговли квотами на выбросы парниковых газов (эксперимент на Сахалине с 2022 г.) позволяет предприятиям, снизившим выбросы сверх нормы, продавать квоты тем, кто не укладывается.

Однако внедрение НДТ тормозится высокой стоимостью модернизации (миллиарды рублей на одно предприятие) и отсутствием дешевых кредитных ресурсов. Многие предприятия предпочитают платить штрафы, которые ниже затрат на очистное оборудование.

2.3. Особо охраняемые природные территории (ООПТ).

Создание заповедников, национальных парков, заказников - прямой метод сохранения биоразнообразия и эталонных ландшафтов. В России насчитывается около 13 000 ООПТ всех уровней, занимающих 12% площади страны. Федеральные ООПТ (заповедники и национальные парки) находятся в ведении Минприроды, региональные и местные - под управлением субъектов и муниципалитетов.

Основная проблема - недофинансирование. Государство выделяет лишь 30–40% от необходимого на охрану и содержание ООПТ. Остальное должны зарабатывать сами национальные парки через экологический туризм, но этому мешают бюрократические барьеры и отсутствие инфраструктуры.

2.4. Экологический контроль и мониторинг

Государственный экологический контроль (надзор) осуществляется Росприроднадзором, региональными и муниципальными инспекциями. В 2021 году вступил в силу новый порядок - риск-ориентированный подход: чем выше категория опасности предприятия (I-IV), тем чаще проверки. Для объектов I категории - плановые проверки раз в год, для IV - раз в 10 лет или вообще не проводятся.

Однако число инспекторов катастрофически мало. На 2024 год в Росприроднадзоре работает около 2000 полевых инспекторов на всю страну - при миллионе поднадзорных объектов. Результат - выборочные проверки, и то по жалобам граждан.

С 2020 года активно внедряется система автоматического мониторинга (стационарные посты наблюдения за выбросами в крупных городах). Данные передаются в Единую государственную систему экологического мониторинга (ЕГСЭМ). Однако в 70% малых и средних городов таких постов нет [4].

3. Муниципальный уровень: практические проблемы и решения.

Муниципалитеты находятся на передовой борьбе с экологическими проблемами, но имеют минимум полномочий и ресурсов.

3.1. Обращение с твердыми коммунальными отходами (ТКО).

С 2019 года в России действует «мусорная реформа»: ответственность за сбор, вывоз и обработку ТКО передана региональным операторам, а муниципалитеты отвечают только за контейнерные площадки [5]. На практике это привело к коллапсу в ряде регионов (Челябинская область, Забайкалье):

региональные операторы банкротятся, мусор не вывозится неделями, растут несанкционированные свалки.

Муниципалитеты пытаются решать проблему через:

- рейдовые мероприятия по выявлению свалок (штрафы до 500 тыс. руб. для юридических лиц);

- создание муниципальных пунктов приема вторсырья (стекло, пластик, макулатура);

- экологические субботники и раздельный сбор (общественные инициативы).

Однако без федерального финансирования на строительство мусоросортировочных заводов и полигонов муниципальные усилия малоэффективны.

3.2. Охрана водных объектов.

Водные объекты (реки, озера, пруды) в черте города или поселка - муниципальная собственность. Основные проблемы: сброс неочищенных стоков (ливневок, промышленных вод), зарастание, заиливание [1]. Муниципалитеты могут:

- установить водоохранные зоны (50–200 м от уреза воды) и запретить в них строительство;

- организовать расчистку русел (требует миллионов рублей и согласования с Росводресурсами);

- штрафовать дачников и предприятия за сброс отходов в воду.

Реальный рычаг – муниципальный экологический контроль, но штат инспекторов в мэрии часто составляет 1–2 человека.

3.3. Озеленение и защита воздуха в городах.

Вырубка деревьев под застройку, плохое состояние парков и скверов, отсутствие системы мониторинга воздуха - типичные муниципальные проблемы.

Лучшие практики (Москва, Казань, Красноярск после «экологической катастрофы» 2020 г.):

- инвентаризация зеленых насаждений (реестр деревьев);

- программа компенсационного озеленения (срубил одно - посади два);

- установка датчиков качества воздуха (сероводород, формальдегид, взвешенные частицы PM 2.5) с онлайн-доступом для граждан.

В Красноярске после введения режима «черного неба» (метеоусловия для рассеивания выбросов) власти обязали предприятия снижать выбросы на 20–30%, а городские автобусы перевели на газомоторное топливо.

4. Системные проблемы рационального природопользования в России.

Эмпирический анализ позволяет выделить следующие устойчивые проблемы:

1. Институциональный конфликт. Минприроды одновременно и регулирует, и эксплуатирует природные ресурсы (через подведомственные агентства). Это порождает конфликт интересов.

2. Коррупция в сфере недропользования. Незаконные рубки леса (по оценкам WWF, до 20% всей заготовленной древесины - «черные лесорубы»), нелегальная добыча золота и нефрита, приписки при геологоразведке.

3. Низкая экологическая культура. 70% россиян не разделяют мусор, 50% - не готовы платить больше за «экологичные» товары. На муниципальном уровне экологическое просвещение практически отсутствует.

4. Дефицит «зеленых» инвестиций. Для перехода на НДТ и строительство очистных сооружений требуется триллионы рублей. Бюджета не хватает, а частный капитал не идет из-за длинных сроков окупаемости (10–20 лет).

5. Проблема накопленного вреда. Сотни заброшенных промышленных площадок (химические заводы, свалки, хвостохранилища) с советских времен загрязняют почву и воду. Программа «Генеральная уборка» (с 2021 г.) работает медленно - за 3 года ликвидировано менее 10% объектов.

Проблема рационального природопользования в современной России носит системный, межведомственный и межбюджетный характер. Ни одна из сторон - ни федеральный центр, ни регионы, ни муниципалитеты - не может решить ее в одиночку.

Основными направлениями совершенствования государственного и муниципального управления в этой сфере должны стать:

- законодательное разграничение полномочий с передачей муниципалитетам реальных рычагов экологического контроля (и финансирования);

- реформа экологического надзора - увеличение штата инспекторов и внедрение спутникового мониторинга;

- экономическое стимулирование «зеленых» инвестиций (налоговые каникулы для НДТ, дешевые кредиты);

- федеральная программа экологического просвещения (от детского сада до вуза);

- ужесточение наказания за экологические преступления (кратно увеличенные штрафы и уголовная ответственность для топ-менеджеров предприятий-загрязнителей).

Рациональное природопользование - это не «расходная статья» бюджета, а стратегическая инвестиция в здоровье нации, качество жизни и экономическую безопасность. Промедление с переходом к устойчивой модели оборачивается ростом заболеваемости, сокращением продолжительности жизни и деградацией природной среды, которую невозможно восстановить ценой любых денег.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисова О.Н. Ресурсосберегающие нанотехнологии в водоочистке / О.Н. Борисова, И.Г. Доронкина, В.М. Феоктистова // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2021. Т. 13, № 2. С. 124-130.

2. Данилов-Данильян В.И. Экологический вызов и устойчивое развитие / В. И. Данилов-Данильян, К. С. Лосев. М.: Прогресс-Традиция, 2000. 416 с.

3. Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 28.12.2024). Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».

4. Рыбальский, Н. Г. Региональный экологический мониторинг / Н. Г. Рыбальский. М.: РЭФИА, 2023. 288 с.

5. Систематизация технологий ресурсосбережения: Энциклопедический справочник / Д.О. Скобелев, Л.Я. Шубов, С.И. Иванков, И.Г. Доронкина. Москва: ООО «Сам Полиграфист», 2020. 610 с.

© Черных Д.М., Доронкина И.Г., 2026

УДК 504.062

Прокофьева Ю.Р., Хромова Д.В.

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет туризма и сервиса», г. Пушкино, Российская Федерация

e-mail: yliaprockofieva@yandex.ru

РАЦИОНАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Аннотация. В статье рассмотрены основные проблемы водопользования на предприятиях. Показано, что неэффективное использование воды ведёт к росту затрат, увеличению сточных вод и экологических рисков. Предложены меры по снижению потерь, внедрению оборотных систем, цифровизации учёта и повышению ресурсной эффективности. Сделан вывод о необходимости включения рационального водопользования в стратегию экологической и экономической безопасности предприятия.

Ключевые слова: водные ресурсы, рациональное природопользование, ресурсосбережение, экологический менеджмент, водопотребление, предприятие.

Prokofieva Yu.R., Khromova D.V.
Russian State University of Tourism and Service, Moscow, Russian Federation

RATIONAL WATER RESOURCE MANAGEMENT AT AN ENTERPRISE: PROBLEMS AND WAYS TO IMPROVE EFFICIENCY

Abstract. The article looks at main water use problems in enterprises and why rational management matters. Inefficient water use raises costs, increases wastewater, and creates environmental risks. The authors suggest key steps: cutting water losses, using recycling systems, digitalizing accounting, and improving resource efficiency. Rational water use should be part of any environmental and economic security strategy.
Keywords: water resources, rational nature management, resource saving, environmental management, water consumption, enterprise.

Воздействие на водные объекты со стороны промышленности, городов и сельского хозяйства постоянно растёт. Воду долго считали условно доступной и расходовали без должного контроля, но такой подход несовместим с устойчивым развитием и ресурсоэффективностью. Рациональное управление водными ресурсами – это система организационных, технических и экономических мер для снижения потерь, повторного использования воды и баланса между производством и средой. Цель статьи – выявить основные проблемы водопользования на предприятии и предложить пути повышения эффективности управления водными ресурсами.

Проблема нерационального использования воды носит комплексный характер. Во многих организациях отсутствует полноценный водный баланс – системное сопоставление забора, использования по участкам, потерь, повторного применения и сброса. Учёт часто ведётся только на входе в предприятие, без детализации по цехам и технологическим линиям, что лишает

систему управления прозрачностью. Состояние оборудования напрямую влияет на объём водозатрат: корродированные трубы, разгерметизированные стыки, устаревшая арматура и неоптимальные схемы охлаждения создают постоянные потери, которые часто не фиксируются и воспринимаются как неизбежные. Небольшие ежедневные утечки в сумме дают значительный объём бесполезно израсходованного ресурса. Помимо прямых потерь предприятие несёт косвенные затраты: оплата водоснабжения, водоотведения, очистки стоков, а также дополнительная электроэнергия на перекачку, охлаждение, нагрев и очистку воды. Отдельной проблемой можно выделить слабое распространение оборотных и повторно используемых систем. Вода после однократного применения часто идёт в сброс, хотя часть потоков после локальной очистки могла бы возвращаться в производство. Причиной является, не столько техническая невозможность, сколько отсутствие управленческого приоритета и анализа долгосрочного эффекта. В результате сохраняется ресурсно-затратная модель: предприятие зависит от постоянного внешнего водозабора и несёт растущие экологические и экономические издержки.

Отдельной проблемой является слабое распространение оборотных и повторно используемых систем водоснабжения. На ряде предприятий вода после единичного применения направляется в сброс, хотя часть потоков после локальной очистки может возвращаться в производственный цикл. Отказ от повторного использования воды часто связан не столько с технической невозможностью, сколько с отсутствием управленческого приоритета, инвестиционного планирования и анализа долгосрочного эффекта.

В результате сохраняется ресурснозатратная модель работы, при которой предприятие зависит от постоянного внешнего водозабора и несет возрастающие экологические и экономические издержки.

Следует учитывать и экологическую составляющую вопроса. Нерациональное водопользование усиливает нагрузку на природные водные

объекты, увеличивает объем загрязненных стоков, снижает устойчивость локальных экосистем и повышает риск конфликтов между хозяйственной деятельностью и задачами охраны окружающей среды. В условиях ужесточения экологических требований это становится фактором стратегического риска. Предприятие, не способное контролировать свои ресурсные потоки, оказывается менее устойчивым как с точки зрения экологической безопасности, так и с точки зрения конкурентоспособности.

Для ресурсосбережения принципиально важно не ограничиваться общими рассуждениями о необходимости сокращения расхода воды. Эффективность управления водными ресурсами должна оцениваться через количественные критерии. Без измеримых показателей невозможно определить, насколько предприятие приблизилось к рациональному уровню водопользования и какие мероприятия действительно дали результат. В этой связи целесообразно использовать систему взаимосвязанных индикаторов: удельное водопотребление на единицу продукции; объем сточных вод на единицу продукции; долю повторно использованной воды; долю потерь в системе; энергоемкость водохозяйственных операций; затраты на воду и водоотведение в структуре себестоимости продукции. Подобный подход соответствует ISO 46001, где подчеркивается необходимость соотнесения водопользования с показателем деловой или производственной активности организации.

На практике это означает, что общий объем воды в кубических метрах еще не позволяет оценить рациональность водопользования. Для разных отраслей целевыми являются разные удельные показатели. Так, в производстве напитков широко используется показатель литров воды на литр продукции. По данным отраслевых исследований предприятий по розливу питьевой воды, среднее отношение составило около 1,56 литра воды на литр продукции, а для пивоваренных предприятий – около 4,67 литра на литр. В металлургии, по данным международных отраслевых объединений, средний забор воды на

интегрированных предприятиях составлял 28,6 м^3 на тонну стали, а фактическое водопотребление – около 3,3 м^3 на тонну, что объясняется широким использованием оборотных схем. В текстильной промышленности удельное водопотребление, напротив, остается значительно выше: по данным исследований предприятий одной из стран Южной Азии, расход воды колебался от 28 до 285 литров на килограмм обработанного материала при среднем значении около 164 литров на килограмм.

Эти данные показывают, что категория рационального водопользования должна определяться не абстрактно, а применительно к отрасли, технологии и уровню повторного использования воды.

К результативным мерам относятся: замкнутые или оборотные циклы водоснабжения, многоступенчатая очистка, замена водоёмких операций, точная подача воды через форсунки и дозаторы, повторное использование условно чистых стоков после локальной подготовки. Рациональное управление – не механическое сокращение воды любой ценой, а оптимальный объём при сохранении качества продукции, безопасности и санитарных норм.

Необходимые ресурсосберегающие технологии:

1. Автоматическое обнаружение утечек и цифровой мониторинг. Данные счётчиков и датчиков выявляют аномальный расход и предотвращают потери, которые при традиционном подходе долго остаются незамеченными.

2. Модернизация охлаждающих систем. По данным министерства энергетики США, частичная фильтрация в оборотных контурах повышает кратность использования воды, снижает загрязнение теплообменников и расход подпиточной воды. В расчётном примере: экономия около 860 м^3 воды в год, снижение энергопотребления на 10 %, уменьшение затрат на реагенты примерно на 20 %. Это показывает одновременный водный, энергетический и экономический эффект.

3. Мембранные технологии для глубокой очистки сточных вод и возврата в производство. По данным агентства по охране окружающей среды США, мембранные биореакторы дают высокое качество воды, компактны и позволяют замкнуть цикл. Однако они требуют больших капитальных затрат и энергии, поэтому оценивать их нужно по сроку окупаемости и интегральному эколого-экономическому результату.

4. Замкнутые и почти бессточные системы. Обеспечивают максимальный возврат воды в цикл и резкое сокращение сбросов. Пример из текстильной промышленности: внедрение замкнутой системы отделки тканей позволило снизить сбросы на 92 % и повторно использовать до 98 % водных потоков. Для водоёмких производств это значимо, но требует интеграции очистки, контроля качества воды, изменения технологического режима и учёта роста энергоёмкости отдельных этапов. Замкнутые системы – это сложный инструмент стратегического ресурсосбережения, а не универсальное решение.

Энергетическая составляющая. Очистка, нагрев, перекачка, охлаждение воды и очистка стоков требуют много энергии. Сокращение водопотребления автоматически влияет на энергопотребление. По данным Международного энергетического агентства, из электроэнергии в водном секторе: ~40% – на забор воды, ~25% – на очистку сточных вод, ~20% – на распределение воды.

Это означает, что любая программа водосбережения должна оцениваться не только в кубических метрах сэкономленной воды, но и в киловатт-часах сэкономленной электроэнергии и, в ряде случаев, в объеме сниженного теплопотребления.

Ресурсосбережение в управлении водой не сводится к одной экономии воды. Сокращая объём воды, проходящей через насосы, теплообменники, системы нагрева, промывки и очистки, предприятие снижает энергоёмкость этих процессов. Но некоторые решения – глубокая мембранная очистка или почти бессточные схемы – могут увеличить потребление электроэнергии. Поэтому при

выборе технологий нужен не только водный, но и энергетический баланс мероприятия. Рационально не то, что минимизирует водозабор любой ценой, а то, что даёт лучший суммарный эколого-экономический эффект.

Технически совершенные решения не работают без системы целей, показателей и ответственности. Стоит ввести внутренние показатели ресурсной эффективности: удельное водопотребление на единицу продукции, объём повторно использованной воды, долю потерь, объём очищенных стоков, затраты на воду в себестоимости, энергоёмкость водохозяйственных операций. Это связывает экологию с управлением и регулярной оценкой. Ответственность за ресурсопотребление надо закрепить за подразделениями и мотивировать персонал выявлять потери и предлагать улучшения.

Система экологического и водного менеджмента встраивает ресурсосбережение в общую модель управления: анализ рисков, внутренний аудит, корректирующие действия, стратегическое планирование. Вода перестаёт быть отдельной технической темой и становится частью общей устойчивости бизнеса. Это критически важно для предприятий, работающих с инвесторами, экспортными рынками или партнёрами, которые следят за устойчивым развитием и ESG-факторами.

Часть потерь связана не с капиталоёмкими проблемами, а с низкой дисциплиной: отсутствие контроля при промывке оборудования, несвоевременное устранение утечек, избыточный расход воды на вспомогательные операции, игнорирование инструкций. Рациональное управление требует обучения персонала, понятных регламентов, визуализации показателей и понимания, что ресурсосбережение – не формальность. Это снижает сопротивление изменениям и повышает устойчивость результатов.

Предлагаемые меры дают экологический и экономический эффект:

1. Снижение забора свежей воды, объёма стоков, риска загрязнения и антропогенной нагрузки.

2. Уменьшение затрат на водоснабжение, водоотведение, очистку, электроэнергию и тепло, плюс снижение штрафов и рост операционной эффективности.

Для доказуемости эффекта нужна упрощённая экономическая оценка. Годовой эффект равен сумме экономии на воде, стоках, очистке, энергии, реагентах минус дополнительные эксплуатационные расходы. Срок окупаемости – капитальные затраты, делённые на годовой чистый эффект. Так водосбережение переходит из деклараций в управленческие решения.

Рациональное управление водой не сводится к разовым акциям. Устойчивый результат даёт последовательность: диагностика, цифровой учёт, устранение потерь, модернизация, повторное использование воды, внедрение внутренних показателей эффективности и включение водной и энергоэффективности в стратегию. Иначе будет временное улучшение, а не снижение ресурсной нагрузки.

Нерациональное водопользование ведёт к прямым потерям, росту затрат, энергопотребления и экологических рисков. Системный подход повышает устойчивость производства. Ключевые условия: водный баланс, цифровизация учёта, техмодернизация, оборотные системы, ресурсосберегающие технологии, учёт энергетики, количественные критерии, ответственность персонала. Рациональное водопользование – не вспомогательная функция, а часть стратегии ресурсной, экологической и экономической безопасности предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисова О.Н., Кузьмина А.И. Ресурсосберегающие способы водочистки // Наука, образование, производство для противодействия техногенным угрозам и решения экологических проблем (Техносферная безопасность-2023): материалы XX Международной научно-практической конференции. Уфа, 2023. С. 414-418.

2. Борисова О.Н., Волкова Е.С. Очистка нефтесодержащих сточных вод: обзор традиционных и современных методов // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2022): материалы XVIII Международной научно-технической конференции. В 2-х томах. Уфа, 2022. С. 240-245.

3. Борисова О.Н., Доронкина И.Г., Феоктистова В.М. Ресурсосберегающие нанотехнологии в водоочистке // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2021. Т. 13. № 2. С. 124-130.

4. Доронкина И.Г., Борисова О.Н. Ионообменные технологии очистки сточных вод с использованием ионитов // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2020): материалы XVI Международной научно-технической конференции. В 2-х томах. Уфа, 2020. С. 291-296.

5. Борисова О.Н. Классификации сточных вод по разным критериям и методы их очистки // Водоочистка. 2019. № 3. С. 57-61.

6. Доронкина И.Г., Борисова О.Н. Эколого-экономическая эффективность технологических процессов очистки сточных вод // Сервис в России и за рубежом. 2015. Т. 9. № 4 (60). С. 112-121.

© Прокофьева Ю.Р., Хромова Д.В., 2026

УДК 502.3:504.064.4

Старостина К.И., Агуреева Ю.В.

Московский государственный технический университет гражданской авиации, г. Москва, Российская Федерация

e-mail: *ksenya13032004@gmail.com*

ВЕКТОР ИЗМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В КОНСТРУКЦИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Аннотация. Приведен анализ направления и объемов экологического воздействия на окружающую среду самолётов, в конструкции планера которых традиционные алюминиевые сплавы заменены на полимерные композиционные материалы. Анализ выполнен с учётом полного жизненного цикла авиационной техники. Показано, что на пути снижения экологического следа авиации в условиях перехода к углеродной нейтральности к 2050 г. внедрение композиционных материалов в конструкцию самолёта позволит снизить его массу на 20-30 %. На этапе эксплуатации это позволит значительно сократить выбросы парниковых газов CO_2 и NO_x. Однако появляются новые проблемы на этапах эксплуатации и утилизации техники.

Ключевые слова: самолеты, полимерные композиты, экологический след, углеродная нейтральность, парниковые газы.

Starostina K.I., Agureeva Yu.V.

Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russian Federation

VECTOR OF CHANGES IN ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS WHEN USING COMPOSITE MATERIALS IN AIRCRAFT CONSTRUCTION

Abstract. This article presents an analysis of the direction and magnitude of the environmental impact of aircraft whose airframes replace traditional aluminum alloys with polymer composite materials. The analysis takes into account the entire life cycle of the aircraft. It is shown that, in the context of the transition to carbon neutrality by 2050, the introduction of composite materials into aircraft design will reduce aircraft weight by 20-30%. During operation, this will significantly reduce CO2 and NOx greenhouse gas emissions. However, new challenges arise during the operation and disposal of the equipment.

Keywords: aircraft, polymer composites, environmental footprint, carbon neutrality, greenhouse gases.

Воздушный транспорт является важным компонентом экономической системы страны. Воздушное судно российских авиакомпаний осуществляют перевозку пассажиров и грузов на многочисленных внутренних и зарубежных воздушных линиях. Таким образом, авиационный транспорт остаётся одним из самых быстрорастущих источников антропогенных выбросов углекислого газа: на его долю приходится около 2-3 % глобальной эмиссии CO_2, а с учётом неуглеводородных эффектов (конденсационные следы, образование озона) вклад в радиационное воздействие достигает 5 %. Мир вынужден искать радикальные

пути снижения экологического следа в условиях ужесточения климатических условий и перехода к углеродной нейтральности к 2050 г.

Одним из ключевых технологических решений стал переход на массовое внедрение полимерных компотных материалов [1]. Авиации переживает своеобразную материальную революцию. В 1990-2000-х годов в самолетах Airbus A320, Boeing 737 и SSJ-100 композиты занимали не более 15 %. С годами показатели их использования значительно выросли до современных значений. Так доля их использования в:

- МС-21 – около 40 % (уникальное композитное крыло);
- Boeing 787 «Dreamliner» – до 50 %;
- Airbus A350 XWB – 52 %.

Очевидным следствие этой революции является уменьшение расхода топлива и, следовательно, выбросов CO_2 при эксплуатации, но такой подход переносит экологическую нагрузку на другие стадии жизненного цикла процесса авиаперевозок [2].

Внедрение современных полимерных компотных материалов в авиастроении – это один из важнейших факторов способных кардинально изменить экологический профиль авиации. В современном мире использование полимерных композиционных материалов позволяет уменьшить массу планера на 20-30% по сравнению с металлическими аналогами, что напрямую сокращает расход топлива и выбросы CO_2, CH, NO_x. Однако пока в авиастроении переход на современные технологии сопряжён с рядом рисков [3], в частности, с появлением новых экологических проблем с отходами на этапах производства и утилизации. Существующие в наши дни технологии производства и утилизации композитов сами имеют экологические проблемы (энергоемкость, сложность переработки).

Целью данного исследования является системный анализ и оценка экологических последствий рассматриваемого перехода в контексте жизненного

цикла производства и использования авиационной техники при замене в конструкции планера традиционных алюминиевых сплавов на полимерные композиционные материалы (ПКМ).

Композиционный или композитный материал (КМ), сокращённо композит – многокомпонентный материал, изготовленный (человеком или природой) из двух или более компонентов с существенно различными физическими и/или химическими свойствами, которые в сочетании приводят к появлению нового материала с характеристиками, отличными от характеристик отдельных компонентов и не являющимися простой их суперпозицией [1].

Главная цель внедрения композиционных материалов в авиации снижение массы, что является одной из важнейших инженерных задач. Крыло МС-21 из углепластика уменьшает вес конструкции на 20-25 % по сравнению с алюминиевым аналогом. Положительный эффект заключается в сокращении расхода авиакеросина, снижении эмиссии CO_2 в расчете на одно пассажиро-место на 15-20 %, а также в уменьшении выбросов оксидов азота (NO_x) в верхних слоях атмосферы, где их влияние на парниковый эффект особенно сильно.

Однако переход на КМ сопровождается появлением ряда следующих проблем.

1. Производство углеродного волокна является энергоемким процессом. Для обжига нитей требуются печи с температурами свыше 1000°C. Углеродный след производства 1 кг углепластика выше, чем у 1 кг алюминия.

2. Самолет изготавливают не из однородного по толщине листа, а «выращивают» слой за слоем. При формовке крупногабаритных деталей (кессоны крыла, панели фюзеляжа) используются эпоксидные смолы, являющиеся источниками летучих органических соединений.

3. Технологическая оснастка и непригодные для автоклава отходы препрегов пока часто утилизируются захоронением.

4. Композиты менее подвержены коррозии, чем металл. Это увеличивает ресурс планера и снижает потребность в ремонтах, связанных с коррозионным разрушением. Однако ремонт самого композита (например, после жесткой посадки, удара тележки или града) технологически сложнее и требует применения токсичных химических компонентов.

5. Расчетный срок службы самолета составляет 25-30 лет. Первые композитные лайнеры (Boeing 787) начнут массово выводиться из эксплуатации к 2040 году. Алюминиевые самолеты (Ту-154, старые Boeing) идут на металлолом и переплавляются на вторичный алюминий. Композиты – термореактивные материалы и они не плавятся. Просто выбросить крыло размахом 30 метров на свалку нельзя, а современные технологии переработки [4] для крупногабаритных углепластиковых конструкций в авиации пока не масштабированы до промышленного уровня.

6. В случае авиационного происшествия с самолетом, имеющим крупные элементы конструкции из композиционных материалов, на месте происшествия образуется большое количество аэрозоля из мельчайших осколков стекло- или угле- волокон, что представляет серьезные проблемы для специалистов, занимающихся поиском, спасанием и расследованием на месте падения самолета.

Таким образом, применение полимерных композиционных материалов в конструкции воздушных судов приводит к фундаментальному изменению экологической нагрузки с этапа эксплуатации на этапы производства и утилизации. Это изменение создаёт как значительные экологические плюсы, так и серьёзные проблемы. Перевод самолетов с металла на композиты дает авиации главное – снижение расхода топлива и выбросов CO_2 в атмосферу. Это глобальный экологический плюс.

Однако финишные отходы сложны, и без встроенной системы рециклинга [5] будущее композитной авиации невозможно. Международная организация

гражданской авиации (ИКАО) – единственная специализированная международная организация ООН, которая ещё в 1950-х годах перед всем мировым сообществом приняла на себя ответственность за негативное воздействие нашей отрасли на окружающую среду практически во всём мире. Сейчас разрабатываются нормы ИКАО и национальные стандарты, обязывающие производителей самолетов предоставлять паспорта утилизации всех использованных материалов. Это единственный путь сохранить экологический баланс, летать в небе чисто и не загрязнять планету.

Вектор изменения экологического воздействия на стадии эксплуатации самолетов от перехода к применению в конструкции полимерных композиционных материалов безусловно положителен. Однако для того, чтобы это преимущество не обесценивалось проблемами отходов, отрасль должна в ближайшее десятилетие завершить переход к замкнутой переработке композитных материалов. Только тогда авиация с воздушными судами на основе ПКМ сможет в полной мере соответствовать принципам устойчивого развития и углеродной нейтральности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Почему современная авиация переходит на композиты? [Электронный ресурс] URL: https://carbontex.ru/2021/12/29/почему-современная-авиация-переходи/ (дата обращения: 26.04.2026).
2. Николайкин Н.И. Экологическая оценка полного жизненного цикла деятельности эксплуатационных авиапредприятий гражданской авиации // Научный вестник МГТУ ГА. 2006. № 108. С. 73-79.
3. Худяков Ю.Г. Виды рисков, и особенности их проявления в авиатранспортной услуге, предоставляемой авиакомпанией / Ю.Г. Худяков, Н.И. Николайкин // Научный вестник МГТУ ГА. 2009. № 149. С. 7-13.

4. Цейтин К.Ф. Экологическая безопасность: отходы производства и потребления / К.Ф. Цейтин, В.Е. Мурашов, Л.А. Разумная, П.И. Островкин. Москва: Издательство РГСУ, 2012. 512 с.

5. Рециклинг отходов: современные подходы к переработке композитов. – URL: https://musor24.com/about/article/retsikling-othodov/ (дата обращения: 26.04.2026).

© Старостина К.И., Агуреева Ю.В., 2026

УДК 629.7:504.3

Черкасов А.С., Шарафутдинов А.А., Стельмах В.Е.

Московский государственный технический университет гражданской авиации, г. Москва, Российская Федерация

МЕЖДУНАРОДНАЯ ГРАЖДАНСКАЯ АВИАЦИЯ НА ПУТИ ОТКАЗА ОТ ИСКОПАЕМОГО ТОПЛИВА

Аннотация. Рассмотрены меры, реализуемые международной гражданской авиацией в целях сокращения эмиссии парниковых газов. На основе материалов 30-й Конференции сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата (COP30) проанализирован курс отрасли на достижение углеродной нейтральности. Подробно разобраны два основных инструмента: механизм компенсации выбросов CORSIA и программа внедрения устойчивого авиационного топлива. Оценены принятые странами обязательства, а также ожидаемые технологические сдвиги в авиастроении в период до 2050 года.

Ключевые слова: гражданская авиация, декарбонизация, COP30, ИКАО, устойчивое авиационное топливо, ископаемое топливо.

Cherkasov A.S., Sharafutdinov A.A. Stelmakh.V.E.
Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russian Federation

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ON THE WAY TO PHASING OUT FOSSIL FUELS

Abstract. The paper considers measures implemented by international civil aviation to reduce greenhouse gas emissions. Based on the materials of the 30th Conference of the Parties to the UN Framework Convention on Climate Change (COP30), the industry's course towards carbon neutrality is analyzed. Two main instruments are examined in detail: the CORSIA offset mechanism and the program for introducing sustainable aviation fuel. An assessment is given to the commitments made by countries, as well as to the expected technological shifts in the aircraft industry up to 2050.
Keywords: civil aviation, decarbonization, COP30, ICAO, sustainable aviation fuel, fossil fuels.

Гражданская авиация служит одним из главных двигателей мировой экономики, обеспечивая высокую мобильность пассажиров и грузов. Вместе с тем данный вид транспорта вносит заметный вклад в антропогенную эмиссию диоксида углерода. Доля воздушных перевозок в общемировом объёме выбросов составляет приблизительно 2-3 %, однако в абсолютном выражении этот показатель продолжает расти вслед за пассажиропотоком и грузооборотом. Такая динамика вынуждает отрасль принимать системные меры по ограничению климатического воздействия.

На протяжении более чем пятидесяти лет координацию природоохранной деятельности в данной сфере осуществляет Международная организация гражданской авиации (ИКАО) [1].

ИКАО – единственная международная организация, ещё в 1950-х годах принявшая перед мировым сообществом на себя всю ответственность за негативное воздействие своей отрасли на окружающую среду практически во всём мире. Принципиально важным этапом стало проведение в ноябре 2025 года в г. Белен (Бразилия) 30-й Конференции сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата – COP30.

Вопреки существовавшим опасениям, COP30 не ограничилась декларативными заявлениями [2]. Государства-участники и представители авиатранспортного сектора согласовали конкретные механизмы реализации климатической политики, что влечёт за собой трансформацию технологических и экономических основ функционирования отрасли.

ИКАО исторически служит глобальной площадкой для выработки единых стандартов в области экологической безопасности полётов во всем жизненном цикле деятельности авиапредприятий ГА [3]. Объединяя практически все государства, осуществляющие авиационную деятельность, организация позволяет избежать фрагментации нормативной базы и введения односторонних, зачастую дискриминационных ограничений.

До недавнего времени основные усилия ИКАО концентрировались на совершенствовании аэродинамических характеристик воздушных судов, оптимизации маршрутов и повышении топливной эффективности двигателей. Теперь же акцент перенесён на комплексные решения, охватывающие весь жизненный цикл авиаперевозки.

На COP30 193 государства-члена ИКАО приняли совместное заявление [4], в котором подчёркнута необходимость проведения единой и скоординированной политики декарбонизации с опорой на механизмы самой Организации. Подобный подход обоснован тем, что разрозненные национальные инициативы, в частности введение дополнительных налогов и сборов с пассажиров под предлогом защиты климата, не приводят к ощутимому

снижению выбросов, но при этом создают препятствия для международного воздушного сообщения и тормозят экономическое развитие. Консолидированная политика, напротив, обеспечивает направление финансовых ресурсов на технологическое перевооружение отрасли и реализацию климатических проектов.

Ключевым итогом COP30 для авиационного сектора стало закрепление долгосрочной цели – прекращение роста выбросов CO_2 от международных рейсов к 2050 году. Эта концепция, именуемая в документах ИКАО как Net-Zero, предполагает, что даже при прогнозируемом многократном увеличении объёмов перевозок масса выбрасываемого диоксида углерода не должна превышать уровень, зафиксированный в базовом периоде.

Цель подкреплена реальными шагами. Согласно данным, обнародованным на COP30, 154 государства, на долю которых приходится 99 % мировой авиационной активности, уже представили в ИКАО национальные планы («дорожные карты») по достижению углеродной нейтральности. Указанные планы разработаны с учётом уровня экономического развития, специфики национальных авиарынков и иных релевантных факторов. Такой гибкий подход существенно повышает вероятность успешной реализации поставленных задач.

Для достижения объявленных ориентиров международное авиационное сообщество использует два основных направления: компенсацию остаточных выбросов и переход на экологически чистые источники энергии [5].

В области компенсационных проектов основным рыночным инструментом остаётся механизм CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation). В ходе COP30 был отмечен растущий интерес авиакомпаний к проектам, относимым к третьему поколению. Ранее преобладали лесовосстановительные мероприятия, сейчас же приоритет смещается в сторону финансирования строительства объектов возобновляемой энергетики – ветряных и солнечных электростанций – в развивающихся странах. Это даёт двойной

эффект: углеродный след от авиатоплива компенсируется, а в регионах-реципиентах стимулируется «зелёный» энергопереход, сопровождающийся созданием новых рабочих мест и снижением зависимости от ископаемых ресурсов.

Внедрение устойчивого авиационного топлива (Sustainable Aviation Fuel, SAF) признаётся наиболее перспективным направлением технологической трансформации [6]. В отличие от традиционного керосина, SAF производится из возобновляемого сырья: отработанных растительных масел, органических отходов, сельскохозяйственных остатков, а также биомассы водорослей. Ключевым требованием к данному виду топлива является его «drop-in» совместимость[12] с существующей инфраструктурой – по химическому составу и физическим свойствам оно должно быть полностью идентично ископаемому аналогу, что исключает необходимость внесения конструктивных изменений в воздушные суда или топливозаправочные комплексы.

Замкнутый углеродный цикл SAF (растение → переработка в топливо → эмиссия CO_2 → поглощение CO_2 новыми растениями) обеспечивает сокращение выбросов парниковых газов на протяжении жизненного цикла до 80 % по сравнению с нефтяным топливом.

Согласно имеющимся оценкам, к 2030 году за счёт широкомасштабного внедрения SAF планируется сократить не менее 5 % эмиссии от международной авиации. Достижение данного показателя потребует создания новых производственных мощностей и разработки экономических стимулов для авиаперевозчиков, однако стратегический вектор уже определён.

Принятые на COP30 решения запускают изменения по всей цепочке создания стоимости в авиации. Перед производителями авиационной техники

[12] Drop-in» совместимость (или drop-in replacement) с существующей инфраструктурой – это способность нового аппаратного компонента или системы заменить старый аналог без необходимости внесения изменений в текущие рабочие процессы, настройки.

встаёт безотлагательная задача ускорения разработки и сертификации воздушных судов, способных эксплуатироваться на 100 % SAF. Это обстоятельство стимулирует рост инвестиций в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области новых конструкционных материалов, аэродинамики и гибридных силовых установок.

Для авиакомпаний реализация «зелёной» повестки сопряжена с увеличением операционных издержек в краткосрочной перспективе, поскольку SAF пока остаётся дороже традиционного керосина. Тем не менее, в долгосрочной перспективе переход на SAF позволяет снизить риски, обусловленные волатильностью цен на нефть и ужесточением экологического регулирования. Кроме того, инвестиции в климатические проекты и применение SAF становятся частью нефинансовой отчётности и фактором повышения инвестиционной привлекательности авиапредприятий в рамках ESG-критериев, что означает оценку деятельности компании или инвестиционного проекта через призму трех факторов: экологического (Environmental), социального (Social) и управленческого (Governance). Это подход к бизнесу, направленный на устойчивое развитие, снижение рисков и повышение привлекательности для инвесторов за счет заботы о природе, обществе и прозрачности управления.

Итоги COP30 задали для международной гражданской авиации чёткий вектор движения в направлении климатической нейтральности к середине XXI века. Консолидация усилий 193 государств под эгидой ИКАО позволила предотвратить регуляторную фрагментацию и обеспечить концентрацию ресурсов на практических мерах – как технологического, так и компенсационного характера.

Расширение рынка устойчивого авиационного топлива и дальнейшее развитие компенсационных механизмов создают новые условия работы авиационной промышленности. Переходный период неизбежно будет сопряжён с экономическими трудностями. Однако реализуемые в настоящее время меры

являются единственно возможным путём к обеспечению устойчивого роста объёмов авиаперевозок при одновременном сокращении антропогенной нагрузки на климатическую систему.

На COP30 ИКАО успешно продемонстрировала, что международная авиация не только признает свою климатическую ответственность, но и обладает конкретным, согласованным планом действий, объединяющим мир. В условиях, когда общие переговоры ООН по климату сталкиваются с растущими геополитическими трудностями, отраслевой подход, основанный на техническом сотрудничестве, общих стандартах и инновациях, предлагает рабочую модель для прогресса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Международная организация гражданской авиации (ИКАО). Доклад о долгосрочной цели по сокращению выбросов CO_2 в международной авиации. – Монреаль, 2025. URL: https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/LTAG.aspx (дата обращения: 19.04.2026).

2. Рамочная конвенция ООН об изменении климата. Итоговый документ 30-й Конференции сторон (COP30). Белен, 2025. URL: https://unfccc.int/cop30 (дата обращения: 19.04.2026).

3. Николайкин Н.И. Экологическая оценка полного жизненного цикла деятельности эксплуатационных авиапредприятий гражданской авиации. // Научный вестник МГТУ ГА. 2006. № 108. С. 73-79.

4. Совместное заявление государств-участников COP30 и отраслевых авиационных объединений по вопросам устойчивого развития воздушного транспорта. Белен, 2025. URL: https://www.icao.int/Newsroom/Pages/COP30-joint-statement.aspx (дата обращения: 19.04.2026).

5. Николайкин Н.И., Мельников Б.Н., Большунов Ю.А. Перевод на альтернативные виды топлива как способ повышения энергетической и

экологической эффективности транспорта // Научный вестник МГТУ ГА. 2010. № 162. С. 12-21. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id= (дата обращения: 19.04.2026).

6. Техническое руководство ИКАО по применению устойчивого авиационного топлива (SAF). Монреаль: Комитет по охране окружающей среды ИКАО, 2025. URL: https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/SAF-Manual.aspx (дата обращения: 19.04.2026).

© Черкасов А.С., Шарафутдинов А.А., Стельмах В.Е. 2026

УДК 504.06

Кирянина В.А., Яценко Н.В.

Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва, Российская Федерация

email: 1132226300@rudn.ru

ЭКОСИСТЕМНЫЕ УСЛУГИ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА: МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ (НА ПРИМЕРЕ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ)

Аннотация. Представлены результаты количественной оценки пяти групп экосистемных услуг (обеспечение древесиной, ценность пахотных и пастбищных угодий, депонирование углерода, биоразнообразие охотничьих животных) для шести муниципальных районов Мурманской области. Наибольший вклад в суммарную ценность вносят регулирующие услуги (депонирование углерода) и продукционные услуги животноводства. Выявлена значительная пространственная дифференциация, обусловленная сочетанием природных условий и хозяйственной специализации. Подтверждено, что

заготовка древесины тяготеет к транспортной инфраструктуре, а не к лесным запасам.

Ключевые слова: муниципальные районы, депонирование углерода, экономическая оценка, природопользование, устойчивое развитие.

Kiryanina V.A., Yatsenko N.V.
Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russian Federation

ECOSYSTEM SERVICES OF THE ARCTIC REGION: METHODOLOGICAL APPROACHES AND ASSESSMENT RESULTS (CASE STUDY OF MURMANSK OBLAST)

Abstract. The results of a quantitative assessment of five groups of ecosystem services (timber supply, value of arable and pasture lands, carbon sequestration, biodiversity of game animals) for six municipal districts of Murmansk Oblast are presented. Regulating services (carbon sequestration) and productive services of livestock farming make the greatest contribution to the total value. Significant spatial differentiation caused by the combination of natural conditions and economic specialisation is revealed. It is confirmed that timber harvesting gravitates towards transport infrastructure rather than forest reserves.

Keywords: municipal districts, carbon sequestration, economic valuation, nature management, sustainable development

Формирование рыночных механизмов регулирования выбросов парниковых газов стало одним из ключевых трендов глобальной климатической политики последнего десятилетия. Российская Федерация, следуя международным обязательствам в рамках Парижского соглашения, приступила

к созданию национальной системы углеродного регулирования. Однако для арктических регионов, характеризующихся высокой уязвимостью экосистем и преобладанием экстенсивных форм природопользования, особую значимость приобретает комплексная оценка экосистемных услуг.

Цель настоящей работы: 1) выполнить количественную оценку экосистемных услуг шести муниципальных районов Мурманской области (Кандалакшский, Ковдорский, Кольский, Ловозерский, Печенгский, Терский); 2) произвести расчёт ценности обеспечивающих услуг (обеспечение древесиной, ценность пахотных угодий и пастбищ), регулирующих услуг (депонирование углерода лесами и кормовыми угодьями) и культурных услуг (биоразнообразие охотничьих животных); 3) проанализировать пространственные закономерности распределения полученных оценок в контексте задач устойчивого развития арктического региона.

В качестве объекта исследования выбраны экосистемные услуги муниципальных районов Мурманской области, расположенной в Арктической зоне Российской Федерации. Мурманская область характеризуется суровыми природно-климатическими условиями, высокой уязвимостью экосистем и преобладанием экстенсивных форм природопользования.

Методика исследования базируется на подходе, разработанном Б. А. Краснояровой с соавторами [3], который адаптирует глобальные концепции экосистемных услуг к региональному уровню. Основные положения методики включают: выбор территориальных единиц оценки (муниципальные районы как саморегулирующиеся природно-хозяйственные системы); идентификацию экосистемных услуг по классификации прототипа национального доклада «Экосистемные услуги России» [4]; расчёт показателей на основе данных официальной статистики.

В работе использованы [1, 2, 5, 6]:

- данные Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Мурманской области (Мурманскстат) о продукции растениеводства и животноводства за 2018–2020 гг.;

- сведения Лесного плана Мурманской области (2019) об объёмах заготовки древесины, распределении лесных площадей по породам и возрастным группам;

- материалы государственного учёта охотничьих ресурсов (Министерство природных ресурсов и экологии Мурманской области) по состоянию на 2022 г.;

- данные Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года о площадях сельскохозяйственных угодий (пашня, сенокосы, пастбища);

- таксы для исчисления размера вреда охотничьим ресурсам, утверждённые постановлением Правительства РФ от 10.06.2019 №750 [6];

- коэффициенты годового депонирования углерода для лесов и кормовых угодий, принятые по литературным источникам [5] с учётом региональных особенностей.

Все показатели приводились к единой размерности (руб./га/год). Для услуг, требующих усреднения, использовались данные за трёхлетний период (2018–2020), за исключением охотничьих ресурсов (данные учёта 2022 г.). Депонирование углерода рассчитывалось отдельно по каждой породе и возрастной группе.

Проведённая оценка пяти групп экосистемных услуг для шести муниципальных районов Мурманской области позволила выявить ряд значимых закономерностей. Суммарная ценность варьирует от 334,91 руб./га/год в Ловозерском районе до 1824,31 руб./га/год в Ковдорском, что подтверждает исходную гипотезу о формировании ценности под влиянием сочетания природных предпосылок и хозяйственной специализации (таблица 1).

Таблица 1

Ценность экосистемных услуг в муниципальных районах Мурманской области, руб./га/год

Муниципальный район / Экосистемные услуги	Кандалакшский	Ковдорский	Кольский	Ловозерский	Печенгский	Терский
Обеспечение древесиной	16,27	10,26	4,64	1,51	12,34	3,7
Ценность пахотных и сенокосных угодий	55,52	147,57	31,69	4,11	11,87	7,04
Ценность пастбищ	3,56	794,36	208,15	21,56	2,64	5,77
Депонирование углерода	651	765	539	260	421	507
Биоразнообразие охотничьих животных	144,58	107,12	65,92	47,74	53,08	31,04

Пространственное распределение ценности услуг по обеспечению древесиной характеризуется контрастными значениями. Максимальные показатели зафиксированы в Кандалакшском (16,27 руб./га/год) и Печенгском (12,34 руб./га/год) районах, что объясняется их близостью к транспортной инфраструктуре и наличием деревоперерабатывающих производств. Минимальные значения отмечены в Ловозерском (1,51 руб./га/год) и Терском (3,7 руб./га/год) районах, где леса выполняют преимущественно средообразующие функции и слабо вовлечены в промышленную эксплуатацию.

Ценность биоразнообразия охотничьих животных наиболее высока в Кандалакшском (144,58 руб./га/год) и Ковдорском (107,12 руб./га/год) районах, что коррелирует с мозаичностью ландшафтов и относительно низкой плотностью населения. Наименьшие значения характерны для Терского (31,04 руб./га/год) и Ловозерского (47,74 руб./га/год) районов.

Регулирующая услуга по депонированию углерода демонстрирует максимальные показатели в Ковдорском (765 руб./га/год) и Кандалакшском (651 руб./га/год) районах, что обусловлено высокой лесистостью и преобладанием продуктивных древостоев. Ловозерский район с преобладанием низкопродуктивных лесов имеет наименьшее значение (260 руб./га/год).

Ценность пастбищ обнаруживает наиболее резкую дифференциацию среди всех оцениваемых услуг. Экстремально высокое значение в Ковдорском

районе (794,36 руб./га/год) объясняется наличием здесь крупных животноводческих предприятий. Второй по значимости показатель – в Кольском районе (208,15 руб./га/год). В остальных районах ценность пастбищ не превышает 22 руб./га/год, что отражает либо слабое развитие отрасли, либо преобладание экстенсивного оленеводства.

Ценность пахотных и сенокосных угодий также наиболее высока в Ковдорском районе (147,57 руб./га/год). Кандалакшский (55,52 руб./га/год) и Кольский (31,69 руб./га/год) районы демонстрируют средние показатели, тогда как в Ловозерском, Терском и Печенгском районах продукция растениеводства практически отсутствует.

Обобщение полученных результатов позволяет выявить следующие закономерности. Во-первых, ценность пастбищ, пахотных угодий и депонирования углерода определяется преимущественно разнообразием природных условий и сложившейся специализацией хозяйства. Во-вторых, ценность заготовки древесины и, отчасти, охотничьих ресурсов тяготеет к объектам транспортной и перерабатывающей инфраструктуры. Подтверждается выявленное в оригинальной методике противоречие: районы с высокой лесистостью и ценностью депонирования углерода (например, Ловозерский) не всегда играют значимую роль в обеспечении древесиной. Напротив, значительные объёмы заготовки могут осуществляться в районах с невысокой лесистостью, но характеризующихся транспортной доступностью (Печенгский район).

В результате проведённого исследования впервые для Мурманской области получены сопоставимые количественные оценки пяти ключевых экосистемных услуг на муниципальном уровне. Установлено, что наибольший вклад в суммарную ценность экосистемных услуг региона вносят регулирующие услуги (депонирование углерода) и продукционные услуги животноводства (ценность пастбищ), тогда как прямое обеспечение древесиной и продукция растениеводства играют подчинённую роль. Выявлены значительные межрайонные различия: лидером по суммарной ценности является Ковдорский

район, что обусловлено высокой интенсивностью животноводства и значительным лесным покровом; минимальные значения характерны для Ловозерского района, где доминируют экстенсивные формы природопользования. Подтверждена закономерность, ранее обнаруженная в Алтайском крае: пространственное распределение заготовки древесины определяется не столько сырьевыми запасами, сколько доступностью транспортной и перерабатывающей инфраструктуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сельское хозяйство Мурманской области: статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Мурманской области. Мурманск: Мурманскстат, 2021. 98 с.
2. Лесной план Мурманской области: утверждён постановлением Правительства Мурманской области от 28.12.2018 № 612-ПП: в ред. от 18.11.2019. Мурманск, 2019. 234 с.
3. Красноярова Б.А. Методические подходы к экономической оценке экосистемных услуг на региональном уровне / Б.А. Красноярова, С.Н. Шарабарина, С.Г. Платонова // Известия Алтайского государственного университета. 2017. № 4 (96). С. 93-101.
4. Прототип национального доклада «Экосистемные услуги России» / под ред. С. Н. Бобылева. М.: Изд-во ЦЭПР, 2016. 148 с.
5. Замолодчиков Д.Г. Углерод в лесном фонде и сельскохозяйственных угодьях России / Д.Г. Замолодчиков, Г.Н. Коровин, А.И. Уткин, О.В. Честных, Б.Сонген. М.: КМК, 2005. 200 с.
6. Об утверждении такс для исчисления размера вреда, причиненного охотничьим ресурсам: постановление Правительства РФ от 10.06.2019 № 750. URL: http://government.ru/docs/37001/ (дата обращения: 15.04.2026).

© Кирянина В.А., Яценко Н.В., 2026

2.3. ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ ЛЮДЕЙ

УДК 614.7:616-053.2(262.6)

Демин А.П.
Институт водных проблем РАН, г. Москва, Российская Федерация
e-mail: deminap@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ДЕТЕЙ В БАССЕЙНЕ Р. ВОЛГИ

Аннотация. Цель исследования – оценить влияние загрязнения вод, атмосферного воздуха, почв и их комплекса в целом на заболеваемость детского населения на уровне субъектов федерации бассейна реки Волги. Около 35% вариации заболеваемости болезнями органов дыхания и пищеварения, уха, а также около 30% вариации заболеваемости болезнями системы кровообращения и всей первичной детской заболеваемости обусловлено исключительно вариабельностью загрязнения природной среды по территории бассейна.
Ключевые слова: бассейн р. Волги, загрязнение окружающей природной среды, интегральные оценки загрязнения, заболеваемость детей.

Demin A.P.
Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

IMPACT OF ENVIRONMENTAL POLLUTION ON CHILDREN'S MORBIDITY IN THE VOLGA RIVER BASIN

Abstract. The aim of the study was to assess the impact of water, air, and soil pollution, and their complex as a whole, on childhood morbidity at the level of federal subjects

in the Volga River basin. About 35 % of the variation in the incidence of diseases of the respiratory and digestive organs, ear, as well as about 30% of the variation in the incidence of diseases of the circulatory system and all primary childhood morbidity is due exclusively to the variability of environmental pollution throughout the basin.
Keywords: Volga River basin, environmental pollution, integrated pollution assessments, child morbidity.

Введение. Загрязнение окружающей природной среды (прежде всего водных источников, атмосферного воздуха, почвы) – основная причина напряженной экологической ситуации, высокой заболеваемости и досрочной смертности значительного числа жителей многих стран. В России обеспечение высоких экологических стандартов – одна из приоритетных проблем государственной политики, направленной на сохранение здоровья и улучшение условий проживания.

Волга – крупнейшая река Европы. В ее бассейн входят полностью или частично территории 38 субъектов Российской Федерации, в том числе 8 республик, 29 областей и г. Москвы. Здесь располагается 32% посевов сельскохозяйственных культур, 45% основных фондов экономики, производится почти половина валового регионального продукта России, что определяет высокую степень антропогенной нагрузки. На территории бассейна проживает более 61 млн. человек.

Цель исследования – оценить влияние загрязнения поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха, почв и их комплекса в целом на первичную заболеваемость детей по классам важнейших заболеваний и в совокупности на уровне субъектов федерации бассейна р. Волги**.**

Материалы и методы. Оценку загрязнения вод проводили на основе данных Росстата [1], материалов сайта автоматизированной информационной системы «Реформа ЖКХ» [2] и Роспотребнадзора [3]. Оценку выбросов

загрязняющих атмосферу веществ находили на сайте Росприроднадзора [4]. Данные по загрязнению почв брались из региональных государственных докладов Роспотребнадзора «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в … области в … году» [3]. Для оценки величины заболеваемости детей использовались данные статистических сборников «Здравоохранение в России» [5].

Работа выполнена на основе системного подхода, статистической обработки и сравнительного анализа данных. Интегральные оценки загрязнения вод, атмосферы, почв находили с помощью метода, основанного на расчете нормированного отклонения. В качестве меры связи между показателями загрязнения природной среды и заболеваемостью, смертностью населения использовали ранговый коэффициент корреляции Спирмена.

Результаты и их обсуждение. Здоровье населения – комплексный социально-гигиенический и экономический показатель, который отражает уровень экономического и культурного развития страны и региона, состояние медицинской помощи. По данным ВОЗ наибольшее влияние на здоровье населения (около 50 %) оказывают социально-экономические условия и образ жизни населения, меньшее (по 20 %) генетическая предрасположенность и окружающая среда, качество медицинского обслуживания (до 10 %). На наш взгляд, в странах и регионах, где основной вклад в формирование ВВП вносят не услуги, а развитое промышленное производство, влияние окружающей среды (прежде всего экологической обстановки) на здоровье должно быть более выраженным.

Для оценки показателей заболеваемости мы использовали данные по первичной заболеваемости детей (0-14 лет) в субъектах РФ, осредненные за 6 лет (2017-2022 гг.) [5]. Минимальная первичная заболеваемость детей на территории бассейна отмечается в Астраханской области, максимальная – в Вологодской области, превосходящая минимальную в 1,9 раза. По большинству классу болезней максимальные среднемноголетние значения превышают минимальные

в 2-4 раза. Но по некоторым классам болезней разница доходит до 6-7 раз. Представляется, что эта большая разница обусловлена в основном экологической ситуацией, так как несходство в социально-экономических и медицинских условиях в субъектах федерации существенно меньше.

Исследование проведено на материалах 29 субъектов РФ. 18 субъектов входят в бассейн полностью (95-100 %), 7 субъектов – большей частью (53-83 % территории) и только 4 субъектов – меньшей частью (31-40 %). Показатели загрязнения природной среды представлены 11 показателями (в среднем за 2017-2022 гг.), сгруппированными в три группы – загрязнение вод, атмосферного воздуха и почв. Загрязнение вод представлено 4 показателями: X_1 – объем сброса загрязненных сточных вод в расчете на 1 человека, куб. м/год; X_2 – доля неудовлетворительных проб воды по санитарно-химическим показателям в распределительной водопроводной сети, X_2 – доля неудовлетворительных проб воды по микробиологическим показателям.

Загрязнение атмосферного воздуха представлено 5 показателями: X_4 – общая масса выбросов загрязняющих атмосферу веществ от стационарных и передвижных источников, кг на 1 чел./год; X_5 –X_8 – масса выбросов соответственно диоксида серы, оксидов азота, оксида углерода и летучих органических соединений. Для ранжирования загрязнения почв привлекали 3 показателя: X_9 – распаханность территории; X_{10} – величина внесения минеральных удобрений на 1 га; X_{11} – доля проб почвы в селитебной зоне, неудовлетворительных по санитарно-химическим показателям.

Для анализа загрязнения природной среды подходит метод, построенный на оценке нормированного отклонения [6]. Расчет интегральных оценок загрязнений (Оз) проводился по формуле

$$O_з = \sum_{j=1}^{n} d_j \frac{X_{ij} - \overline{X_j}}{\sigma_j}, \quad (1)$$

где $O_з$ – интегральная оценка загрязнений, X – показатель загрязнения, i=1, ..., m – порядковый номер субъектов федерации; j=1, ..., n – порядковый номер

показателя загрязнения; $\overline{X}_j$ – среднее значение j-го показателя; σ_j – среднеквадратическое отклонение, d_j – весовые коэффициенты каждого показателя загрязнения, которые определяли на основе парных коэффициентов r_{yxj} между показателями загрязнения и величиной детской заболеваемости.

Так, для загрязнения вод весовые коэффициенты по отдельным характеристикам во влиянии на заболеваемость злокачественными новообразованиями составили: $d_1 = 0.44$; $d_2 = 0.31$; $d_3 = 0.25$. Следовательно, наибольшая доля в формировании интегральной оценки загрязнения вод на заболеваемость злокачественными новообразованиями принадлежит показателям сброса загрязненных сточных вод X_1.

Максимальное воздействие на заболеваемость детей в условиях волжского бассейна оказывает загрязнение почвы (получено 5 ранговых коэффициентов корреляции, значимых на уровне 0,05) и воды (4 коэффициента), в меньшей мере – загрязнение атмосферного воздуха (таблица 1).

Таблица 1

Ранговые коэффициенты корреляции между заболеваемостью детей 0-14 лет и интегральными оценками загрязнения среды)*

Первичная заболеваемость и классы болезней	Озв	Оза	Озп
Первичная детская заболеваемость $У_1$	0,535	н	н
Некоторые инфекционные и паразитарные болезни $У_2$	н	н	0,442
Новообразования $У_3$	н	н	0,405
Болезни крови, кроветворных органов $У_4$	0,403	0,444	н
Болезни эндокринной системы $У_5$	н	0,460	н
Болезни уха и сосцевидного отростка $У_8$	н	н	0,611
Болезни системы кровообращения $У_9$	н	н	0,559
Болезни органов дыхания $У_{10}$	0,592	н	н
Болезни органов пищеварения $У_{11}$			0,471
Психические расстройства и расстройства поведения $У_{16}$	0,378	н	н
Злокачественные новообразования (на 100 тыс. чел.) $У_{17}$	н	0,503	н

** – приведены коэффициенты корреляции, значимые на уровне 0,05; н – не значимы. Озв, Оза, Озп – соответственно интегральные оценки загрязнения вод, атмосферного воздуха, почв*

Ввиду наличия взаимокоррелированности между некоторыми показателями загрязнения, оценить их воздействие на уровень заболеваемости населения возможно по величинам коэффициента регрессии в уравнениях множественной связи (таблица 2).

Таблица 2

Уравнения связи показателей заболеваемости детей с интегральными оценками загрязнения природной среды

Показатель заболеваемости	Уравнения регрессии	Коэффициент корреляции	Пределы применения $У_1$–$У_{17}$
Первичная детская заболеваемость	$У_1$ = 200,52 Озв +1858,2	0,542	1302–2455
Некоторые инфекционные и паразитарные болезни	$У_2$= 8,054 Озп + 63,78	0,442	54,1-75,5
Новообразования	$У_3$ = 0,766 Озп + 4,699	0,405	3,68-5,68
Болезни крови, кроветворных органов	$У_4$ = 2,829 Оза + 9,281	0,444	6,4-16,1
Болезни эндокринной системы	$У_5$ = 4,443 Оза + 15,618	0,460	11,0-26,5
Болезни уха и сосцевидного отростка	$У_8$ = 6,804.Озп + 45,74	0,611	38,1-58,4
Болезни системы кровообращения	$У_9$ =2,159 Озп + 6,052	0,559	2,59-8,88
Болезни органов дыхания	$У_{10}$ = 146,56 Озв + 1290,4	0,592	1147,6-1584,6
Болезни органов пищеварения	$У_{13}$ = 6,004 Оза +9,088 Озп+50,90	0,581	29,6-72,0
Психические расстройства и расстройства поведения	$У_{16}$ = 27,69 Озв +29,96 Оза + 74,87	0,465	34,7-124,2
Злокачественные новообразования (на 100 тыс. чел.)	$У_{17}$ = 0,885 Оза + 12,97	0,503	12,07–15,12

В условиях волжского бассейна максимальное воздействие на заболеваемость детей некоторыми инфекционными болезнями, новообразованиями, болезнями уха, системы кровообращения, пищеварения привносит загрязнение почв. Загрязнение атмосферного воздуха сильно влияет на заболеваемость болезнями крови, органов дыхания, злокачественными

новообразованиями, в меньшей мере – болезнями органов пищеварения и психическими расстройствами. В формировании первичной детской заболеваемости всеми болезнями, болезнями органов дыхания, в меньшей степени психическими расстройствами определяющее значение имеет загрязнение поверхностных вод сточными водами, качество питьевой воды в распределительной сети.

Выводы. Оценки ВОЗ по влиянию различных факторов на заболеваемость населения не следует абсолютизировать, а можно подвергать сомнению. В странах и регионах с развитым промышленным производством, где при существующих технологиях неизбежно ощутимое загрязнение окружающей природной среды, влияние экологической составляющей на заболеваемость населения, особенно детского, заметно выше, чем определяет ВОЗ.

На материалах заболеваемости детского населения в бассейне р. Волги, осредненных за шесть лет, показано, что около 35% вариации заболеваемости болезнями органов дыхания и пищеварения, уха, а также около 30% вариации заболеваемости болезнями системы кровообращения и всей первичной детской заболеваемости обусловлено исключительно вариабельностью загрязнения природной среды по территории бассейна.

Финансирование: *Работа выполнена в рамках темы № FMWZ-2025-0002 Государственного задания ИВП РАН, государственная регистрация № 125030703344-8*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральная служба государственной статистики: сайт. URL: https://www.rosstat.gov.ru/ (дата обращения: 20.04.2026).

2. Реформа ЖКХ: автоматизированная информационная система: сайт. URL: https://ais.reformagkx.ru (дата обращения: 20.04.2026).

3. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения. URL: https://rospotrebnadzor.ru (дата обращения: 20.04.2026).

4. Информация об охране атмосферного воздуха: сайт. URL: https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/air-protect/ (дата обращения: 20.04.2026).

5. Здравоохранение в России: электронные версии: приложение к сборнику (информация в разрезе субъектов Российской Федерации): сайт. URL: https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13218 (дата обращения: 20.04.2026).

6. Демин А.П. Методы расчета интегральных показателей обеспеченности сельского хозяйства природными ресурсами // География и природные ресурсы. 1992. № 4. С. 151-159.

© Демин А.П., 2026

УДК 543.63.

Абдуназаров Ф.А.[1], Абдуназаров А.А.[2]

[1]Наманганский государственный технический университет, г. Наманган, Узбекистан.

[2]Наманганский государственный педагогический институт, г. Наманган, Узбекистан.

e-mail: faxriddin.abdunazarov@bk.ru

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗА (III) В СОСТАВЕ ШПИНАТА

Аннотация. В данной статье рассматривается определение содержания ионов железа (III) в листьях шпината (*Spinacia oleracea*) методом современной спектрофотометрии в ультрафиолетовой и видимой областях (UV-Vis).

Исследование проведено с использованием спектрофотометра высокого разрешения PerkinElmer LAMBDA 265, оснащенного фотодиодной матрицей (PDA). В качестве комплексообразующего агента применен тиоцианат калия (KSCN), образующий с ионами железа (III) интенсивно окрашенный комплекс. В ходе работы построена калибровочная зависимость, обладающая высокой степенью линейности (R^2=0,9994), что подтверждает достоверность полученных данных согласно закону Бугера-Ламберта-Бера. Экспериментально установлено, что содержание железа в исследуемом образце составило 0,224 мг на 100 г продукта, что значительно ниже средних справочных значений.

Ключевые слова: шпинат (*Spinacia oleracea*), железо (III), спектрофотометрия UV-Vis, тиоцианат калия (KSCN), закон Бугера-Ламберта-Бера, фотодиодная матрица (PDA), микроэлементный состав.

Abdunazarov F.A.[1], Abdunazarov A.A[2]

[1]Namangan State Technical University, Namangan, Uzbekistan.

[2]Namangan State Pedagogical Institute, Namangan, Uzbekistan.

SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF IRON (III) CONTENT IN SPINATE.

Abstract. This article examines the determination of iron (III) ion content in spinach (Spinacia oleracea) leaves using modern spectrophotometry methods in ultraviolet and visible regions (UV-Vis). The study was conducted using a high-resolution PerkinElmer LAMBDA 265 spectrophotometer equipped with a photodiode matrix (PDA). Potassium thiocyanate (KSCN) was used as the complexing agent, forming an intensely colored complex with iron (III) ions. During the work, a calibration dependence with a high degree of linearity (R2=0,9994) was constructed, confirming the reliability of the obtained data according to the Buger-Lambert-Beer law. It was

experimentally established that the iron content in the studied sample was 0,224 mg per 100 g of product, which is significantly lower than the average reference values.
Keywords: spinach (*Spinacia oleracea*), iron (III), UV-Vis spectrophotometry, potassium thiocyanate (KSCN), Buger-Lambert-Beer law, photodiode matrix (PDA), microelement composition.

Введение. Роль микроэлементов, в частности железа (Fe3+), неоценима в поддержании здоровья человека. Железо является основным компонентом гемоглобина в процессе кроветворения и играет важную роль в снабжении тканей кислородом. В то время, когда проблема анемии (малокровия) остается актуальной среди населения мира, исследование растительных продуктов, богатых железом, в том числе шпината (Spinacia oleracea), и точное определение количества ионов металлов в нем имеет большое практическое значение. Хотя шпинат признан месторождением железа в народной медицине и современной диетологии, фактическое содержание железа в нем может варьироваться в зависимости от плодородия почвы, где выращивается растение, и метода анализа. Спектрофотометрический анализ ионов железа (III) позволяет не только контролировать качество продукта, но и оценивать степень сохранности элементного состава в процессах его переработки. Целью исследования является фотометрическое определение содержания железа (Fe3+) в листьях шпината (Spinacia oleracea) с помощью цветного комплекса, образованного с тиоцианатом калия (KSCN). Метод основан на законе Бугера-Ламберта-Бера, используя линейную зависимость между оптической плотностью раствора и концентрацией вещества в нем.

Материалы и методы. Для определения содержания железа (Fe3+) в образцах шпината использовали современный и высокоскоростной метод спектрофотометрии UV-Vis. В исследовании использовался спектрофотометр LAMBDA 265 производства PerkinElmer (США). Уникальность этого устройства

заключается в том, что оно оснащено детектором с фотодиодной матрицей (PDA), который позволяет собирать данные по всему спектру (от 190 нм до 1100 нм) в течение нескольких секунд. Это важно для поддержания стабильности образцов и значительного сокращения времени анализа.При определении ионов железа (Fe3+) обычно измеряют спектр поглощения окрашенных комплексных соединений, образованных такими реагентами, как сульфосалициловая кислота или роданид калия (KSCN).

$$Fe^{3+} + nL \rightarrow (FeL_n)^{3-nx} \quad (1)$$

(Здесь L - комплексообразующий реагент). С помощью LAMBDA 265 была определена максимальная длина волны поглощения (λ-max) этого комплекса и произведены расчеты на основе закона Беера-Ламберта.

В исследовании использовались образцы шпината (Spinacia oleracea). Для химических анализов использовались следующие реагенты:

Спектрофотометр: PerkinElmer LAMBDA 265 (США). Устройство основано на технологии PDA (Photodiode Array) и позволяет измерять оптическую плотность с высокой точностью в широком диапазоне.

Хлорид железа (III) (FeCl3): Для приготовления стандартных рабочих растворов (основной раствор с известной концентрацией).

Тиоцианат калия (KSCN): Реагент, образующий интенсивно красное комплексное соединение [Fe (SCN) n]3-n с ионами железа (III).

Соляная кислота (HCl): Для поддержания кислотности среды и предотвращения гидролиза ионов железа.

Аналитические весы: Для взвешивания образцов и реактивов использовались электронные весы с точностью до ±0.01 г.

10 г листьев шпината высушивали и сжигали до зольности. Образовавшуюся золу обрабатывали 10,0 мл раствора HCl и 10,0 мл раствора KSCN. Смесь фильтровали и измеряли оптическую плотность полученного

фильтрата (общий объем V=20 мл). Данные, полученные с помощью стандартных растворов, приведены в таблице 1.

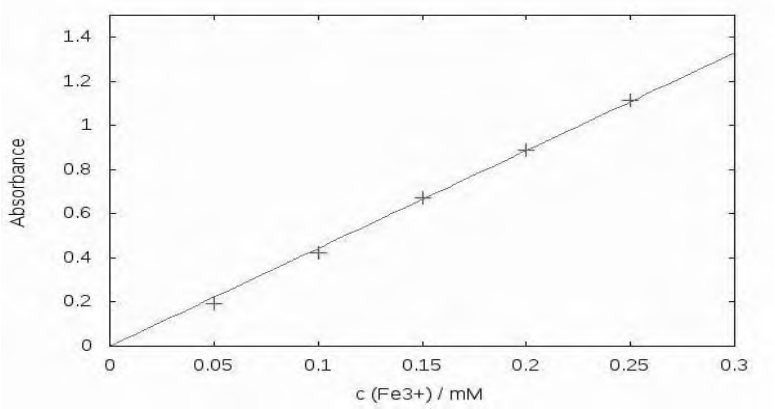


Рис. 1. Точность калибровочного графика R=0.9994

Уравнение регрессии методом наименьших квадратов было определено следующим образом:

y = 4608 x - 0,0322

Здесь R2=0,9994, что указывает на высокую точность экспериментальных результатов. Измеренная оптическая плотность экстракта шпината Анапроба = 0,015. Концентрация железа (x) в образце была рассчитана с использованием уравнения регрессии для определения концентрации.

0,015 = 4608 x - 0,0322

4608x = 0,015 + 0,0322

$$X = \frac{0.0472}{4608} \approx 1.0243 \times 10_{-5}\ \text{mol/l}$$

Для расчета массы железа в образце общий объем экстракта 20 мл = 0,02 л рассчитывали по массе железа в образце ($м_{Fe}$).

$m_{Fe} = c \cdot V \cdot M_{Fe}$

$m_{Fe} = 1{,}0243 \cdot 10^{-5}\text{mol/L} \cdot 0{,}02\ \text{L} \cdot 55{,}845\ \text{g/mol}$

$m_{Fe} \approx 1{,}144 \cdot 10^{-5}\text{g} = 0{,}01144\ \text{mg}$

Количество железа в 100 г шпината получено из 5,10 г шпината. в пересчете на 100 г продукции:

$$X=\frac{0.01144\ mg\times 100g}{5.10g}\approx 0.244\ mg$$

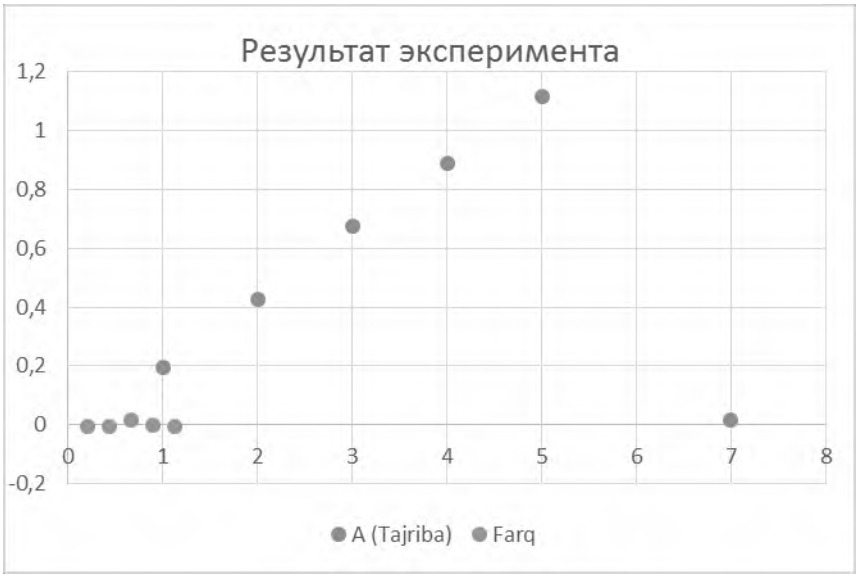


Рис. 2. Результат эксперимента

В исследовании количество железа (III) в шпинате (Spinacia oleracea) было успешно проанализировано с помощью современной спектрофотометрии UV-Vis (PerkinElmer LAMBDA 265). Калибровочный график, построенный на основе оптической плотности окрашенного комплекса, полученного с использованием реактива тиоцианата калия (KSCN), показал высокую степень линейной зависимости ($R^2=0,9994$), что подтверждает точность и надежность использованного метода. Этот показатель оказался примерно в 12 раз ниже по сравнению с международными стандартами (например, 2,7 мг/100 г по данным USDA). Таким образом, спектрофотометрический метод является эффективным средством контроля микроэлементов в пищевых продуктах. Однако результаты исследования показывают, что не все образцы шпината имеют одинаковую биологическую ценность. Это означает, что постоянная проверка качества потребляемых продуктов с помощью лабораторных анализов важна не только с научной, но и с медицинской точки зрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Abdunazarov F., Khudaiberdiev A. Technology for separating powdered materials from petroleum coke using a two-rotor gravity classifier // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 486. P. 01018.

2. Абдуназаров Ф.А. Определение элементного состава нефтяного кокса методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой perkin elmer avio 200 // Universum: химия и биология. 2022. № 11-2 (101). С. 37-43.

3. Абдуназаров Ф.А. Химический анализ состава местного нефтяного кокса и перспективы применения в сфере производства на основе полученных результатов // Импортозамещение, научно-техническая и экономическая безопасность: сборник статей V Международной научно-технической конференции «Минские научные чтения-2022», Минск, 7-9 декабря 2022 г. Минск: БГТУ, 2022. Т. 3. С. 14-21.

4. Абдуназаров Ф.А. Исследование структуры и химического состава нефтяного кокса / Ф.А. Абдуназаров, А.А. Худайбердиев // Интеграция современных физико-химических методов исследования в области науки и производства: материалы конференции, Ташкент, 22-23 сентября 2023 г. Ташкент, 2023. С. 23-25.

5. Абдуназаров Ф. Использование нефтеотходов в производственных помещениях на основании химического состава и выводов элементного анализа / Ф. Абдуназаров // Атроф-мухит мухофазаси ва экологик районлаштириш; муоммо ва ечимлар: Халқаро илмий амалий анжуман, Тошкент, 2023. Тошкент, 2023. С. 738-745.

© Абдуназаров Ф.А., Абдуназаров А.А., 2026

УДК 614.7

Пуряев Р.А.[1], Пуряев А.С.[2]

[1]Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Российская Федерация

[2]Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Набережные Челны, Российская Федерация

e-mail: aidarp@mail.ru

ВОЗДЕЙСТВИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ ЛЮДЕЙ

Аннотация. Существенная доля всех глобальных смертей связана с экологическим ущербом, включая химическое загрязнение, отходы и загрязнение воздуха. В работе были приведены и анализированы результаты исследований влияния окружающей среды на здоровье людей в планетарном масштабе. Анализ шести авторитетных работ международных организаций – Организации Объединенных Наций (ООН), Института влияния на здоровье, Института показателей и оценки состояния здоровья, Альянса по неинфекционным заболеваниям, Европейского агентства по окружающей среде, Всемирной организации здравоохранения – позволил выявить угрозы воздействия окружающей среды, ее возможности и тенденции изменения этого воздействия.

Ключевые слова: климатические изменения, окружающая среда, загрязнение воздуха, химическое загрязнение воды, преждевременная смерть, Nature-based Solutions.

Puryaev R.A.[1], *Puryaev A.S.*[2]

[1]Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russian Federation

[2]Naberezhnochelninsky Institute (branch) Kazan (Volga Region) Federal University, Naberezhnye Chelny, Russian Federation

ENVIRONMENTAL IMPACT ON HUMAN HEALTH

Abstract. A significant proportion of all global deaths are related to environmental damage, including chemical pollution, waste, and air pollution. The paper presents and analyzes the results of studies of the environmental impact on human health on a planetary scale. An analysis of six authoritative works by international organizations – United Nations (UN), Health Effects Institute, Institute for Health Metrics and Evaluation, Non-Communicable Disease Alliance, European Environment Agency, World Health Organizationation – revealed the threats of environmental impact, its capabilities, and trends in changing this impact.

Keywords: climate change, environment, air pollution, chemical water pollution, premature death, Nature-based Solutions.

Введение, литературный обзор. Актуальность темы взаимодействия окружающей среды и здоровья человека в настоящее время достигла беспрецедентного уровня. По данным Всемирной организации здравоохранения, примерно одна четверть всех глобальных смертей связана с экологическим ущербом, включая химическое загрязнение, отходы и загрязнение воздуха [1]. Связь между состоянием окружающей среды и здоровьем населения представляет собой сложную многокомпонентную проблему, находящуюся на стыке экологии, эпидемиологии, экономики и управления. Для современного производственного менеджмента понимание этих взаимосвязей приобретает критическое значение, поскольку экологические факторы становятся не только

вопросом корпоративной социальной ответственности, но и фактором прямого экономического воздействия через потери производительности, рост затрат на здравоохранение и нарушения в цепочках поставок [2].

Настоящий материал ставит своей целью систематизировать современные научные данные о возможностях, угрозах и тенденциях воздействия окружающей среды на здоровье людей, а также выявить основные методы противодействия негативным экологическим факторам. Для достижения этой цели был проведён анализ шести ключевых зарубежных источников, опубликованных преимущественно в 2025-2026 годах и отражающих наиболее актуальное состояние исследований в данной области.

Ежегодный доклад, подготовленный при сотрудничестве 128 ведущих экспертов из 71 академического учреждения и агентств ООН, представляет собой наиболее авторитетный источник данных о воздействии изменения климата на здоровье населения [1]. В 2025 году отмечено, что 12 из 20 ключевых индикаторов отслеживания угроз здоровью достигли рекордных уровней. Доклад показывает, что бездействие в области климата уже сейчас уносит миллионы жизней, создаёт нагрузку на системы здравоохранения и подрывает экономики. Особое внимание уделяется взаимосвязи между ископаемым топливом, загрязнением воздуха и смертностью, а также возможностям, которые открывает переход к чистой энергетике [1].

Седьмое издание глобальной экологической перспективы (GEO-7), опубликованное Программой ООН по окружающей среде в декабре 2025 года, представляет собой комплексную оценку состояния окружающей среды в планетарном масштабе. Доклад констатирует, что 99% населения мира подвергается воздействию вредного загрязнения воздуха, а загрязнение окружающей среды является крупнейшим в мире фактором риска заболеваний и преждевременной смерти – 9 миллионов человеческих смертей ежегодно связано с той или иной формой загрязнения [2]. GEO-7 подчёркивает, что более 90%

смертей, связанных с загрязнением, происходят в странах с низким и средним уровнем дохода, что указывает на выраженное экологическое неравенство [2].

Шестое издание доклада, подготовленного Институтом влияния на здоровья в сотрудничестве с Институтом показателей и оценки состояния здоровья, а также с Альянсом по неинфекционным заболеваниям, посвящено анализу воздействия загрязнения воздуха на здоровье [3]. Согласно докладу, загрязнение воздуха остаётся ведущим экологическим фактором риска смерти в мире, что приведет к 7,9 миллионам смертей в 2023 году. Впервые в доклад включены данные о влиянии загрязнения воздуха на деменцию (в 2023 году деменция, связанная с загрязнением воздуха, привела к более, чем 625 000 смертей). Доклад также отмечает, что 86% смертей от загрязнения воздуха (6,8 миллиона) приходится на неинфекционные заболевания [3].

Европейское агентство по окружающей среде (*European Environment Agency, EEA*) представляет оценку бремени болезней, которые связаны с загрязнением окружающей среды [4]. По данным 2023 года около 95% городского населения Евросюза подвергается воздействию концентрации загрязняющих веществ, которые выше рекомендуемых Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ). Если сократить загрязнение воздуха до целевого уровня ВОЗ, то это позволило бы существенно сократить смертность. Смертность, связанная с воздействием твердых частиц PM2,5 – на 182000. На 63000 связанных с озоном, на 34000 – с воздействием диоксида азота (NO_2). Исследования доказывают, что загрязнение воздуха с высокой вероятностью может вызвать деменцию [4], что является обременительным фактором, влияющим на здоровье человека.

Совместный доклад Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН и Всемирной организации здравоохранения, посвящённый рискам химического загрязнения воды, используемой в сельском хозяйстве [5] подчёркивает, что многие химические загрязнители в источниках воды для

агропродовольственных систем не имеют руководящих принципов управления рисками для безопасности пищевых продуктов, что представляет собой критический пробел, требующий безотлагательного внимания [5]. Доклад призывает к усилению межсекторального сотрудничества в рамках подхода «Единое здоровье» [5].

Доклад Всемирной организации здравоохранения, посвящённый природным решениям (Nature-based Solutions, NbS) как инструменту улучшения здоровья населения [6] показывает, что NbS могут приносить разнообразные преимущества для здоровья, включая улучшение качества воздуха, почвы и воды, профилактику рисков заболеваний, улучшение психического благополучия, повышение физической активности и социальную сплочённость. Доклад представляет NbS как низкорисковые, экономически эффективные и масштабируемые вмешательства [6].

Представленные отчеты охватывают различные аспекты проблемы – от глобальных климатических изменений до локальных решений на основе природных экосистем. В разделе «Результаты исследования» представлены выявленные современные возможности и угрозы в сфере влияния окружающей на здоровье человека.

Методы исследования. Ниже представлены наиболее распространённые методы исследования, которые применяются в науке для изучения воздействия окружающей среды на здоровье людей:

1. Индикаторный подход и мониторинг ключевых показателей. В источнике [1] используют систему из более пятидесяти индикаторов, сгруппированных в пять тематических блоков. Они отслеживают как прямые последствия изменения климата для здоровья (тепловая смертность, инфекционные заболевания, продовольственная безопасность), так и меры адаптации и смягчения последствий.

2. Оценка обременения болезней (Disease burden Assessment). EEA 2025 и SoGA 2025 активно используют методологию DALY (Disability-adjusted life years). Расчет комплексного показателя, объединяющего годы жизни с инвалидностью и годы потерянной жизни [3,4]. Этот метод позволяет количественно оценить как смертность, так и заболеваемость, связанные с экологическими факторами, что даёт возможность сравнивать обременение различных заболеваний и факторов риска.

3. Эпидемиологические модели исследования с последующим анализом по формуле «воздействие-реакция» [3,4].

4. Экономический анализ и оценка издержек. Оценивается последствия воздействия окружающей среды на здоровье людей для экономики территории (региона) [1]. В частности оценивается снижение производительности труда, стоимость преждевременной смерти. Например, в 2024 году оценили потерю в 640 миллиардов потенциальных рабочих часов, что аналогично потерям производительности в один триллион долларов США.

5. Дистанционное зондирование и геопространственный анализ. Отчеты «Глобальная экологическая перспектива (GEO-7)» [2] и «Состояние глобального воздуха к 2025 году» [3] часто используют спутниковые данные для оценки распределения загрязнителей по планете. Спутниковые измерения SO_2, CH_4 и других газов позволяют отслеживать трансграничный перенос загрязнений и выявлять регионы с критическими уровнями экспозиции.

Результаты исследования. На основе анализа представленных источников можно сформулировать следующие ключевые результаты, отражающие современные угрозы, возможности и методы противодействия влиянию окружающей среды на здоровье людей.

1. Угрозы влияния окружающей среды на здоровье людей

Загрязнение воздуха как ведущий фактор смертности. Загрязнение воздуха остаётся крупнейшим экологическим фактором риска смерти в мире, это

привело к 7,9 миллионам смертей в 2023 году [3]. Из них 6,8 миллиона (86%) смертей от загрязнения воздуха приходится на неинфекционные заболевания, включая болезни сердца, инсульт, рак лёгких, хроническую обструктивную болезнь лёгких и деменцию. При этом 99% населения мира подвергается воздействию вредных уровней загрязнения воздуха [2].

Тепловой стресс и изменение климата. Темпы тепловой смертности выросли на 23% с 1990-х годов, достигнув в среднем 546 000 смертей в год [1]. В 2024 году средний человек был подвержен воздействию опасной жары в течение дополнительных 16 дней, непосредственно связанных с изменением климата. Дети в возрасте до одного года и пожилые люди старше 65 лет подвергались воздействию более 20 дней тепловых волн на человека. Это четырёхкратное увеличение по сравнению с двадцатью годами ранее.

Химическое загрязнение. Химическое загрязнение представляет серьёзную угрозу. Воздействие эндокринных разрушителей в пластике связано с раком, нейроразвитийным ущербом и бесплодием [2]. Воздействие свинца остаётся глобальной угрозой здоровью, связанной с примерно 1,5 миллионами смертей ежегодно, главным образом от сердечно-сосудистых заболеваний. Ежегодно 13 миллионов смертей связаны с предотвратимыми экологическими факторами риска [1].

Продовольственная небезопасность и качество воды. Засухи и тепловые волны в 2023 году привели к дополнительным 124 миллионам человек, столкнувшихся с умеренной или острой продовольственной небезопасностью [1]. Четверть населения мира по-прежнему не имеет доступа к безопасной питьевой воде. Многие химические загрязнители в источниках воды для агропродовольственных систем не имеют руководящих принципов управления рисками [2, 5].

2. Возможности влияния окружающей среды

Переход к чистой энергетике. Отказ от ископаемого топлива и переход на возобновляемые источники энергии являются серьезным рычагом замедления изменения климата и защиты здоровья. Возобновляемая энергетика достигла рекордных 12% мирового производства электроэнергии, создав 16 миллионов рабочих мест по всему миру [1]. В период с 2010 по 2022 год ежегодно предотвращалось около 160 000 преждевременных смертей только за счёт сокращения загрязнения воздуха от угля [1].

Переход к устойчивым сельскохозяйственным системам позволил бы сократить загрязнение, парниковые газы и вырубку лесов, потенциально спасая более 10 миллионов жизней в год [1].

Природные решения для здоровья. Природные решения (NbS) обеспечивают комплексные выгоды для здоровья, включая улучшение качества воздуха, почвы и воды, профилактику инфекционных и неинфекционных заболеваний, улучшение психического благополучия и повышение физической активности. NbS являются низкорисковыми, экономически эффективными и масштабируемыми вмешательствами [6].

Сильные экологические политики как фактор улучшения здоровья могли бы добавить триллионы к глобальному ВВП, предотвратить миллионы смертей и помочь поднять сотни миллионов людей из бедности и голода [2].

3. Методы препятствования влиянию окружающей среды на здоровье

Мониторинг и раннее предупреждение. Расширение систем мониторинга качества воздуха, воды и почвы с использованием спутниковых данных и наземных станций [1,2]. Международная программа по метану UNEP обнаружила утечки метана в 36 странах, а оповещения правительств привели к устранению по меньшей мере 19 утечек.

Снижение выбросов и переход на чистую энергию. Сокращение выбросов загрязнителей воздуха и парниковых газов путём перехода на возобновляемые источники энергии и повышения энергоэффективности [1,3]. Снижение

загрязнения воздуха до уровня целевых показателей ВОЗ позволило бы предотвратить 182 000 смертей, связанных с воздействием PM2,5, только в ЕС в 2023 году [4].

Адаптация систем здравоохранения. В 2024 году две трети студентов-медиков получили образование в области климата и здоровья [1]. Почти все отчитывающиеся города (834 из 858) завершили или планируют завершить оценку климатических рисков для здоровья.

Регулирование химических веществ. Создание Межправительственной научно-политической панели по химическим веществам, отходам и загрязнению (ISP-CWP) для предоставления политикам независимых научных данных [2]. Усиление межсекторального сотрудничества в рамках подхода «Единое здоровье» [5].

Природные решения и зелёная инфраструктура в городском планировании и управлении водными ресурсами [6].

Дискуссия и заключение. Анализ представленных источников позволяет выделить несколько ключевых тенденций, которые будут определять влияние окружающей среды на здоровье людей в ближайшем будущем.

1. Наблюдается конвергенция экологических кризисов. Изменение климата, загрязнение воздуха, химическое загрязнение, утрата биоразнообразия усиливают друг друга, создавая системные эффекты, усугубляющие последствия для здоровья.

2. Переход на чистую энергетику, здоровые диеты, природные решения сдерживается политической инерцией и экономическими интересами. В 2023 году правительства потратили 956 миллиардов долларов на чистые субсидии на ископаемое топливо. Это более чем в три раза больше годовой суммы, обещанной для поддержки климатически уязвимых стран [1].

3. Климатическая политика становится политикой здравоохранения. И понимание этой концепции набирает обороты, что открывает новые возможности для взаимного сотрудничества.

4. Усиливается экологическое неравенство – обременение экологических угроз непропорционально ложится на страны с низким и средним уровнем дохода и уязвимые группы населения. Около 95% городского населения Евросоюза по-прежнему подвергается воздействию концентраций загрязняющих веществ выше рекомендаций ВОЗ.

Выводы. Воздействие окружающей среды на здоровье людей достигло критического уровня. Загрязнение воздуха является крупнейшим экологическим фактором риска смерти. Изменение климата усиливает тепловую смертность и ухудшает продовольственную безопасность, химическое загрязнение создаёт новые риски для здоровья. Ключевыми методами противодействия являются расширение мониторинга, снижение выбросов, адаптация систем здравоохранения, регулирование химических веществ и внедрение природных решений. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку интегрированных подходов, учитывающих системные эффекты различных экологических факторов и направленных на снижение экологического неравенства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Romanello M. et al. The 2025 report of the Lancet Countdown on health and climate change: climate change action offers a lifeline / M. Romanello [et al.] // Lancet. 2025. Vol. 406, № 10521. P. 2804-2857.

2. United Nations Environment Programme. Outcome Document of the Third Ad-Hoc Open-Ended Meeting of the Seventh Edition of UNEP’s Global Environment Outlook (GEO-7): GEO-7 Summary for Policymakers (SPM) Review and Approval

Meeting [Electronic resource] / United Nations Environment Programme. 2025. P. 1-12. URL: https://clck.ru/3TBoaj (дата обращения: 18.04.2026).

3. Health Effects Institute. State of Global Air 2025: A Report on Air Pollution and Its Role in the World's Leading Causes of Death [Electronic resource]. Boston, MA: Health Effects Institute, 2025. P. 1–42. URL: https://clck.ru/3TC2yo (дата обращения: 18.04.2026).

4. European Environment Agency. Harm to human health from air pollution in Europe: burden of disease status, 2025 [Electronic resource] // EEA Report. 2025. URL: https://clck.ru/3TBpUh (дата обращения: 19.04.2026).

5. WHO&FAO. Prioritizing food safety issues related to chemical water quality in agrifood systems [Electronic resource] // Food Safety and Quality Series, No. 31. Rome, 2025. P. 1–274. URL: https://clck.ru/3TBzwC (дата обращения: 20.04.2026).

6. WHO. Nature-based solutions and health [Electronic resource]. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2025. URL: https://clck.ru/3TBqKy (дата обращения: 20.04.2026).

© Пуряев Р.А., Пуряев А.С., 2026

УДК 614.84

Кондашов А.А., Удавцова, Е.Ю., Бобринев Е.В.
ФГБУ ВНИИПО МЧС России, г. Балашиха, Российская Федерация
e-mail: otdel_1_3@mail.ru

ВОЗДЕЙСТВИЕ ШУМА И ВИБРАЦИИ НА ЧЕЛОВЕКА

Аннотация. Рассмотрены реакция человека на шумовые и вибрационные раздражители. Показано, что шумовое загрязнение оказывает целый ряд неблагоприятных воздействий на организм человека, особенно на сердечно-сосудистую систему, приводя к повышению артериального давления и

концентрации гормонов стресса в крови. Воздействие вибрации на организм может варьироваться от легкой тошноты до тяжелых симптомов и физических проблем, таких как сосудистые спазмы, боли в спине, шее, груди, желудке, судороги, одышка.

Ключевые слова: здоровье, экологические риски, шум, вибрация, травма.

Kondashov A.A., Udavtsova E.Yu., Bobrinev E.V.
FGBU VNIIPO EMERCOM of Russia, Balashikha, Russian Federation

EFFECTS OF NOISE AND VIBRATION ON HUMAN BEINGS

Abstract. The article examines the human response to noise and vibration stimuli. It shows that noise pollution has a range of adverse effects on the human body, particularly on the cardiovascular system, leading to increased blood pressure and stress hormone concentrations. The effects of vibration on the body can range from mild nausea to severe symptoms and physical problems, such as vascular spasms, back, neck, chest, and stomach pain, cramps, and shortness of breath.

Keywords: health, environmental risks, noise, vibration, and injury.

Человеческое тело представляет собой сложную биомеханическую структуру, и состоит из различных тканей, органов и связок, которые по-разному реагируют на шум и вибрационные раздражители.

Важно учитывать, что реакция человека на раздражители может быть механической, сенсомоторной, физиологической и/или психологической, в зависимости от биомеханических характеристик тела и шумового и вибрационного раздражителя.

По данным Всемирной организации здравоохранения, шум является одним из основных экологических рисков для здоровья. В отличие от ряда других

факторов экологического стресса, шумовое загрязнение, особенно в городской среде, по-прежнему растет. Характеристики жилищных условий, такие как тип дома, тип района и необходимость ремонта, оказываются наиболее сильными факторами, влияющими на воспринимаемое воздействие шума и загрязнения воздуха. В исследованиях для оценки психосоциального и физиологического воздействия экологических факторов на здоровье человека относительно мало внимания уделяется шуму окружающей среды. Шумовое загрязнение – распространённая проблема общественного здравоохранения, которая часто игнорируется. Данные показывают, что шумовое загрязнение оказывает целый ряд неблагоприятных воздействий на организм человека, особенно на сердечно-сосудистую систему, приводя к повышению артериального давления и концентрации гормонов стресса в крови. В серьезных случаях шум увеличивает риск ишемической болезни сердца, инфаркт миокарда, инсульта и других сердечно-сосудистых заболеваний [1].

Важными источниками гетерогенности пострадавших от шума были возраст, пол и минимальный стаж проживания изучаемой популяции.

Предполагается, что воздействие шума на здоровье происходит по нескольким механизмам. Воздействие шума может влиять на вегетативную нервную систему, вызывая увеличение частоты сердечных сокращений, артериального давления и концентрации норадреналина, гормона стресса. Потеря слуха, вызванная шумом, определяется воздействием шума и событиями, происходившими на протяжении всей жизни; она может затронуть все возрастные группы [2].

Шум от железных дорог также вызывает беспокойство. Продемонстрировано и экспериментально доказано, что шум и вибрация грузовых поездов в ночное время могут ускорять сердцебиение во время сна, что, в свою очередь, может быть связано с сердечно-сосудистыми заболеваниями. При этом отмечено, что шум во время сна был связан с несколько более

выраженным ускорением сердечного ритма у мужчин по сравнению с женщинами [3].

Промышленный шум присутствует во всех отраслях промышленности и оказывает негативное воздействие на работу различных видов оборудования. Некоторые машины, особенно менее технологичные, производят чрезмерный шум, превышающий допустимые уровни. Этот тип шума нарушает условия жизни людей и препятствует повышению производительности труда и улучшению здоровья работников. Другими словами, если работник вынужден работать в шумной среде, его производительность снижается из-за психофизиологических последствий, начиная от простого раздражения и заканчивая потерей слуха. Поскольку человек обладает высокой способностью адаптироваться к различным условиям окружающей среды, усталость и истощение энергии могут возникать незаметно для него, истощая пределы его сопротивляемости. Но шум влияет не только на физическую сферу; его воздействие на интеллектуальную сферу, особенно на концентрацию внимания, снижает работоспособность человека как в интеллектуальном, так и в физическом плане. Профессиональная потеря слуха – наиболее известное последствие чрезмерного шума для человека. Ее возникновение зависит от индивидуальных особенностей, окружающей среды и источника шума [1].

Усилия по снижению воздействия шума в конечном итоге будут вознаграждены уменьшением уровня раздражения, улучшением условий обучения для детей, улучшением сна, снижением распространенности сердечно-сосудистых заболеваний и, в случае воздействия шума в больницах, улучшением результатов лечения пациентов и сокращением продолжительности пребывания в больнице.

Естественные вибрации в тканях и органах отвечают за различные важные функции, такие как частота сердечных сокращений, перистальтика

пищеварительного тракта, сокращения кровеносных сосудов и мышечные сокращения.

Кроме того, во время различных повседневных действий наш организм подвергается механическим вибрациям внешней среды, которые могут передавать энергию органам и тканям. Вибрация воспринимается вестибулярными аппаратами и сенсорными средствами, в то время как шум воспринимается органами слуха [4].

Морская болезнь возникает в море, в самолете или в наземном транспорте. Вибрация инструментов может привести к повреждению рук, что, в свою очередь, может вызвать неврологические и сосудистые нарушения, модификацию мышечной силы и ловкости рук. Чувствительность к вибрации может быть обусловлена такими факторами, как: осанка, мышечное напряжение и т.д.

Воздействие вибрации всего тела может вызвать проблемы с мышцами. скелетные нарушения, особенно в области шеи и плеч, вследствие работы. При длительном выполнении статичной и монотонной работы может привести к усталости, проблемам опорно-двигательного аппарата на область рук и шейного отдела позвоночника, также могут быть затронуты частота сердечных сокращений и потребление кислорода. Проблемы с позвоночником могут включать грыжи, боли в пояснице и т. д. [5].

Воздействие вибрации на организм может варьироваться от легкой тошноты до тяжелых симптомов и физических проблем, таких как сосудистые спазмы, боли в спине, шее, груди, желудке, судороги, одышка, резонанс в различных частях тела, который проявляется как физический и психологический дискомфорт, усталость, травмы. Изменения в работе сердечно-сосудистой системы проявляются в виде учащения сердечного ритма. Некоторые из этих симптомов обратимы и могут уменьшиться со временем.

Высокочастотные колебания могут вызывать серьезные проблемы со здоровьем, которые можно разделить на следующие категории: физический дискомфорт или психологические факторы; изменения функциональных возможностей; боли в груди и животе, мышечные судороги и затруднение дыхания, обратимые или необратимые травмы. Вибрации, распространяющиеся по всему телу, могут также воздействовать также на нервную систему, препятствовать метаболическим процессам и увеличивать потери энергии. Высокий уровень вибрации может влиять на внутренние органы, в том числе и на зрение, могут произойти серьезные травмы, которые признаются профессиональными заболеваниями.

Эффекты зависят главным образом от частоты, интенсивности и направления колебаний, продолжительности воздействия; поза и часть тела, контактирующая с источником вибрации [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Evidence relating to environmental noise exposure and annoyance, sleep disturbance, cardio-vascular and metabolic health outcomes in the context of IGCB (N): a scoping review of new evidence / I. Van Kamp, S. Simon, H. Notley et al. // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2020. V. 17, I. 9. P. 3016-3036.

2. Associations between hearing impairment and mortality risk in older persons: the Blue Mountains Hearing Study / M.J. Karpa, B. Gopinath, K. Beath et al. // Ann. Epidemiol. 2010. V. 20. P. 452-459.

3. Croy, I. Effects of train noise and vibration on human heart rate during sleep: An experimental study / I. Croy, M.G. Smith, K.P. Waye // British Medical Journal open. 2013. V. 3, I. 5. P. e002655.

4. Королева М.С. Влияние вибрации на человека и методы борьбы с ней / М.С. Королева, А.В. Селезнева // E-Scio. 2022. № 10(73). С. 177-181.

5. Bartel, L. Possible Mechanisms for the Effects of Sound Vibration on Human Health / L. Bartel, A. Mosabbir // Healthcare. 2021. V. 9, P. 597.

6. Issever, H. Vibration and its effects on the body / H. Issever, C. Aksoy, H. Sabuncu, A. Karan // Med. Princ. Pract. 2003. V. 12, I. 1. P. 34-38.

© Кондашов А.А., Удавцова, Е.Ю., Бобринев Е.В., 2026

УДК 665.6:658.382

Абзалилова Я.Р., Кусова И.В.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация

e-mail: yana.abzalilova@bk.ru

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ АППАРАТЧИКА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА

Аннотация. В работе проведен анализ опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте аппаратчика технологических установок нефтеперерабатывающего предприятия. Установлены класс условий труда. Предложены мероприятия по обеспечению безопасных условий труда.

Ключевые слова: охрана труда, нефтеперерабатывающий завод, аппаратчик технологических установок, опасные и вредные производственные факторы, специальная оценка условий труда, технические мероприятия.

Abzalilova Ya.R., Kusova I.V.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

ENSURING SAFE WORKING CONDITIONS AT THE WORKPLACE OF AN APPARATUS OPERATOR OF AN OIL-REFINING PLANT

Abstract. The paper analyzes hazardous and harmful production factors at the workplace of an apparatus operator at a refinery. The class of working conditions is determined. Measures are proposed to ensure safe working conditions.
Keywords: occupational safety, oil refinery, process equipment operator, hazardous and harmful production factors, special assessment of working conditions, and technical measures.

Нефтеперерабатывающая промышленность относится к числу производств с повышенной опасностью, где работники сталкиваются с комплексом неблагоприятных производственных факторов: химическими, термическими, механическими и др. [1]. В настоящее время на нефтеперерабатывающих предприятиях, несмотря на высокий уровень автоматизации, вопросам, связанным с влиянием опасных и вредных производственных факторов на производственный персонал, уделяется недостаточно внимания. Нефтеперерабатывающие производства можно отнести к категории особо опасных, поскольку в большинстве случаев на рабочих местах наблюдаются превышенные уровни шума, загазованность воздуха рабочей зоны, высокие температуры [2, 3]. По данным статистики, производственный травматизм на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) остается серьезной проблемой, а последствия аварий и инцидентов часто носят тяжелый или смертельный характер.

На основании вышеизложенного, рассмотрение данной темы является актуальным.

Целью данной работы является обеспечение безопасных условий труда на рабочем месте аппаратчика технологических установок нефтеперерабатывающего предприятия.

Аппаратчик технологических установок – это специалист, обеспечивающий контроль и управление процессом переработки нефти. Характер выполняемых работ включает наблюдение за параметрами технологического процесса по показаниям приборов и мониторам автоматизированной системы управления; ведение оперативной документации; выполнение обходов и осмотров технологического оборудования; контроль герметичности соединений; участие в пусковых и остановочных операциях; выполнение действий по локализации отклонений от нормального режима работы [1].

Источником вредных веществ на рабочем месте аппаратчика является технологическое оборудование – реакторы, колонны, насосы, теплообменники, печи, фланцевые соединения и трубопроводы, по которым транспортируются нефть и нефтепродукты. В воздух рабочей зоны могут выделяться пары углеводородов (метан, пропан, бензол, толуол), сероводород и оксид углерода [2].

Источником производственного шума на рабочем месте аппаратчика являются насосные агрегаты, компрессорные установки, вентиляционные системы, а также работа печей и другого динамического оборудования [3].

Источником неблагоприятного микроклимата на рабочем месте аппаратчика являются технологические печи, реакторы, теплообменники, трубопроводы с высокотемпературными средами [2].

Причинами недостаточного освещения на рабочем месте аппаратчика является недостаточное количество светильников с лампами искусственного освещения и их неверное размещение [4].

Источником опасности поражения электрическим током на рабочем месте аппаратчика является электрооборудование: пульты управления, контрольно-измерительные приборы, осветительные установки, электродвигатели насосов и компрессоров.

Факторы трудового процесса включают физические и психоэмоциональные нагрузки. Аппаратчик выполняет работу в положении сидя у пульта управления и стоя при обходах оборудования, совершает перемещения по технологической площадке, выполняет наклоны корпуса. Напряженность труда определяется необходимостью постоянного контроля параметров технологического процесса, высокой ответственностью за безаварийную работу оборудования, потенциальной опасностью производственного процесса, что может привести к развитию профессионального стресса, утомления и снижению внимания [1].

Проведена оценка условий труда по степени вредности и/или опасности факторов производственной среды и трудового процесса. Установлено, что рабочее место аппаратчика технологических установок нефтеперерабатывающего предприятия соответствует классу 3.2 (вредные условия труда второй степени). Это означает, что уровни воздействия производственных факторов превышают гигиенические нормативы и способны привести к возникновению и развитию начальных форм профессиональных заболеваний без потери профессиональной трудоспособности. Данный класс условий труда требует особого внимания со стороны отдела охраны труда.

Следовательно, необходимо разработать мероприятия по снижению опасных и вредных производственных факторов, действующих на аппаратчика технологических установок нефтеперерабатывающего предприятия.

Для защиты производственного персонала от воздействия вредных веществ необходимо использовать надежную герметизацию оборудования, которая исключает попадание вредных веществ в воздух рабочей зоны или значительно снижает их концентрацию. Также необходимо обеспечить работников эффективными средствами индивидуальной защиты органов дыхания – фильтрующими респираторами для защиты от паров органических веществ, а в зонах возможного выделения сероводорода – изолирующими средствами защиты.

Снизить уровень шума на рабочем месте аппаратчика нефтеперерабатывающего завода можно с помощью установки акустических экранов у насосных агрегатов и применения звукоизолирующей облицовки ограждающих конструкций [3]. В рамках данной работы выполнен расчёт эффективности установки звукоизолирующей облицовки. Результаты расчёта показали, что применение минераловатных плит толщиной 50 мм с открытой поверхностью (коэффициент звукопоглощения 0,65) на ограждающей стене со стороны размещения источников шума позволит снизить уровень шума в операторной на 10,3 дБА (с 69 дБА до 58,7 дБА), что соответствует нормативному значению 60 дБА, установленному СанПиН 1.2.3685-21 и СП 51.13330.2011 [2, 3]. Для защиты аппаратчика от шума при обходе технологического оборудования (уровень шума 87 дБА) он должен обеспечиваться противошумными наушниками с SNR 27 дБ, что позволит снизить уровень шума до 63 дБА.

Для нормализации параметров микроклимата необходимо обеспечить эффективную работу систем вентиляции и кондиционирования воздуха в операторных, предусмотреть экранирование источников теплового излучения, организовать регламентированные перерывы для отдыха в помещениях с комфортными параметрами микроклимата, обеспечить аппаратчика средствами индивидуальной защиты от повышенных температур [2].

Мероприятия по улучшению условий труда аппаратчика в части освещения предусматривают установку светодиодных светильников с достаточным световым потоком в системе общего освещения, установку дополнительных светильников местного освещения рабочей поверхности пульта управления, также предлагается улучшить цветовое оформление интерьера помещения (используя более светлые оттенки) для повышения коэффициентов отражения имеющихся материалов поверхностей [4].

Защита аппаратчика от опасности поражения электрическим током достигается путём обеспечения исправности электрооборудования, применения защитного заземления или автоматического отключения питания (в соответствии с требованиями ПУЭ и Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок), использования средств индивидуальной защиты (диэлектрические перчатки, галоши, инструмент с изолирующими рукоятками), а также проведения инструктажей и проверки знаний по электробезопасности.

Для снижения негативного влияния факторов трудового процесса необходимо обеспечить рациональную организацию режимов труда и отдыха, предусмотреть регламентированные перерывы, оптимизировать маршруты технологических обходов для снижения физической нагрузки, организовать комнаты психологической разгрузки [1].

Таким образом, проведен комплексный анализ условий труда аппаратчика НПЗ, идентифицированы ключевые опасные факторы, среди которых повышенный уровень шума, загазованность воздуха рабочей зоны, неблагоприятный микроклимат и недостаточная освещенность. По результатам специальной оценки условий труда рабочему месту присвоен класс 3.2, что подтверждает необходимость разработки и внедрения эффективных защитных мер. Предложен комплекс мероприятий, реализация которых позволит снизить класс условий труда до допустимого, минимизировать профессиональные риски

и обеспечить безопасность трудового процесса аппаратчика технологических установок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каракеян В.Э. Безопасность жизнедеятельности: учебник и практикум для вузов / В.Э. Каракеян, И.М. Никулина. Москва: Юрайт, 2023. 395 с.
2. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»: утвержден постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2. Москва, 2021.
3. СП 51.13330.2011 «Защита от шума»: актуализированная редакция СНиП 23-03-2003: утвержден приказом Минрегиона России от 28.12.2010 № 825. Москва: Стандартинформ, 2011.
4. СП 52.13330.2016 «Свод правил. Естественное и искусственное освещение»: актуализированная редакция СНиП 23-05-95*: утвержден приказом Минстроя России от 07.11.2016 № 777/пр. Москва: Стандартинформ, 2017.
5. О специальной оценке условий труда: федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ в ред. от 14.07.2022. Москва: Кодекс, 2022.
6. Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда: приказ Минтруда России от 21.11.2023 № 817н. Москва, 2023.

© Абзалилова Я.Р., Кусова И.В.,2026

УДК 504.054

Бобринев Е.В., Кондашов А.А., Удавцова Е.Ю.
ФГБУ ВНИИПО МЧС России, г. Балашиха, Российская Федерация
e-mail: otdel_1_3@mail.ru

ПОВРЕЖДЕНИЕ ЗДОРОВЬЯ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Аннотация. Рассмотрены варианты применения радиационных технологий и реакции человека на ионизирующее излучение. Показано, что ионизирующее излучение может вызывать немедленное повреждение генома клеток путем образования повреждений оснований, одноцепочечных и двухцепочечных разрывов.
Ключевые слова: здоровье, экологические риски, ионизирующее излучение, травма.

Bobrinev E.V., Kondashov A.A., Udavtsova E.Yu.
FGBU VNIIPO EMERCOM of Russia, Balashikha, Russian Federation

HEALTH DAMAGE CAUSED BY IONIZING RADIATION

Abstract. The article discusses the application of radiation technologies and human responses to ionizing radiation. It shows that ionizing radiation can cause immediate damage to the cell genome by forming base damage, single-stranded breaks, and double-stranded breaks.
Keywords: health, environmental risks, ionizing radiation, and trauma.

Радиационные технологии широко применяются в различных отраслях промышленности, особенно в энергетике, транспорте и медицине, но их использование сопряжено с рисками. Радиоактивность может быть вредна для человеческого организма, а ионизирующее излучение широко используется в медицине как для диагностики, так и для терапии.

Существуют два основных биологических эффекта: 1) образование окисляющих свободных радикалов в результате радиолиза воды, что составляет около 60% всех событий, поскольку вода является крупнейшим внутриклеточным компонентом; 2) прямое воздействие на ядро ДНК, составляющее 40% всех событий, вызывающее разрывы в геномной последовательности, что может привести к нарушению ее структуры [1].

Воздействие ионизирующего излучения на клетки может происходить как напрямую, повреждая макромолекулы (ДНК, белки, ферменты и другие), так и косвенно, взаимодействуя с окружающей средой и образуя свободные радикалы. Эти клеточные изменения могут быть восстановлены с помощью ферментов. Если этого не происходит, возникают биохимические повреждения, которые могут привести к таким последствиям, как преждевременная гибель клеток и изменения в процессе деления клеток.

Ионизирующее излучение может вызывать заметные вредные последствия для здоровья, некоторые из которых можно предсказать и количественно оценить с помощью моделей, основанных на эпидемиологических данных. Даже низкие дозы фонового излучения (от земного и космического излучения, вдыхаемого радона и попадания в организм природных радиоизотопов) приводят к неблагоприятным последствиям для здоровья, которые можно измерить в эпидемиологических исследованиях.

Ионизирующее излучение может вызывать немедленное повреждение генома целевых клеток путем образования повреждений оснований, одноцепочечных и двухцепочечных разрывов. Клеточные реакции на

повреждение ДНК, вызванное ионизирующим излучением, включают активацию контрольных точек клеточного цикла, репарацию ДНК и апоптоз клеток [1].

В исследовании [2] сообщается об увеличении числа хромосомных аберраций у работников, подвергавшихся воздействию ионизирующего излучения более 3 лет. Эти аберрации представляют собой разрывы ДНК, являющиеся основными повреждениями, приводящими к их образованию.

Повреждения, вызванные взаимодействием с радиацией, происходят на местном и системном уровнях, сопровождаясь изменениями в ферментах или клетках, что в некоторых случаях приводит к физическим симптомам, таким как тошнота, рвота и диарея после облучения дозой 1-2 грей (Гр); симптомы появляются в течение шести часов. Другим важным биоиндикатором является эритема, которая зависит от типа радиации и состояния кожи; средняя доза для ее появления составляет 6 Гр. Все эти симптомы являются важными биоиндикаторами при расследовании радиационных аварий [3].

Биологические эффекты, вызванные действием ионизирующего излучения, носят детерминированный и стохастический характер. Детерминированные эффекты возникают, когда облучение организма приводит к гибели большего количества клеток, чем организм может компенсировать. Тяжесть повреждений увеличивается с дозой. Повреждения могут быть обратимыми или необратимыми. Их также можно воспринимать как эффекты, для возникновения которых существует пороговое значение поглощенной дозы, и тяжесть которых увеличивается с увеличением дозы. Наиболее частые эффекты: хронический радиодерматит, изменения в количестве лейкоцитов и эритроцитов, васкулит и изменения в репродуктивной системе. В свою очередь, стохастические эффекты возникают, когда облучение человеческого тела, общее или локализованное, приводит к гибели меньшего количества клеток, чем организм может компенсировать. Гибель некоторых клеток может не причинить

никакого вреда, в то время как изменение одной клетки может вызвать рак. Этот тип эффекта носит вероятностный характер. Увеличение дозы повышает вероятность повреждения, а не тяжесть повреждения. Для возникновения таких эффектов не существует пороговой дозы [4].

Стохастические эффекты связаны с модификацией или мутацией клеток. Они характеризуются передачей повреждений в образовавшиеся клетки. Начиная с мутации, рак является наиболее важным из стохастических эффектов и, как правило, может появиться спустя много лет после облучения. Тяжесть биологического ответа не зависит от дозы. Люди, которые восстанавливаются после детерминированных эффектов, не застрахованы от последующего возникновения стохастических эффектов [5].

Ионизирующее излучение является канцерогенной и преимущественно связана с перестройкой хромосом, что может влиять на предрасположенность к раку. Согласно [6] любой сколь угодно малый уровень облучения представляет риск возникновения генетических изменений в половых клетках, которые проявляются у потомков облученного человека. Ответной реакцией организма является активация репаративных и компенсаторно-восстановительных процессов. В процессе восстановления молекул ДНК после облучения некоторые повреждения могут быть полностью исправлены сложными метаболическими и иммунологическими механизмами, в то время как другие могут восстановиться, но с ошибками репарации. Накопленные генетические мутации или нестабильность в молекулярной структуре могут привести к злокачественным заболеваниям спустя несколько лет.

Реакция организма человека на радиацию зависит от таких факторов, как полученная доза, индивидуальные органические особенности, облучаемая область и мощность дозы, а также от других факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ослина Д.С. Передача радиационно-индуцированной геномной нестабильности от облученных родителей потомкам / Д.С. Ослина, В.Л. Рыбкина, Т.В. Азизова // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2022. Т. 67, № 4. С. 10-18.

2. Rozgaj R. The frequency of dicentrics and acentrics and the incidence of rogue cells in radiation workers / R. Rozgaj, V. Kasuba, D. Simić // Mutagenesis. 2002. V. 17, I. 2. P. 135-139.

3. Amaral A. Physical and biological dosimetry for risk perception in radioprotection // Brazilian Archives of Biology and Technology. 2005. V. 48, n. spe 2.

4. Hamada N. Classification of radiation effects for dose limitation purposes: history, current situation and future prospects / N. Hamada, Y. Fujimichi // J. Radiat. Res. 2014. V. 55, I. 4. P. 629-640.

5. Chistiakov D.A. Genetic variations in DNA repair genes, radiosensitivity to cancer and susceptibility to acute tissue reactions in radiotherapy-treated cancer patients / D.A. Chistiakov, N.V. Voronova, P.A. Chistiakov // Acta Oncol. 2008. V. 47, I. 5. P. 809-824.

6. Канцерогенность ионизирующего излучения: Обзор литературы / Е.М. Изтлеуов, М.К. Изтлеуов, А.Е. Елубаева [и др.] // Онкология и радиология Казахстана. 2023. № 4(70). С. 39-45.

© Бобринев Е.В., Кондашов А.А., Удавцова Е.Ю., 2026

УДК 628.87, 355.673.1,

Ибятулина А.А., Шакиров Ф.М.

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

e-mail: Alina.Ibyatulina@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СРЕДЫ УЧЕБНЫХ АУДИТОРИЙ САМАРСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Аннотация. В работе проведён анализ параметров микроклимата и освещения в учебных аудиториях Самарского университета. Исследование сочетало инструментальные замеры и анонимный опрос студентов для оценки соответствия нормативам фактических условий и их влияния на процесс обучения и здоровье студентов. На основе данных сформулированы рекомендации по оптимизации условий.

Ключевые слова: микроклимат, освещение, аудитория, нормативы, проветривание, замеры, рекомендации.

Ibyatulina A.A., Shakirov F.M.

Samara National Research University named after Academician S. P. Korolev, Samara, Russian Federation

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF THE ENVIRONMENT OF SAMARA UNIVERSITY CLASSROOMS

Abstract. The paper analyzes the parameters of the microclimate and lighting in the classrooms of Samara University. The study combined instrumental measurements and an anonymous student survey to assess compliance with the standards of the actual

conditions and their impact on the learning process and student health. Based on the data, recommendations for optimizing conditions are formulated.
Keywords: microclimate, lighting, auditorium, standards, ventilation, measurements, recommendations.

В настоящее время особую важность приобретает контроль параметров среды учебных аудиторий как фактора обеспечения эффективности и безопасности образовательного процесса. Свойства среды аудиторий представляют собой совокупность физических и химических параметров внутреннего пространства помещений, в том числе температуру воздуха (С°), уровень освещённости (лк) и уровень шума (дБА).

Температура воздуха – параметр, напрямую влияющий на самочувствие и когнитивные функции обучающихся. Отклонение от оптимального диапазона приводит к снижению концентрации внимания: при повышенной температуре возникает сонливость и быстрая утомляемость, при пониженной – дискомфорт и отвлечение от учебного процесса. Несоблюдение температурного режима также может провоцировать обострение респираторных заболеваний и снижение иммунитета.

Уровень освещённости определяет нагрузку на зрительный аппарат и общую работоспособность. Недостаточная освещённость вызывает зрительное утомление, головные боли и снижение продуктивности учебной деятельности. Избыточная освещённость или неравномерное распределение света создаёт блики и контрасты, что также негативно сказывается на зрительном комфорте и концентрации. Оптимальная освещённость рабочих поверхностей в учебных аудиториях способствует поддержанию высокой умственной активности в течение всего занятия.

Уровень шума (дБА) существенно влияет на восприятие информации и способность к длительной концентрации. Превышение допустимых уровней

шума затрудняет восприятие речи преподавателя, снижает эффективность усвоения материала и повышает уровень стресса. Постоянный фоновый шум вызывает утомляемость, а резкие звуковые импульсы – кратковременную потерю концентрации. Контроль уровня шума позволяет минимизировать отвлекающие факторы и создать условия для продуктивной учебной работы.

Отклонение указанных параметров от нормативных значений, регламентируемых СанПиН 1.2.3685-21, ведёт к снижению когнитивных способностей и работоспособности обучающихся, повышенной утомляемости, риску развития заболеваний.

Регулярный мониторинг параметров среды позволяет оперативно корректировать условия работы студентов: систем отопления и кондиционирования – для поддержания оптимальной температуры, систем освещения – для обеспечения нормативной освещённости.

Таким образом, целью исследования было установить и оценить параметры микроклимата и освещения в некоторых из аудиторий Самарского университета. Для достижения этой цели были выполнены измерения параметров микроклимата и освещения, анализ собранных данных, проведение опроса среди студентов, сопоставление объективных и субъективных данных, а также разработка рекомендаций.

В рамках исследования проведена оценка параметров освещения и микроклимата в аудиториях Самарского университета, влияющих на продуктивность и комфорт обучающихся. Оптимальные параметры среды – значимый фактор состояния здоровья обучаемых и качества образования.

Анализ условий проводился с учётом их динамики в течение учебного дня и рабочей недели. В лекционных аудиториях Л4 и Л7 выявлено недостаточное проникновение естественного света из-за минимальной площади бокового остекления, что обусловливает необходимость постоянного применения на занятиях дополнительного искусственного освещения. В указанных аудиториях

предусмотрены 9-10 рядов рабочих мест, а общее искусственное освещение создаётся 62-65 светильниками с люминесцентными лампами. В 326 аудитории (14-й корпус) обеспечена возможность проведения занятий при естественном освещении благодаря достаточной площади бокового остекления.

Замеры освещённости и коэффициента пульсации выполнялись люксметром и пульсметром, температуры – термогигрометром. Прибор при замере параметров световой среды устанавливался горизонтально на рабочих местах с учётом смешанного освещения, термогигрометр располагался на уровне размещения рабочих мест.

Измерения проводились в холодный период года во 2-й категории помещений согласно нормативной документации (в связи с характером деятельности – умственный труд, учёба). Сбор данных осуществлялся в течение учебного дня, а также в разные дни рабочей недели для учёта вариативности условий. Полученные результаты сопоставлялись с гигиеническими нормативами, установленными СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Результаты измерений параметров освещения и микроклимата представлены на рис. 1.

	Ряд	Освещенность(лк)	Температура(°C)	Коэффициент пульсации(%)
В аудитории Л4(5 корпуса)	10	950	22,6	1,35
	9	945	22,6	1,14
	8	940	22,5	1,1
	7	930	22,6	0,97
	6	945	22,6	0,94
	5	913	22,4	0,93
	4	886	22,4	0,86
	3	872	22,3	0,89
	2	846	22,2	0,86
	1	830	22,3	0,83
В аудитории Л4(5 корпуса)	9	706	25,4	1,20
	8	702	25,3	1,21
	7	694	25,3	1,00
	6	711	25,0	0,95
	5	731	25,0	0,91
	4	693	24,8	0,87
	3	675	24,7	0,93
	2	630	24,6	0,80
	1	580	24,6	0,92
В аудитории 326(14 корпуса)	1	588	22,0	1,49
	2	630	21,7	1,41
	3	675	21,4	1,44
	4	693	21,5	1,43
	5	731	21,5	1,41
	6	711	21,6	1,42
	7	694	21,8	1,41
	8	702	21,6	1,45
	9	706	21,7	1,46

	Л7 (5к.)	Л4 (5к.)	326 аудитория (14 к.)
Освещенность	$E_{норм}$= 500лк, E_{min}= 580лк, $E_{норм} \leq E_{min}$	$E_{норм}$ = 500лк, E_{min} = 830лк, $E_{норм} \leq E_{min}$	$E_{норм}$ = 500лк, E_{min} = 625лк, $E_{норм} \leq E_{min}$
Результат	Норма	Норма	Норма
Тепловой режим	T_{min}=24.6℃, T_{max}=25.4℃, $T_{норм}$=18-23℃	T_{min}=22.2℃, T_{max}=22.6℃, $T_{норм}$=18-23℃	T_{min}=21.5℃, T_{max}=22.0℃, $T_{норм}$=18-23℃
Результат	Выше нормы	Норма	Норма
Пульсация	$K_{норм}$ = 15%, K_{max} = 1,21% $K_{норм} \geq K_{max}$	$K_{норм}$ = 15%, K_{max} = 1,35% $K_{норм} \geq K_{max}$	$K_{норм}$ = 15%, K_{max} = 1,81% $K_{норм} \geq K_{max}$
Результат	Норма	Норма	Норма

Рис. 1. Результаты измерения освещенности и микроклимата

По результатам анализа установлено, что в середине светового дня уровень смешанного освещения обеспечивает достаточные условия для учебной деятельности.

В аудитории 326 освещённость соответствует нормам ($E_{норм}$ = 500 лк, $E_{мин}$ = 625 лк, $E_{мин} \geq E_{норм}$), распределение света равномерно за счёт расположения рабочих поверхностей на одном уровне. В аудиториях Л4 и Л7 освещённость растёт с приближением к источникам света, оставаясь в пределах нормы ($E_{мин\ Л4}$ = 830 лк, $E_{мин\ Л7}$ = 580 лк при $E_{норм}$ = 500 лк). Измерения выполнены после 15:00. Коэффициент пульсации освещённости во всех аудиториях в допустимых пределах ($K_{норм} \leq 15\%$): 1,35% ($K_{факт1}$), 1,21% ($K_{факт2}$), 1,81% ($K_{факт3}$), что подтверждает отсутствие негативного влияния на зрительный комфорт.

По тепловому режиму: в аудитории 326 температура стабильна с изменением на 0,2 °C при норме $t_{норм}$ =18-23 °C – это указывает на равномерное распределение тепла и эффективное проветривание. В аудитории Л4 колебания температуры составили 0,4 °C, что также соответствует нормам. В аудитории Л7 температура вышла за пределы нормы: на первом ряду – 24,6 °C, на последнем –

25,4 °С (общее изменение – 1 °С), что свидетельствует о неравномерном распределении тепла и недостаточной вентиляции.

В связи с особенностями температурного режима в аудитории Л7 проведено дополнительное исследование его динамики в течение учебного занятия (результат представлен на рис. 2). Начальная температура составила около 22 °С, за первую половину занятия повысилась до 23,1 °С из-за тепловыделения студентов, а при проветривании в течение второй половины снизилась до 19,2 °С. Полученные данные подтверждают важность регулярного проветривания для поддержания оптимальных климатических и газообменных условий, существенно влияющих на работоспособность обучающихся. Установлено, что проветривание целесообразно начинать до начала занятия, что зачастую не осуществляется.

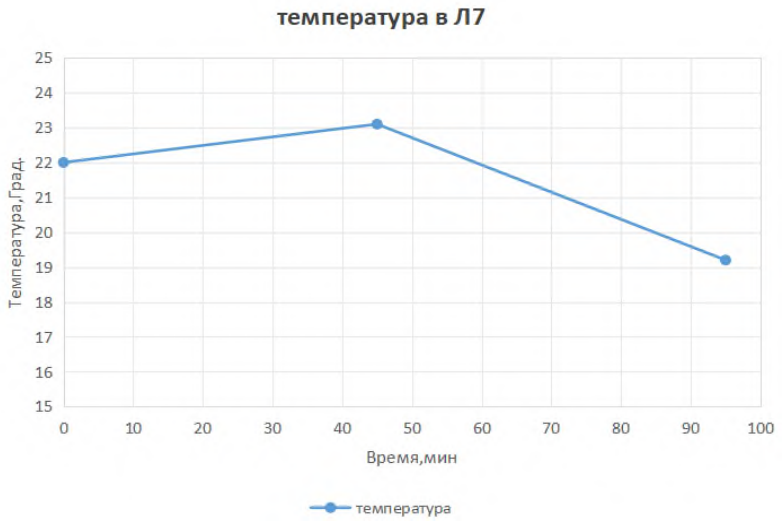


Рис. 2. Дополнительный эксперимент

Проведён анонимный опрос студентов Самарского университета для оценки освещения и микроклимата. Результаты показали, что параметры среды в целом удовлетворяют субъективным требованиям обучающихся.

Сопоставление субъективных оценок с объективными измерениями выявило общее соответствие мнений студентов фактическим параметрам среды. При этом подтверждено соответствие микроклимата нормам в аудиториях 326 и

Л4, тогда как в аудитории Л7 зафиксировано превышение предельно допустимой температуры (25,4 °C). Для оптимизации условий в аудитории Л7 рекомендуется осуществлять её проветривание с контролем температуры (оснастив для этого аудиторию термометром), чтобы обеспечить нормативные тепловые и газообменные параметры.

Частичное рассогласование между субъективными оценками и объективными данными может быть обусловлено тем, что студенты основывают свои впечатления на отдалённых ощущениях (предыдущего семестра прошлого учебного года), в то время как инструментальные измерения отражают актуальные текущие показатели. Это подчёркивает необходимость комплексного подхода – учёта как субъективных, так и объективных данных – при оценке и обеспечении качества учебной среды.

Таким образом, систематический мониторинг параметров среды и регулярные опросы студентов способствуют поддержанию комфортных физиологических условий, повышению эффективности образовательного процесса в учебных аудиториях и снижению рисков негативного влияния внешних условий образовательной деятельности на состояние здоровья обучаемых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». М., 2021.
2. ГОСТ Р 54944-2012 «Здания и сооружения. Методы измерения освещённости». М.: Стандартинформ, 2012.
3. ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях». М.: Стандартинформ, 2012.

4. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*». М., 2017.

5. Руководство Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда». М., 2005.

6. Гигиена и экология человека : учебник / под ред. Н.А. Матвеевой. М.: Академия, 2005. 304 с.

© Ибятулина А.А., Шакиров Ф.М., 2026

УДК 614.7:504.5

Рябова Ю.В. [1], *Дюдьбин О.В.* [2], *Кудояров Э.Р.* [1]

[1]ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека»

[2] ФГБОУ ВО БГАУ Минсельхоза России, г. Уфа, Российская Федерация

e-mail: ryabovayuvl@yandex.ru

КОМБИНИРОВАННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ МИКРОПЛАСТИКА И ПОЛИХЛОРИРОВАННЫХ БИФЕНИЛОВ КАК ФАКТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ

Аннотация. Показано, что микрочастицы полистирола в условиях острой экспозиции вызывают ранний клеточный ответ дыхательных путей без выраженного цитолиза, однако при сочетанном воздействии с полихлорированным бифенилом усиливаются воспалительно-цитотоксические проявления. Полученные данные указывают на роль микропластика как модификатора токсичности липофильных загрязнителей и подчеркивают необходимость учета комбинированных экспозиций при оценке экологического риска для здоровья человека.

Ключевые слова: микропластик, полистирол, полихлорированные бифенилы, комбинированное воздействие, бронхоальвеолярный лаваж, риск для здоровья.

Ryabova Yu.V.[1], *Dyudbin O.V.*[2], *Kudoyarov E.R.*[1]

[1]Ufa Scientific Research Institute of Occupational Medicine and Human Ecology

[2]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Ministry of Agriculture of Russia, Ufa, Russian Federation

COMBINED EFFECTS OF MICROPLASTICS AND POLYCHLORINATED BIPHENYLS AS AN ENVIRONMENTAL RISK FACTOR FOR HEALTH

Abstract. It has been shown that microparticles of polystyrene in conditions of acute exposure cause an early cellular response of the respiratory tract without pronounced cytolysis, however, when combined with polychlorinated biphenyl, inflammatory and cytotoxic manifestations increase. The data obtained indicate the role of microplastics as a modifier of the toxicity of lipophilic pollutants and emphasize the need to take into account combined exposures when assessing environmental risk to human health.

Keywords: microplastics, polystyrene, polychlorinated biphenyls, combined effects, bronchoalveolar lavage, health risk.

Микропластик рассматривается как приоритетный загрязнитель техносферы, однако фактическая база по рискам для здоровья остается неоднозначной: в обзорах ВОЗ отмечается дефицит сопоставимых данных, значимая методологическая разнородность и отсутствие убедительных доказательств специфической токсичности для человека. Одной из причин такой неопределенности является то, что во многих экспериментах микропластик изучается изолированно, тогда как в реальных условиях частицы присутствуют

в воздухе и пыли совместно с другими загрязнителями, включая стойкие органические соединения.

Известно, что липофильные ксенобиотики способны сорбироваться на поверхности полимеров, потенциально меняя локальную биодоступность и профиль токсического эффекта при попадании в живую систему. К числу таких загрязнителей относятся полихлорированные бифенилы (ПХБ): несмотря на международные ограничения, они сохраняются среде обитания, находятся в донных отложениях, мигрируют по трофическим цепям и продолжают выявляться в биоте. Экологически правдоподобным сценарием представляется коэкспозиция микропластика и ПХБ, но экспериментальные модели такого воздействия, особенно на млекопитающих, остаются ограниченными [1,2].

Работа ставила перед собой цель оценить, модифицируют ли частицы полистирола субмикронного диапазона токсическое действие ксенобиотиков в клеточной системе и усиливают ли ранний легочный ответ при комбинированной экспозиции с представителем ПХБ *in vivo*.

На этапе *in vitro* использовали культуру клеток гепатомы мыши МН-22а и МТТ-тест для сравнения жизнеспособности при воздействии частиц полистирола разных размеров в фиксированной доле, изолированно и в сочетании с рядом соединений. На этапе *in vivo* применяли модель интратрахеальной инстилляции у крыс-самок с группами контроля, изолированного воздействия частиц полистирола (300 нм), изолированного воздействия совтола (смесь ПХБ) и их совместного введения. Через 24 часа анализировали бронхоальвеолярную лаважную жидкость (БАЛЖ): общую клеточность, дифференциальный состав (макрофаги, нейтрофилы, лимфоциты) и биохимические маркеры (АЛТ, АСТ, ЩФ, ЛДГ, ГГТП, общий белок).

В экспериментах *in vitro* не выявлено воспроизводимого усиления или ослабления цитотоксичности исследованных соединений в присутствии микрочастиц полистирола: отдельные различия носили нерегулярный характер

и не формировали согласованных трендов по дозе токсиканта или размеру частиц. Эти данные указывают на то, что в упрощенной клеточной системе при выбранных условиях микропластик не проявляет устойчивого векторного эффекта и не является выраженным самостоятельным цитотоксикантом по интегральному показателю метаболической активности.

В модели *in vivo* изолированное введение частиц полистирола размером 300 нм сопровождалось умеренным изменением клеточного профиля БАЛЖ: отмечался нейтрофильно-лимфоцитарный сдвиг при относительном снижении доли макрофагов. По биохимическим показателям существенных признаков массивного цитолиза не выявлено: активность большинства ферментов и концентрация общего белка оставались сопоставимыми с контролем, тогда как щелочная фосфатаза повышалась изолированно. Такая комбинация признаков соответствует паттерну раннего неспецифического ответа дыхательных путей на инертные субмикронные частицы, где преобладают механизмы раздражения и эпителиальной реакции и клеточного рекрутирования без грубого повреждения. Изолированное воздействие ПХБ формировало более выраженный воспалительный профиль, но максимальная максимальная выраженность эффекта зарегистрирована при совместном введении микрочастиц полистирола и ПХБ. В этой группе наблюдались наиболее выраженные изменения клеточности и дифференциального состава БАЛЖ, а среди биохимических маркеров появлялись признаки более глубокого повреждения: возрастала активность ферментов, чувствительных к мембранному и внутриклеточному стрессу (включая ЛДГ и ГГТП), при этом концентрация общего белка оставалась стабильной. Такой профиль указывает на усиление воспалительно-цитотоксических проявлений без признаков грубого нарушения альвеолярно-капиллярного барьера в ранний срок наблюдения.

Полученные результаты демонстрируют, что оценка потенциальных рисков здоровью от воздействия микропластика зависит от сценария

экспозиции: при изолированном воздействии формируется ограниченный ранний ответ, однако при наличии липофильного стойкого загрязнителя в среде обитания и контакта микропластика с ним профиль эффекта смещается в сторону потенцирования. Также выявлено расхождение между результатами *in vitro* и *in vivo,* что свидетельствует о вкладе ткане- и средоспецифических механизмов: депозиция в дыхательных путях, взаимодействие с сурфактантом и вероятное образование белковой короны, фагоцитоз альвеолярными макрофагами и локальная доставка ассоциированного токсиканта[3].

Следует отметить, что используемая модель интратрахеальной инстилляции отражает скрининговый сценарий локальной экспозиции и не предназначена для прямой количественной экстраполяции на ингаляционные воздействия человека. В этом контексте полученные данные следует рассматривать как указание на потенциально уязвимый сценарий коэкспозиции, а именно присутствие липофильных стойких загрязнителей, способных изменять профиль ответа при контакте с полимерными частицами. Для уточнения значимости выявленного эффекта в рамках оценки риска необходимы исследования с реалистичными уровнями воздействия, расширением спектра полимеров и морфологий частиц, а также переход к моделям ингаляционной экспозиции и более длительным срокам наблюдения.

Вместе с тем, в практическом аспекте полученные данные поддерживают необходимость подхода к оценке риска воздействия микропластика на здоровье, основанный не на поиске универсальных механизмов токсичности частиц, а на выявлении условий, при которых они могут выступать как модификаторы действия сопутствующих загрязнителей. Также полученные результаты демонстрируют, что для первичной токсикологической оценки потенциальных неблагоприятных эффектов микропластика в сочетании с иными ксенобиотиками целесообразно использовать комплексный анализ бронхоальвеолярного лаважа, поскольку он рассматриваются как

чувствительный, воспроизводимый скрининговый инструмент раннего воспалительного и повреждающего ответа в экспериментальных моделях [4-6]. Включение подобных исследований в рутинную практику позволяет формировать доказательную базу и, в конечном итоге, уточнять потенциальные риски для здоровья человека в условиях реальных комбинированных экспозиций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hou T., Yu J., Li C., Wang Z., Liu H. Immunotoxicity of microplastics and polychlorinated biphenyls alone or in combination to Crassostrea gigas // Marine Pollution Bulletin. 2024. Vol. 200. P. 116161.
2. Habibullah-Al-Mamun M., Kawser Ahmed M., Saiful Islam M., Tokumura M., Masunaga S. Occurrence, distribution and possible sources of polychlorinated biphenyls (PCBs) in the surface water from the Bay of Bengal coast of Bangladesh // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2019. Vol. 167.
3. Ali I., Tan X., Peng C., Naz I., Zhang Y., Hernández A., Marcos R., Pervez R., Duan Z., Ruan Y. Eco- and bio-corona-based microplastics and nanoplastics complexes in the environment: Modulations in the toxicological behavior of plastic particles and factors affecting // Process Safety and Environmental Protection. 2024. Vol. 187. P. 356–375.
4. Poitout-Belissent F., Grant S.N., Tepper J.S. Aspiration and Inspiration: Using Bronchoalveolar Lavage for Toxicity Assessment // Toxicologic Pathology. 2021. Vol. 49. № 2. P. 386-396.
5. Клинова С.В., Сутункова М.П., Минигалиева И.А., Привалова Л.И., Рябова Ю.В., Бушуева Т.В. Биохимические изменения жидкости бронхоальвеолярного лаважа крыс после однократного интратрахеального введения металлооксидных наночастиц // Медицина труда и экология человека. 2024. № 2 (38). С. 211-221.

6. Вернер А.О., Устинова Т.М., Коньшаков Ю.О., Венгерович Н.Г. Анализ требований к проведению исследований ингаляционной токсичности химических веществ // Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. Регуляторные исследования и экспертиза лекарственных средств. 2024. Т. 14. № 1. С. 110-120.

© Рябова Ю.В., Дюдьбин О.В., Кудояров Э.Р., 2026

УДК 505.054(544.723)

Гайдук Т.Д., Мухаметшина Р.М.
Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Республика Татарстан,
e-mail: tarurosus@vk.com,

ХИМИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПРИДОРОЖНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ВЫБРОСОВ

Аннотация. В работе рассматриваются химические процессы трансформации загрязняющих веществ, формирующихся в результате автотранспортных выбросов, в пределах придорожных экосистем. Проанализированы механизмы миграции и накопления тяжелых металлов, оксидов азота и органический соединений в системе «атмосфера – почва – растительность». Особое внимание уделено окислительно-восстановительным и сорбционным процессам, определяющим устойчивость и подвижность загрязняющих компонентов. Полученные результаты позволяют уточнить характер техногенной нагрузки и определить направления снижения экологических рисков.

Ключевые слова: химия окружающей среды, автотранспортные выбросы, тяжёлые металлы, миграция загрязнителей, придорожные экосистемы.

Gaiduk T.D., Mukhametshina R.M.
Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Republic Tatarstan

CHEMICAL TRANSFORMATION OF POLLUTANTS IN ROADSIDE ECOSYSTEMS UNDER THE INFLUENCE OF VEHICLE EMISSIONS

Abstract. The paper examines the chemical transformation process of pollutants generated by vehicle emissions within roadside ecosystems. Mechanisms of migration and accumulation of heavy metals, nitrogen, oxides, and organic compounds in the «atmosphere – soil – vegetation» systems are analyzed. Particular attention is paid to redox and sorption processes determining the stability and mobility of contaminants. The results contribute to clarifying the nature of technogenic load and identifying directions for reducing environmental risks.
Keyword: environmental chemistry, vehicle emissions, heavy metals, pollutant migration, roadside ecosystems.

Автомобильный транспорт является доминирующим источником антропогенного загрязнения в урбанизированных ландшафтах. Эксплуатация транспортных средств приводит к эмиссии разнообразных химических соединений, включая оксиды азота, оксид углерода, углеводороды, а также аэрозольные частицы и соединения тяжелых металлов [1]. Наиболее выраженное воздействие автотранспортных выбросов отмечается в придорожных экосистемах, где происходит аккумуляция поллютантов.

Эти вещества осаждаются на поверхностях почв и растительности, подвергаясь последующим химическим трансформациям. Особую экологическую значимость имеют тяжелые металлы (свинец, кадмий, медь, цинк), характеризующиеся высокой персистентностью в окружающей среде и способностью к длительному сохранению в почвенном покрове с последующим вовлечением в биогеохимические циклы [2]. Исследование процессов трансформации загрязняющих веществ имеет фундаментальное значение для оценки экологического состояния придорожных территорий и разработки стратегий минимизации негативного влияния автотранспортных эмиссий.

В рамках данного исследования применен аналитический метод заключается в систематизации и изучении научных сведений о влиянии выбросов автотранспорта на различные составляющие окружающей среды. Процесс исследования включал:

- Обзор и анализ научной литературы и экологических исследований.
- Сравнение данных о составе автомобильных выбросов.
- Системное рассмотрение взаимосвязей между атмосферой, почвой и растительностью.

Благодаря этим методам удалось установить основные пути миграции загрязняющих веществ и выявить ключевые факторы, определяющие их химические превращения в придорожных экосистемах [3].

Автомобильные выхлопы – это сложная смесь газов и мелких частиц. Основные вещества, которые содержатся в выхлопных газах, вы можете увидеть в таблице 1.

Таблица 1

Основные загрязняющие вещества автотранспортных выбросов

Загрязняющее вещество	Источник образования	Экологическое воздействие
Оксид углерода (CO)	Неполное сгорание топлива	Токсичное воздействие на живые организмы
Оксид азота (NOx)	Высокотемпературное сгорание топлива	Формирование фотохимического смога
Углеводороды	Испарение неполное сгорание топлива	Образование вторичных загрязнителей
Тяжёлые металлы	Износ деталей транспорта и дорожного покрытия	Накопление в почвах и растительности

Как следует из представленных данных, значительная фракция загрязняющих веществ проявляет высокую реакционную способность, что позволяет им вступать в многочисленные химические взаимодействия в окружающей среде.

Поступление поллютантов в биосферу сопровождается их многообразными физико-химическими трансформациями.

Солнечный свет в тропосфере запускает цепную реакцию, в ходе которой оксиды азота и углеводороды трансформируются в опасные вторичные загрязнители, в том числе приземный озон. Эти загрязнители, достигнув почвы, либо связываются с ее компонентами, либо растворяются, оказывая дальнейшее воздействие. Основные пути миграции загрязняющих веществ в системе «атмосфера-почва-растительность» представлены на рис. 1.

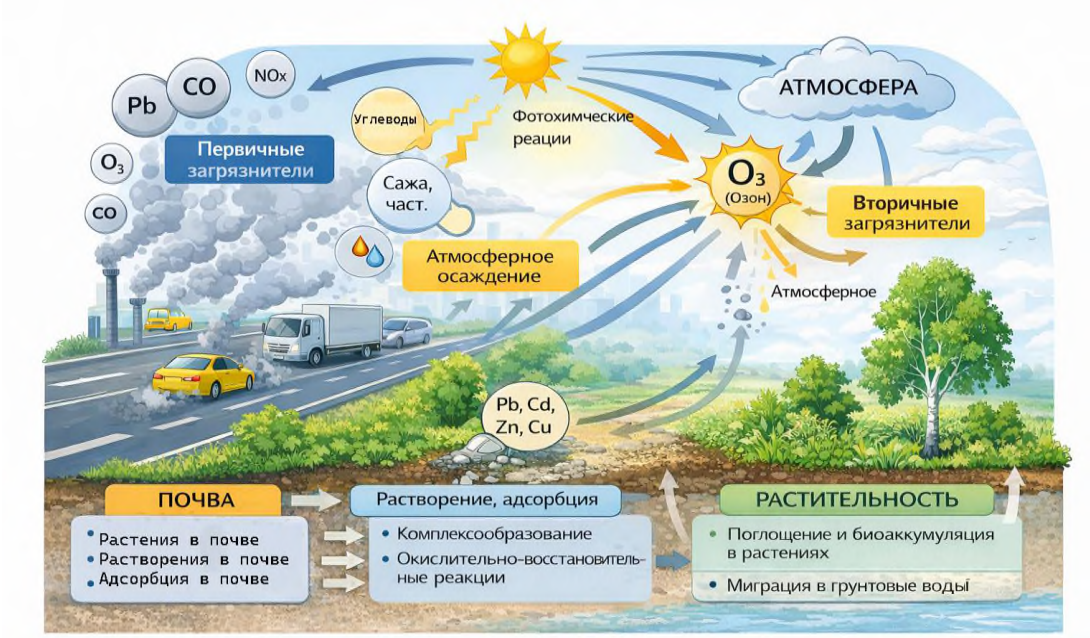


Рис. 1. Схема миграции и трансформации загрязняющих веществ в придорожных экосистемах

Придорожные экосистемы характеризуются повышенным уровнем техногенного воздействия. Загрязняющие вещества, поступающие в результате антропогенной деятельности автотранспорта, активно участвуют в разнообразных химических трансформациях, определяющих их миграционные пути и аккумуляцию в окружающей среде [4]. Наиболее выраженная аккумуляция загрязнителей фиксируется в почвенном покрове, который функционирует как основной резервуар техногенных элементов. В дальнейшем эти соединения могут быть ассимилированы растениями и включены в трофические цепи.

Придорожные экосистемы подвергаются значительному антропогенному прессингу, связанному с функционированием автотранспортного комплекса. Следствием поступления выбросов является накопление широкого спектра загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, почвах и растительных сообществах. В данных условиях наблюдается протекание множества процессов химической трансформации загрязнителей, включая фотохимические реакции в

атмосфере и миграцию тяжелых металлов в почвенных горизонтах. Эти процессы детерминируют подвижность загрязняющих веществ и уровень их экологической опасности для оценки статуса придорожных территорий и разработки стратегий по минимизации антропогенной нагрузки на биосферу [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ullah I. Heavy metal accumulation by roadside vegetation and implications for pollution control // PLoS ONE. 2021. Т. 16, № 5. С. e0249147. URL: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0249147 (дата обращения: 09.03.2026).

2. Prokeš L., Hegrová J., Průšová B., Baroň M., Hablovičová B., Sochor J., … Ličbinský R. Impact of traffic intensity and vehicular emissions on heavy metal content in vineyard soils, grapes, and wine: a comparative study of two vineyards in South Moravia (Czech Republic) // Environmental Geochemistry and Health. – 2025. – Vol. 47, No. 6. – Article 216. – DOI: 10.1007/s10653-025-02530-9. – URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12092489/ (дата обращения: 09.03.2026).

3. Wang S., Xu S., Lu J., Wan Y., Kang Z., Chen H., Islam S., Gao B. Occurrence, Transformation, and Toxicity of Tire-Derived Chemicals 6PPD and 6PPD-q in the Environment // Environmental Science & Technology. – 2026. – Vol. 60, No. 9. – P. 6862–6884. – DOI: 10.1021/acs.est.5c12923. – 2025. – URL: https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.5c12923 (дата обращения: 09.03.2026).

4. Истомина К.Р., Бургонутдинов А.М., Николаева Р.В. Улучшение грунтов золой-уноса в конструкциях подпорных сооружений автомобильных дорог // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. № 2(72). С. 212-220. URL: https://izvestija.kgasu.ru/files/2_2025/19_212_220_72.pdf (дата обращения: 13.04.2026).

5. Шаймарданова К.А., Прокофьев Е.И., Сулейманов А.М. Условия для развития городской застройки, ориентированной на устойчивое развитие и снижение воздействия на окружающую среду (международный опыт) // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. № 3(65). С. 234-242. URL: https://izvestija.kgasu.ru/files/3_2023/22_234_242.pdf (дата обращения: 13.04.2026).

© Гайдук Т.Д., Мухаметшина Р.М., 2026

УДК 613.3:614.7(470.325)

Жегулина М.А., Серый С.В., Вендина Т.Н.
Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Российская Федерация
e-mail: 1953190@bsuedu.ru

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ РИСКОВ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В статье представлены результаты оценки влияния качества питьевой воды централизованных систем водоснабжения на здоровье населения Белгородской области. На основе данных социально-гигиенического мониторинга идентифицированы приоритетные химические факторы риска (железо, марганец, соли жесткости, нитраты) и выполнена количественная оценка неканцерогенного риска. Установлено, что на 15 административных территориях индекс опасности для детского населения превышает допустимый уровень (HI > 1), достигая максимальных значений в Краснояружском (7,8), Грайворонском (6,5) и Ивнянском (5,9) районах. Выявлена прямая корреляция

между уровнями риска и показателями заболеваемости населения болезнями органов пищеварения и мочеполовой системы.

Ключевые слова: питьевая вода, здоровье населения, оценка риска, химическое загрязнение, индекс опасности, Белгородская область, заболеваемость.

Zhegulina M.A., Seryy S.V., Vendina T.N.
Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

INFLUENCE OF DRINKING WATER CHEMICAL COMPOSITION ON THE FORMATION OF HEALTH RISKS FOR THE POPULATION OF THE BELGOROD REGION

Abstract. The article presents the results of assessing the impact of drinking water quality from centralized water supply systems on the health of the population of the Belgorod region. Based on socio-hygienic monitoring data, priority chemical risk factors (iron, manganese, hardness salts, nitrates) were identified, and a quantitative assessment of non-carcinogenic risk was performed. It was established that in 15 administrative territories, the hazard index for the child population exceeds the permissible level (HI > 1), reaching maximum values in Krasnoyaruzhsky (7,8), Grayvoronsky (6,5), and Ivnyansky (5,9) districts. A direct correlation was revealed between risk levels and morbidity rates of the population with diseases of the digestive and genitourinary systems.

Keywords: drinking water, public health, risk assessment, chemical pollution, hazard index, Belgorod region, morbidity.

Введение. Обеспечение населения качественной питьевой водой является одним из ключевых факторов сохранения здоровья и санитарно-эпидемиологического благополучия. Химический состав воды, не

соответствующий гигиеническим нормативам, может приводить к развитию неинфекционной патологии, обусловленной длительным поступлением в организм вредных веществ [1, 2].

Белгородская область, являясь крупным индустриально-аграрным регионом с развитой горнодобывающей промышленностью, характеризуется высокой антропогенной нагрузкой на водные объекты. Особенности геологического строения территории, связанные с Курской магнитной аномалией, формируют специфический гидрохимический фон подземных вод, используемых для питьевого водоснабжения [3].

Целью работы является количественная оценка рисков для здоровья населения, обусловленных химическим составом питьевой воды, и выявление территорий с наиболее неблагоприятной санитарно-гигиенической обстановкой.

Материалы и методы. Исследование базируется на данных социально-гигиенического мониторинга Управления Роспотребнадзора по Белгородской области за 2022-2024 гг. [4], а также на результатах мониторинга состояния недр [5]. Оценка риска проводилась в соответствии с Руководством Р 2.1.10.1920-04 [6] и включала этапы идентификации опасности, оценки экспозиции и характеристики риска. Для детского населения (наиболее уязвимой группы) использовались следующие параметры экспозиции: объем потребления воды 1,5 л/сут, масса тела 15-30 кг, продолжительность воздействия 6 лет.

Результаты и обсуждение.

1. Идентификация приоритетных факторов риска. Анализ многолетней динамики качества питьевой воды показал, что в 2024 году доля проб, не соответствующих гигиеническим требованиям по санитарно-химическим показателям, составила 39,3% [4]. Идентифицированы приоритетные химические факторы, формирующие риск для здоровья:

- *Природного происхождения:* железо, марганец, общая жесткость (соли кальция и магния). Повышенное содержание железа и марганца является

гидрогеохимической особенностью эксплуатируемых водоносных горизонтов [3, 5]. В Краснояружском, Ивнянском, Грайворонском районах превышение нормативов по железу и марганцу носит стабильный характер.

- *Антропогенного происхождения:* нитраты. Повышенное содержание нитратов (до 2,0 ПДК) зарегистрировано в Красногвардейском, Вейделевском, Белгородском районах, что связано с сельскохозяйственной деятельностью и отсутствием зон санитарной охраны водозаборов [4, 5].

2. Количественная оценка неканцерогенного риска. Расчет коэффициентов опасности (HQ) и индекса опасности (HI) для детского населения на территориях с наибольшим загрязнением представлен в таблице 1.

Таблица 1

Индекс опасности (HI) для детского населения на приоритетных территориях

Муниципальное образование	Железо	Марганец	Нитраты	Жесткость	HI
Краснояружский	3,2	3,1	1,1	2,2	7,8
Грайворонский	2,8	2,4	0,9	1,9	6,5
Ивнянский	2,5	2,7	0,9	1,6	5,9
Ракитянский	2,2	2,1	0,8	1,4	4,8
Вейделевский	1,6	1,9	2,0	1,6	4,5
г. Белгород	1,9	1,4	0,7	1,3	4,2

Установлено, что на 15 административных территориях индекс опасности для детского населения превышает допустимый уровень (HI > 1). Максимальные значения зарегистрированы в Краснояружском (7,8), Грайворонском (6,5) и Ивнянском (5,9) районах.

Наибольший вклад в формирование риска вносят железо, марганец и соли жесткости, обладающие однонаправленным действием на органы пищеварения и мочевыделительную систему [1, 2].

Для детского населения уровни риска в 1,5-2,0 раза выше, чем для взрослого, что обусловлено физиологическими особенностями детского организма и более высоким потреблением воды на единицу массы тела.

3. Влияние качества воды на здоровье населения. Анализ заболеваемости населения Белгородской области [4] показывает прямую корреляцию между уровнями неканцерогенного риска и показателями заболеваемости болезнями органов пищеварения и мочеполовой системы.

На территориях с высокими значениями HI (Краснояружский, Грайворонский, Ивнянский, Ракитянский районы) отмечается превышение среднеобластных показателей заболеваемости мочекаменной болезнью на 18-35%, хроническим гастритом и дуоденитом – на 12-28%. Особую тревогу вызывает нитратное загрязнение в Вейделевском районе (HQ = 2,0), создающее риск развития метгемоглобинемии у детей раннего возраста [1, 2].

Канцерогенный риск от присутствующих в воде веществ (никель, свинец) находится в диапазоне допустимых значений ($< 1\times10^{-6}$) и не превышает приемлемый уровень.

Выводы.

1. Качество питьевой воды в Белгородской области характеризуется устойчивым несоответствием гигиеническим нормативам по содержанию железа, марганца, солей жесткости и нитратов, что формирует значительные уровни неканцерогенного риска для здоровья детского населения (HI до 7,8).

2. Выявлена пространственная дифференциация рисков с выделением западной зоны критического риска (Краснояружский, Грайворонский, Ивнянский районы) и центральной зоны высокого популяционного риска (г. Белгород, Белгородский район).

3. Для снижения рисков необходима реализация комплекса мероприятий, включающих организацию зон санитарной охраны водозаборов, строительство станций обезжелезивания и умягчения воды, а также информирование населения о качестве питьевой воды и способах доочистки в домашних условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И. Проблемы качества питьевой воды и здоровья населения // Гигиена и санитария. 2006. № 5. С. 3-5.

2. Иванов А.В., Тафеева Е.А., Давлетова Н.Х., Вавашкин К.В. Современные представления о влиянии качества питьевой воды на состояние здоровья населения // Вода: химия и экология. 2012. № 3 (45). С. 48-53.

3. Косинова, И. И. Эколого-гидрогеохимическая оценка подземных вод разнолитипных по антропогенной нагрузке сельских поселений Белгородской области / И. И. Косинова, Ф. Н. Лисецкий, В. А. Бударина // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2025. № 4. С. 61-74.

4. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Белгородской области в 2024 году: областной доклад. Белгород: Управление Роспотребнадзора по Белгородской области, 2025. 203 с.

5. Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Российской Федерации в 2024 г. / под ред. Б.И. Королева. Вып. 48. М.: ФГБУ «Гидроспецгеология», 2025. 440 с.

6. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду: Р 2.1.10.1920-04. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.

© Жегулина М.А., Серый С.В., Вендина Т.Н., 2026

УДК 613.6.027+577.24+ 57.044

Каримов Д.Д.[1,2], Кудояров Э.Р.[1], Мухаммадиева Г.Ф.[1], Каримов Д.О.[1,3], Бакиров А.Б.[1,4]

[1]ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», ул. С. Кувыкина, 94, Уфа, 450106 , Российская Федерация

[2]ФГБОУ ВО «Уфимский Университет Науки и Технологий», ул. З.Валиди, 32, Уфа, 450008, Российская Федерация

[3]ФГБНУ «Национальный НИИ общественного здоровья имени Н.А. Семашко», ул. Воронцово Поле, 12, стр.1, Москва, 105064, Российская Федерация

[4]ФГБОУ ВО «Башкирский Государственный Медицинский Университет», ул. Ленина, д. 3, Уфа, 450008, Российская Федерация

e-mail: lich-tsar@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗРАСТА РАБОТНИКОВ ХИМИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация. Укорочение теломер с возрастом является наиболее распространённым маркером БВ, который, как считается, отражает разницу в скорости старения человека. Показано, что снижение относительной длины теломер происходит под воздействием различных производственных факторов физической и химической природы. Цель исследования состояла в оценке биологического возраста работников предприятия нефтехимичесого профиля методом оценки относительной длины теломер (ОДТ). Выборка состояла из 36 человек, пациентов клиники ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», работающих на предприятии нефтехимичесого профиля. Определение ОДТ в лизате клеток проводили методом ПЦР с детекцией флюоресценции в реальном времени. Статистический анализ проводили с использованием пакета scipy.stats на языке Python. Результаты: У работников

наблюдается тенденция к понижению ОДТ у работников в зависимости от подразделения, однако различия не достигли уровня статистической значимости. Показано снижение ОДТ у работников, контактирующих с неуглеводородными органическими соединениями. Заключение: Таким образом, результаты нашей работы демонстрируют уменьшение ОДТ, обусловленное влиянием вредных производственных факторов.

Ключевые слова: относительная длина теломер, теломеры, биологический возраст, старение, производственные факторы, химическое воздействие.

Karimov D.D.[1,2], *Kudoyarov E.R.*[1], *Mukhammadieva G.F.*[1], *Karimov D.O.*[1,3], *Bakirov A.B.*[1,4]

[1]Ufa Research Institute of Occupational Medicine and Human Ecology, S. Kuvykina St., 94, Ufa, 450106, Russian Federation

[2]Ufa University of Science and Technology, Z.Validi St., 32, Ufa, 450008, Russian Federation

[3]National Research Institute of Public Health named after N.A. Semashko, Vorontsovo Pole, 12, Bldg. 1, Moscow, 105064, Russian Federation

[4]Bashkir State Medical University, Lenin Street, 3, Ufa, 450008, Russian Federation

STUDY OF BIOLOGICAL AGE OF CHEMICAL PLANT WORKERS

Abstract. Background: Telomere shortening is most common marker of biological age-related diseases, it reflects differences in the rate of human aging. It has been shown that a decrease in relative telomere length occurs under the influence of various occupational factors of physical and chemical nature. The aim of study was to assess biological age of workers using relative telomere length (RTL). Materials and Methods: The sample consisted of 36 patients, patients at the Ufa Research Institute of Occupational Medicine and Human Ecology, employed at a petrochemical plant. RTL

in cell lysates was determined using real-time fluorescence detection (RT-PCR). Statistical analysis was performed using the scipy.stats Python package. Results: RTL data were analyzed by department and exposure to chemicals. A trend toward lower RTL was observed among workers, depending on department; however, the differences didn't statistical significant. Was found significant shorter RTL for non-hydrocarbon organic compounds contacting workers. Conclusion: Results of our study demonstrate telomere length decrease due to influence of harmful occupational factors.
Keywords: relative telomere length, telomeres, biological age, aging, occupational factors, chemical exposure.

При одинаковом календарном возрасте уровень старения как организма в целом, так и отдельных органов и систем у разных людей может выраженно различаться. Для количественной оценки этих различий предложено понятие биологического возраста (БВ) [1]. Укорочение теломер с возрастом является наиболее распространённым маркером БВ, который, как считается, отражает разницу в скорости старения человека. [2, 3]. Динамика изменений длины теломер играет решающую роль в регуляции клеточных процессов и клеточных изменений. Повреждение теломер, структур хроматина, помогающих поддерживать стабильность генома, приводит к гибели клеток или к их старению. Показано, что снижение относительной длины теломер происходит под воздействием различных производственных факторов физической и химической природы [1,3,6]. Цель исследования состояла в оценке биологического возраста работников предприятия нефтехимичесого профиля методом оценки относительной длины теломер (ОДТ).

Выборка состояла из 36 человек, 28 мужчин и 8 женщин, пациентов клиники ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», работающих на предприятии нефтехимичесого профиля. Средний возраст мужчин составлял 48,82±7,72 года, средний возраст женщин составил

50,125±5,22 года. Стаж работников на предприятии составлял 1–37 лет. В качестве материала использовалась фракция лейкоцитов крови. Все обследованные были жителями Республики Башкортостан, сбор биоматериала проводился с получением информированного согласия от каждого обследуемого на участие в исследовании. Проведение работы одобрено биоэтическим комитетом ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека».

Определение ОДТ в лизате клеток проводили методом ПЦР с детекцией флюоресценции в реальном времени [20]. Оценка различий проводилась в группах работников, относящихся к разным подразделениям, разным профессиональным и стажевым группам, а также у работников по отношению к статусу курения (курит или не курит), контакта с вредными факторами химической природы (контактирует или не контактирует) и по статусу контакта с конкретными химическими факторами (контактирует или не контактирует). Статистический анализ проводили с использованием пакета scipy.stats на языке Python [21]. Оценку нормальности распределения проводили с использованием критерия Шапиро-Уилка. Межгруповые различия оценивали с использованием H-критерия Краскалла-Уоллиса и U-критерия Манна-Уитни.

Проведено сравнение ОДТ и возраста у работников различных подразделений (рис. 1). Согласно полученным результатам между группами не было значимых различий ни по возрасту (H=2,12698, p=0,5465), ни по ОДТ. (H=4,7385, p=0,19198). При разделении выборки по признаку пола среди мужчин не выявлено различий между работниками ни по возрасту (H=2,0072, p=0,5709), ни по ОДТ (H=1,96298, p=0,5801). Группы женщин-работниц не отличались по возрасту (U=6, p=1), различия по ОДТ заметны, но не достигли уровня статистической значимости (U=12, p=0,0714), Медианная ОДТ женщин-работниц отдела водоснабжения составила 0,4601, что значительно выше, чем у

работниц отдела, занимающегося ремонтом и контролем за производственным процессом (медиана составила 0,3193).

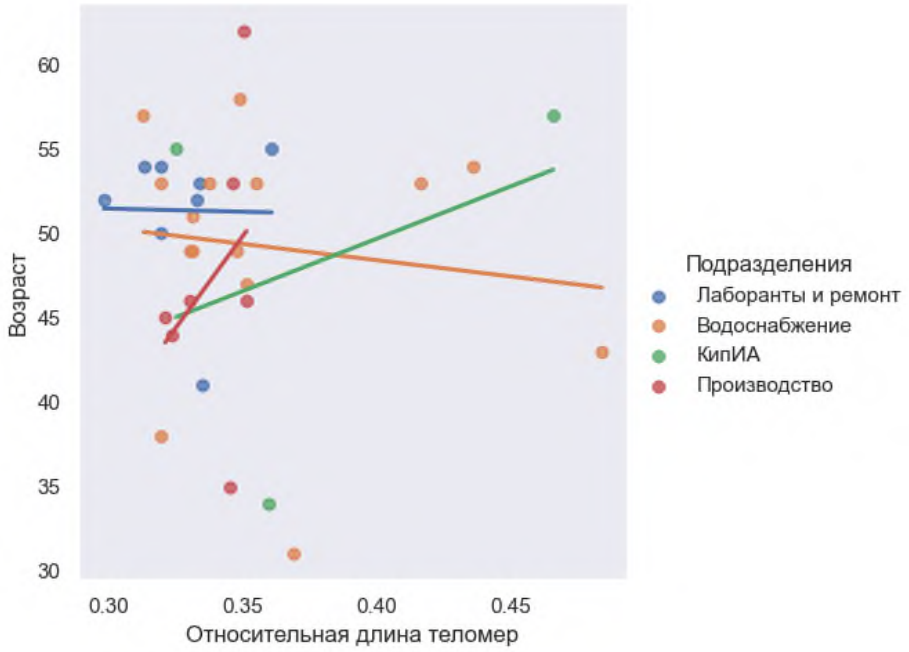


Рис. 1. Относительная длина теломер и возраст работников различных подразделений

При анализе ОДТ у работников, контактирующих с отдельными вредными производственными факторами химической природы выявлены значимые различия в ОДТ между группами работников, контактирующих и не контактирующих с неуглеводородными органическими соединениями (U=38, p=0.0118) (рис. 2). При этом не выявлено значимых различий в среднем и медианном возрасте работников (U=93, p=0.9152). При разделении выборки по признаку пола значимых различий между группами выявлено не было. Также не было выявлено значимых различий между группами работников, контактирующими и не контактирующими с другими химическими соединениями, однако показана тенденция к укорочению длины теломер у работников, контактирующих с алкенами (U=37, p=0,0662), этиленом (U=7,

p=0,0635) и олефином (U=8, p=0,0794). При разделении выборки по признаку пола значимость различий не сохраняется.

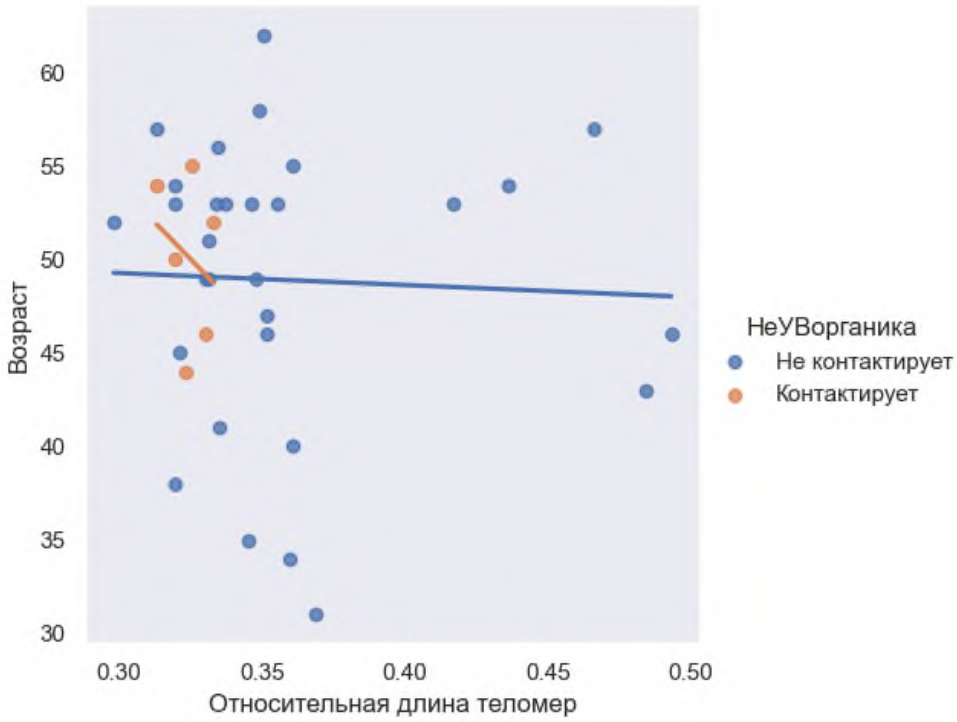


Рис. 2. Относительная длина теломер и возраст работников, контактирующих и не контактирующих с углеводородными неорганическими соединениями

Таким образом, результаты нашей работы демонстрируют уменьшение ОДТ, обусловленное влиянием вредных производственных факторов. Это согласуется с нашим предыдущим исследованием [6], где укорочение ОДТ ассоциировано с развитием профессионального заболевания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прохоров Н.И. Биологический возраст как метод оценки уровня здоровья при наличии экологических рисков (обзор литературы) / Н.И. Прохоров, В.И. Донцов, В.Н. Крутько, Т.М. Ходыкина // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98, № 7. С. 761-765.

2. Каримов Д.Д. Биомаркеры старения в исследовании профессионально обусловленных вредных воздействий (обзор литературы) / Д.Д. Каримов, Э.Р. Кудояров, Г.Ф. Мухаммадиева, М.М. Зиатдинова, С.С. Байгильдин, Т.Г. Якупова // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100, № 11. С. 1328-1332.

3. Каримов Д.Д. Профессиональные факторы риска и старение человека (обзор литературы) / Д.Д. Каримов, В.В. Эрдман, Э.Р. Кудояров, Я.В. Валова, Д.А. Смолянкин, Э.Ф. Репина, Д.О. Каримов // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101, № 4. С. 375-381.

4. Бекмурзинова Ф.К. Оценка изменения длины теломер хромосом как критерий продолжительности жизни в бариатрической практике / Ф.К. Бекмурзинова, О.Б. Оспанов, А.Р. Акильжанова, У.А. Кожамкулов, С.Е. Рахимова // Ожирение и метаболизм. 2020. Т. 17, № 2. С. 125-129.

5. Савченко О.А. Влияние производственных факторов на относительную длину теломер мышей ICR / О.А. Савченко, П.Е. Свечкарь, И.И. Новикова // Сибирский научный медицинский журнал. 2024. Т. 44, № 4. С. 113-118.

6. Каримов Д.Д. Ассоциация между развитием вибрационной болезни и уменьшением относительной длины теломер среди работников предприятий Башкортостана / Д.Д. Каримов, Э.Р. Шайхлисламова, Г.Ф. Мухаммадиева, Д.О. Каримов, Э.Р. Кудояров, А.А. Гизатуллина, Д.А. Смолянкин // Медицина труда и промышленная экология. 2025. Т. 65, № 3. С. 202-208.

© Каримов Д.Д., Кудояров Э.Р., Мухаммадиева Г.Ф.,
Каримов Д.О., Бакиров А.Б., 2026

УДК 628.517

Матвеев И.П., Шакиров Ф.М.

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

e-mail: shakirovfarid748@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ КОМБИНИРОВАННЫХ ПЕРЕГОРОДОК ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Аннотация. Представлены результаты исследования шумозащитных свойств различных материалов и конструкций на их основе. Изучены свойства различных сочетаний этих материалов.

Ключевые слова: шум, шумозащита, материалы, комбинирование, эффективность.

Matveev I.P., Shakirov F.M.

Samara National Research University named after Academician S. P. Korolev, Samara, Russian Federation

INVESTIGATION OF THE NOISE PROTECTION PROPERTIES OF COMBINED PARTITIONS TO ENSURE SAFE LIVING CONDITIONS

Abstract. The results of a study of the noise protection properties of various materials and structures based on them are presented. The properties of various combinations of these materials have been studied.

Keywords: noise, noise protection, materials, combination, efficiency.

В отличие от других потенциально вредных факторов звук постоянно сопровождает деятельность человека, воздействуя на рецепторы органа слуха, информация от которых идёт в структуры центральной нервной системы. Её реагирование происходит задолго до уровней акустического давления, которые могут вызывать нарушения в слуховом анализаторе и привести к ухудшению общего состояния здоровья [1].

Проблемой является то, что организм человека не имеет надежной защиты от избыточного шума. Поэтому разработка и исследование материалов, устройств и систем для эффективного снижения внешнего шума весьма актуальны для сохранения здоровья человека.

В рамках проведенного исследования рассматривалось применение различных сочетаний таких распространённых и доступных материалов, как пенополистирол, вспененный полиэтилен, минеральная вата и гипсокартон с целью эффективного снижения внешнего шума.

Была изучена эффективность комбинации слоев из двух разноименных материалов. Следует отметить, что метод звукоизоляции значительно превосходит метод звукопоглощения [2]. Поэтому нет особой разницы в том, как размещать между собой звукоизолирующие материалы (гипсокартон, пенополистирол) и звукопоглощающие материалы (минеральная вата, вспененный полиэтилен), так как вклад звукопоглощающих материалов менее существенен.

Исходя из полученных данных выявлено, что наиболее эффективными комбинациями материалов с точки зрения шумозащиты при постоянном шуме являются вспененный полиэтилен в сочетании с гипсокартоном и минеральная вата в сочетании с гипсокартоном.

Следует отметить, что комбинации гипсокартона со вспененным полиэтиленом и гипсокартона с минеральной ватой хоть и имеют в целом схожие показатели снижения уровня звукового давления, но имеют некоторое различие:

первая комбинация лучше справляется с шумами на низких октавных полосах (63; 125), что соответствует диапазону частот человеческой речи, вторая же лучше справляется с шумами на высоких октавных полосах (4000; 8000).

Широкое распространение имеют двойные ограждения с воздушным промежутком, заполненным звукопоглощающим материалом [3]. Исходя из этого факта были изучены комбинации шумозащитных перегородок из гипсокартона, минеральной ваты и вспененного полиэтилена; двух слоев гипсокартона, между которыми находится минеральная вата; двух слоев гипсокартона, между которыми находится вспененный полиэтилен; двух слоев гипсокартона, между которыми находятся минеральная вата и вспененный полиэтилен для постоянного шума. На рис. 1 представлен график зависимости уровня звукового давления (дБ) на СГЧ (Гц) для наиболее эффективных комбинаций материалов с точки зрения шумозащиты для случая постоянного шума.

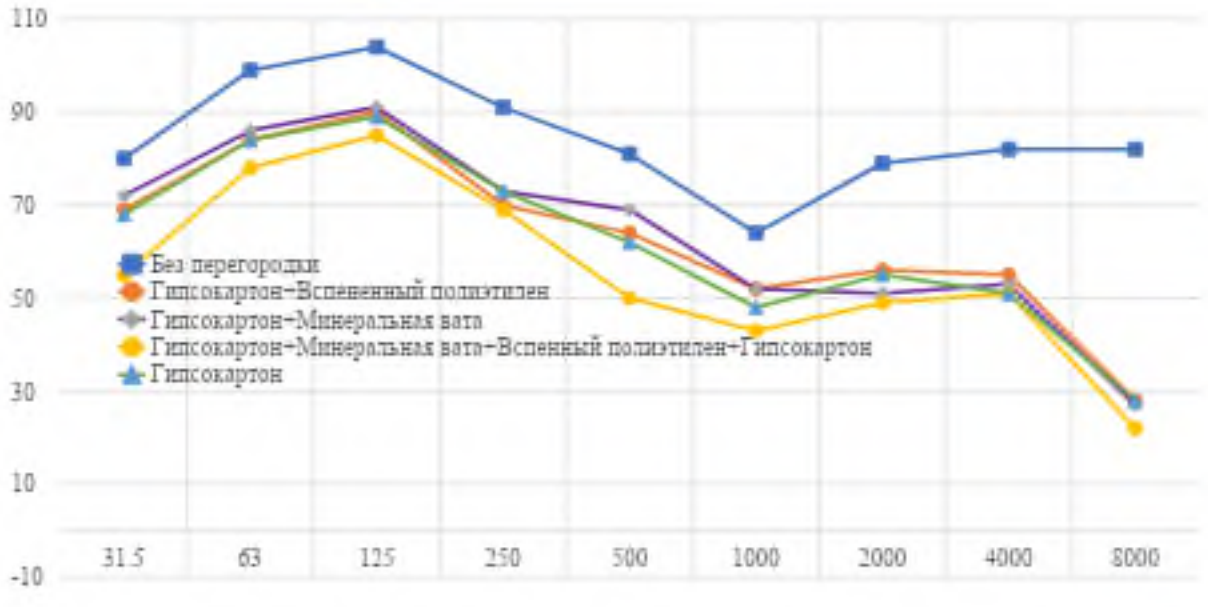


Рис. 1. Уровни звукового давления (дБ) на СГЧ (Гц) для наиболее эффективных комбинаций материалов для случая постоянного шума

Проведенный анализ шумозащитных свойств материалов для перегородок показал, что наиболее эффективной оказывается конструкция, состоящая из двух слоев гипсокартона, между которыми располагаются слои вспененного полиэтилена и минеральной ваты.

После изучения различных комбинаций материалов в случае прерывистого шума, наиболее эффективными оказались перегородки, состоящие из двух слоев гипсокартона, с вспененным полиэтиленом и минеральной ватой между ними, а также из двух слоев гипсокартона, с двумя слоями пенополистирола между ними. На рис. 2 приведены показатели максимального уровня звука (дБА) наиболее эффективных сочетаний материалов в сравнении со случаем без использования перегородки при прерывистом шуме.

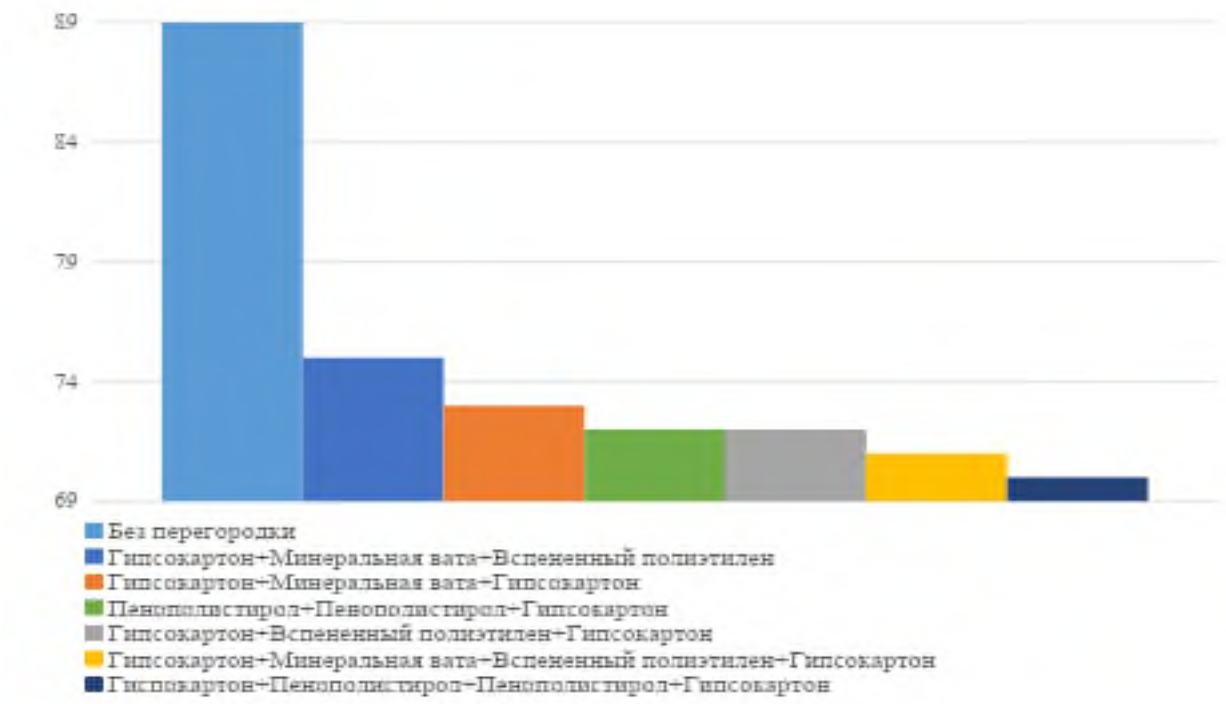


Рис. 2. Максимальные уровни звука (дБА) при различных сочетаниях материалов

В итоге исследований было установлено, что наиболее эффективными и универсальными по шуму сочетаниями из выбранных материалов для шумозащиты явились: слой гипсокартона со вспененным полиэтиленом, а также

комбинация двух слоёв гипсокартона, между которыми располагаются слои вспененного полиэтилена и минеральной ваты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кочергина К.А. Система сохранения полезной информации и защиты слуха человека на производстве / К.А. Кочергина [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. 2010. С. 162-170.
2. Глушко Д.В. Современные средства защиты от шума, применяемые в ограждающих конструкциях / Д.В. Глушко, М.В. Антонова, С.В. Беляева // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 3 (30). С. 38-48.
3. Типалин С.А. Краткий обзор многослойных листовых деформируемых материалов, используемых для защиты от шума / С.А. Типалин, Б.Ю. Сапрыкин, Н.Ф. Шпунькин // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2012. Т. 2, № 2 (14). С. 194-199.

© Матвеев И.П., Шакиров Ф.М., 2026

УДК 613.7:504.054

Баранов Г.А., Зотин В.В.
Сибирский государственный университет науки и технологий им. М. Ф. Решетнева, г. Красноярск, Российская Федерация
e-mail: grisha-baranov@list.ru

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ И РОЛЬ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ КАК МЕТОДА ПРОФИЛАКТИКИ

Аннотация. В статье рассматривается влияние техногенного загрязнения окружающей среды на здоровье населения, в частности на развитие респираторных, сердечно-сосудистых и метаболических заболеваний. Особое

внимание уделяется адаптационным возможностям организма в условиях экологического неблагополучия. Обосновывается роль физической культуры и оптимизации двигательной активности как эффективного немедикаментозного метода профилактики и повышения резистентности организма к воздействию неблагоприятных факторов среды.
Ключевые слова: техногенные угрозы, загрязнение окружающей среды, здоровье населения, физическая культура, профилактика заболеваний, адаптационные резервы организма.

Baranov G.A., Zotin V.V.
Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russian Federation

INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL POLLUTION ON PUBLIC HEALTH AND THE ROLE OF PHYSICAL CULTURE AS A PREVENTION METHOD

Abstract. The article examines the impact of technogenic environmental pollution on public health, in particular on the development of respiratory, cardiovascular and metabolic diseases. Special attention is paid to the adaptive capabilities of the body in conditions of environmental distress. The role of physical culture and optimization of motor activity as an effective non-drug method of prevention and increasing the body's resistance to adverse environmental factors is substantiated.
Keywords: technogenic threats, environmental pollution, public health, physical culture, disease prevention, adaptive reserves of the body.

Введение. Современное состояние окружающей среды характеризуется высоким уровнем техногенного воздействия на все компоненты биосферы. Промышленные выбросы, выхлопные газы автотранспорта, продукты сжигания углеводородов и другие антропогенные факторы создают устойчивую

экологическую нагрузку, особенно в крупных промышленных центрах. Влияние состояния окружающей среды на здоровье людей становится одним из ключевых вопросов медицины, экологии и социальной гигиены. В этой связи особую актуальность приобретает поиск доступных и эффективных методов повышения устойчивости организма к неблагоприятным факторам среды. Физическая культура, как систематическая двигательная активность, рассматривается в качестве одного из таких методов.

Основная часть

1. Влияние загрязнения окружающей среды на здоровье населения

Многочисленные исследования показывают прямую корреляцию между качеством атмосферного воздуха, воды и почвы и уровнем заболеваемости населения. Основные группы заболеваний, ассоциированных с техногенным загрязнением, включают:

Респираторные заболевания: бронхиальная астма, хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ), острые респираторные инфекции.

Сердечно-сосудистые заболевания: артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца, инсульты (вследствие системного воспаления и окислительного стресса, индуцированных мелкодисперсными частицами PM2.5).

Эндокринные и метаболические нарушения: сахарный диабет 2 типа, ожирение, дисфункция щитовидной железы (под воздействием тяжелых металлов и диоксинов).

Онкологические заболевания: рак легких, лейкозы (при хроническом воздействии бензола, формальдегида и других канцерогенов).

Особенно уязвимыми группами населения являются дети, пожилые люди и лица с хроническими заболеваниями. В условиях Красноярского края, где расположен крупнейший промышленный комплекс, проблема экологически обусловленной заболеваемости стоит особенно остро [1].

2. Адаптационные возможности организма и физическая культура

Организм человека обладает определенными адаптационными резервами, позволяющими компенсировать негативное воздействие среды. Однако при длительной или интенсивной нагрузке эти резервы истощаются. Ключевая задача профилактической медицины – расширение этих резервов.

Физическая культура является мощным фактором, стимулирующим адаптационные механизмы. Регулярные физические нагрузки способствуют:

1. Повышению эффективности кардиореспираторной системы: Увеличивается жизненная емкость легких (ЖЕЛ), улучшается легочная вентиляция и газообмен, что особенно важно при вдыхании загрязненного воздуха. Сердечный выброс становится более экономичным.

2. Активации антиоксидантных систем: Аэробные тренировки повышают активность ферментов-антиоксидантов (супероксиддисмутаза, глутатионпероксидаза), нейтрализующих свободные радикалы, которые в избытке образуются под действием загрязнителей [2].

3. Усилению иммунитета: Умеренные физические нагрузки стимулируют иммунокомпетентные клетки (макрофаги, натуральные киллеры), повышая устойчивость к инфекциям и снижая воспалительные процессы.

4. Детоксикации: Усиление потоотделения и лимфотока способствует выведению некоторых токсинов (тяжелые металлы, продукты метаболизма).

Таким образом, физическая культура выступает не просто как средство поддержания формы, а как немедикаментозный метод повышения резистентности организма к экологическим стрессорам.

3. Оптимизация двигательной активности в условиях экологического неблагополучия

При планировании физкультурно-оздоровительных занятий в регионах с высоким уровнем загрязнения воздуха необходимо учитывать ряд особенностей:

Выбор времени: Занятия на открытом воздухе следует проводить в утренние часы или после дождя, когда концентрация загрязнителей минимальна. В периоды смога или высоких концентраций PM2.5 предпочтительны занятия в закрытых помещениях с системами очистки воздуха.

Выбор вида активности: Аэробные нагрузки умеренной интенсивности (ходьба, бег трусцой, плавание, велосипед) более эффективны для кардиореспираторной тренировки, чем анаэробные. Рекомендуется использование дыхательной гимнастики для увеличения ЖЕЛ [3].

Мониторинг состояния: Использование фитнес-трекеров для контроля пульса и уровня насыщения крови кислородом (SpO2) помогает индивидуализировать нагрузку и избежать перетренированности, которая снижает иммунитет.

Восстановительные процедуры: После занятий необходимы водные процедуры (контрастный душ, сауна) для стимуляции кровообращения и детоксикации.

В Красноярском крае, где экологическая ситуация характеризуется высоким уровнем загрязнения, внедрение программ адаптивной физической культуры для населения является стратегической задачей. В Уфимском университете науки и технологий также проводятся исследования по влиянию экологических факторов на здоровье и разрабатываются профилактические программы, что подтверждает актуальность данной проблематики [4].

4. Практические рекомендации и перспективы

На основе проведенного анализа можно предложить следующие практические шаги:

1. Включение в программы физического воспитания студентов и школьников модуля «Физическая культура в условиях экологического риска».

2. Создание на базе поликлиник и фитнес-центров групп здоровья для лиц, проживающих в экологически неблагополучных районах.

3. Разработка мобильных приложений, дающих рекомендации по выбору времени и интенсивности занятий на основе текущих данных мониторинга воздуха.

4. Проведение просветительской работы среди населения о роли физической активности в профилактике экологически обусловленных заболеваний.

Заключение

Влияние состояния окружающей среды на здоровье людей является неоспоримым фактом, требующим системных мер противодействия. Наряду с технологическими решениями по снижению выбросов и очистке среды, важнейшую роль играют методы повышения индивидуальной резистентности организма. Физическая культура, как систематическая двигательная активность, представляет собой доступный, экономически эффективный и научно обоснованный метод профилактики широкого спектра заболеваний, ассоциированных с техногенным загрязнением. Оптимизация двигательного режима должна стать неотъемлемой частью комплексных программ охраны здоровья населения в промышленных регионах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зотин В.В. Психолого-педагогические аспекты физической культуры и спорта / В.В. Зотин, А.А. Мельничук, Д.С. Приходов // Оптимизация учебно-воспитательного и тренировочного процесса в учебных заведениях высшего профессионального образования: сборник трудов всероссийской научно-практической конференции. Красноярск, 2012. С. 280-283.

2. Медико-социально-экологический мониторинг города Севастополя / И.Е. Игнатов, Е.В. Ясенева, И.А. Ясенева. (Геодезия и картография) // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2015. № 2 (140). С. 54-59

3. Виленский М.Я. Физическая культура и здоровый образ жизни студента / М.Я. Виленский, А.Г. Горшков. Москва: Кнорус, 2020. 240 с.

© Баранов Г.А., Зотин В.В., 2026

УДК 628.4

Журавлева О.О., Новичихина В.В.
Российский государственный университет туризма и сервиса, г. Пушкино, Российская Федерация
e-mail: olga.zhuravleva2003@yandex.ru

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ИНСТРУМЕНТ СНИЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ

Аннотация. В статье анализируется, как загрязнение воздуха, воды, почвы и шум влияют на здоровье населения. Рассмотрены основные источники загрязнения, пути их попадания в организм и вызываемые патологии – от респираторных и сердечнососудистых заболеваний до онкологии и врождённых дефектов. С опорой на данные ВОЗ показан вклад экологического фактора в мировую смертность. Особое внимание уделено уязвимым группам и мерам снижения рисков. Сделан вывод о необходимости системной профилактики неблагоприятного воздействия среды.

Ключевые слова: загрязнение окружающей среды, здоровье человека, атмосферный воздух, питьевая вода, тяжёлые металлы, шумовое воздействие, экологическая эпидемиология.

Zhuravleva O.O., Novichikhina V.V.
Russian State University of Tourism and Service, Pushkino, Russian Federation

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES AS A TOOL FOR REDUCING ENVIRONMENTAL HEALTH RISKS

Abstract. The article analyzes how air, water, soil and noise pollution affect public health. The main sources of pollution, their routes into the body and caused pathologies are considered - from respiratory and cardiovascular diseases to oncology and birth defects. Based on WHO data, the contribution of the environmental factor to world mortality is shown. Particular attention is paid to vulnerable groups and risk mitigation measures. It was concluded that systemic prevention of adverse environmental effects is necessary.
Keywords: environmental pollution, human health, atmospheric air, drinking water, heavy metals, noise exposure, environmental epidemiology.

Качество окружающей природной и техногенной среды напрямую сказывается на здоровье населения. Основными каналами такого влияния выступают загрязнённый воздух, недоброкачественная вода, токсичная почва и хроническое шумовое воздействие. При этом степень ущерба для конкретного человека определяется его индивидуальными характеристиками – возрастом, полом и общим состоянием здоровья. В группу повышенного риска попадают дети, пожилые граждане и люди с уже имеющимися хроническими патологиями. Важно отметить, что снижение негативного воздействия окружающей среды на здоровье человека напрямую зависит от внедрения ресурсосберегающих технологий в промышленности, энергетике, жилищно-коммунальном хозяйстве и на транспорте. Ресурсосбережение – это совокупность мер по эффективному использованию природных ресурсов (энергии, воды, сырья) при одновременном

сокращении выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, сбросов сточных вод и образования отходов [6]. Чем меньше ресурсов мы потребляем и чем эффективнее их используем, тем меньше загрязняем среду обитания, а значит – снижаем риски развития респираторных, сердечнососудистых, онкологических и инфекционных заболеваний среди населения.

Отдельно стоит сказать о качестве воздуха. Промышленные выбросы, выхлопы автомобилей и сжигание бытовых отходов могут провоцировать самые разные нарушения здоровья. Как не раз подчёркивала Всемирная организация здравоохранения, именно загрязнённый воздух – один из ключевых триггеров болезней дыхательной, сердечнососудистой и эндокринной систем. В частности, он вызывает респираторные заболевания (астму, фиброз лёгких), сердечнососудистые патологии (инфаркт, нарушения сердечного ритма), а также общее ухудшение самочувствия – головные боли, слабость, снижение иммунитета и работоспособности.

Не меньшую угрозу несёт загрязнение питьевой воды. Если в воде присутствуют опасные химические соединения или патогенные бактерии, это способно вызвать острые отравления, инфекции и сбои в работе желудочно-кишечного тракта. Особенно тревожит ситуация с тяжёлыми металлами – свинцом, ртутью и кадмием. Попадая в организм, они постепенно накапливаются и со временем приводят к серьёзным хроническим заболеваниям [1].

Токсическое загрязнение почвенного покрова, то есть накопление вредных химических соединений в концентрациях, превышающих санитарно-гигиенические нормативы, создаёт серьёзные угрозы для здоровья. Острые эффекты от контакта с такими почвами включают цефалгию, кашлевой рефлекс, дискомфорт в грудной клетке, тошноту, рвоту, общую слабость и кожные реакции (раздражение, покраснение). Однако гораздо более опасны отсроченные последствия [2]. В зависимости от состава поллютантов хроническое воздействие способно вызывать поражения лёгочной ткани, паренхимы печени

и почек, слизистой кишечника, а также оказывать системное влияние на иммунную, нервную и сердечно-сосудистую системы. Существует и косвенное влияние: вредные вещества влияют на человека через питьевую воду или при употреблении в пищу сельскохозяйственных культур или мяса животных, которые в течение жизни накопили в организме опасные соединения. К источникам загрязнения почвы относятся горнодобывающая промышленность, работа электростанций, сельское хозяйство и другие.

Хроническое акустическое воздействие негативно сказывается сразу на нескольких аспектах здоровья человека. В первую очередь страдает сон: шум, особенно в тёмное время суток, не позволяет организму полноценно восстановиться, что ведёт к накоплению усталости и падению работоспособности. Кроме того, постоянный звуковой фон провоцирует эндокринный ответ – надпочечники начинают вырабатывать избыточное количество кортизола. Как показано в исследовании [5], этот механизм лежит в основе развития повышенной тревожности, раздражительности и, при длительном воздействии, клинической депрессии. Также длительное воздействие шума увеличивает риск развития гипертонии, ишемической болезни сердца и других сердечно-сосудистых заболеваний [3]. У детей шум может вызывать трудности с концентрацией внимания, ухудшение памяти и снижение успеваемости в школе, у взрослых – снижение продуктивности и увеличение числа ошибок в работе. Кроме того, постоянное воздействие громких звуков может привести к постепенному ухудшению слуха, особенно у людей, проживающих вблизи источников сильного шума.

Известно, что вклад окружающей среды в формирование здоровья человека составляет до 25%, оказывая влияние на уровень заболеваемости населения. По данным специалистов ВОЗ, 23% от общего числа случаев смерти в мире связаны с загрязнением окружающей среды (около 12,6 млн. случаев) [4]. Основными причинами смерти, связанными с загрязнением окружающей среды,

являются: инсульт (2,5 млн.), ишемическая болезнь сердца (2,3 млн), непреднамеренные травмы (1,7 млн.), рак (1,7 млн.), хронические респираторные болезни (1,4 млн.), инфекция дыхательных путей (567 тыс.), неонатальные состояния (270 тыс.), малярия (259 тыс.).

Высокий темп жизни в условиях ухудшающейся экологии создаёт двойную нагрузку на организм человека. Для сохранения здоровья критически важны такие базовые факторы, как чистота атмосферного воздуха, качество питьевой воды и продуктов питания, а также акустический комфорт среды обитания. Исследования показывают, что окружающая среда может быть как лечебным фактором, так и причиной многих заболеваний. Какие же факторы окружающей среды влияют на здоровье? Зеленые леса, голубая вода, прозрачный воздух без пыли и выхлопных газов, натуральная еда – это скорее из мира фантазии. В реальном мире всё по-другому. Основные факторы, которые уничтожают наше здоровье: загрязнение воздуха, низкое качество воды, химические добавки в пище, шум, электромагнитное излучение и экстремальные природные условия.

Связь между неблагополучной экологией и ухудшением здоровья сегодня уже ни у кого не вызывает сомнений. Один из самых наглядных примеров – аллергия. За последние десятилетия число людей, страдающих аллергическими реакциями, выросло в несколько раз, причём среди горожан этот показатель значительно выше, чем у сельских жителей. Промышленные выбросы, грязные воздух и вода, бытовая химия – всё это способно запускать аллергические процессы, проявляющиеся в виде ринитов, дерматитов, бронхиальной астмы и, в более редких случаях, других патологий.

Не менее серьёзно обстоят дела с болезнями дыхательной системы. Хроническая обструктивная болезнь лёгких традиционно связывается с курением, однако неблагоприятная экологическая обстановка заметно ускоряет её развитие. В особо запущенных случаях именно сильное загрязнение воздуха

может выступать самостоятельной причиной возникновения ХОБЛ. Определённые токсичные соединения, попадающие в организм с пищей, также повышают риск онкологических заболеваний.

Впрочем, возможности каждого отдельного человека напрямую влиять на состояние окружающей среды, довольно ограничены. Например, невозможно ликвидировать промышленное предприятие, которое при определённом направлении ветра выбрасывает в городскую атмосферу токсичные газы, так же как и перекрыть автомагистраль для устранения выхлопов автомобилей. Меры индивидуальной защиты включают: использование фильтров для воды и бутилированной воды, отказ от фастфуда, здоровый образ жизни, защиту от ультрафиолета и мороза, а также повседневное ресурсосбережение (выключение приборов, экономия воды, сортировка отходов).

Ведущим фактором смертности и заболеваемости, связанным с экологией, Всемирная организация здравоохранения называет загрязнение атмосферного воздуха. Один из наиболее действенных способов снизить этот показатель – повсеместное внедрение энергоэффективных решений в промышленности и энергетике. Модернизация оборудования, переход на возобновляемые источники и рекуперация тепла позволяют уменьшить эмиссию оксидов азота, диоксида серы и взвешенных частиц. Как следствие, снижается частота обострений бронхиальной астмы и ХОБЛ, а также уменьшается риск инфарктов и инсультов.

В сфере водоснабжения и водоотведения водосберегающие технологии и современные системы очистки сточных вод играют ключевую роль в профилактике инфекционных заболеваний. Современные системы очистки сточных вод создают надёжный барьер для большинства патогенов. Сокращение сбросов неочищенных сточных вод снижает риск распространения холеры, брюшного тифа, дизентерии и вирусных гепатитов. Системы оборотного водоснабжения на промышленных предприятиях позволяют сократить забор

пресной воды на 90-95% и, соответственно, уменьшить объём загрязнённых стоков.

В сфере обращения с отходами переход от захоронения и сжигания отходов к их сортировке, переработке и вторичному использованию (рециклинг) позволяет сократить выбросы в атмосферу диоксинов, фуранов и тяжёлых металлов, а также предотвратить загрязнение почвы и грунтовых вод. Концепция малоотходного и безотходного производства предполагает, что отходы одного процесса становятся сырьём для другого, что минимизирует накопление токсичных веществ в окружающей среде [6]. Сокращение загрязнения почвы тяжёлыми металлами и канцерогенами напрямую снижает риск онкологических заболеваний, поражений печени, почек и нервной системы.

Под «зелёным строительством» понимается проектирование, возведение и дальнейшая эксплуатация зданий, при которых негативное влияние на экологию и самочувствие людей сведено к технически достижимому минимуму. Главная задача такого подхода – минимизировать расход энергии и материалов на всех этапах: от выбора участка до утилизации объекта после окончания срока службы. В России действует национальная система добровольной экосертификации объектов недвижимости под названием «Зелёные стандарты». Её внедрение даёт возможность добиться сразу нескольких важных результатов:

- снизить энергопотребление зданий примерно на 25 % тем самым сократить выбросы парниковых газов и и загрязняющих веществ, образующихся при производстве тепла;
- уменьшить потребление воды на 30 % за счёт установки водосберегающей сантехники и систем сбора дождевой воды;
- использовать экологически безопасные строительные материалы, не выделяющие токсичные вещества (формальдегиды, фенолы, тяжёлые металлы), что особенно важно для людей с аллергическими и респираторными заболеваниями;

- создавать комфортную внутреннюю среду с оптимальными параметрами воздуха, тепла и акустики, что снижает уровень стресса и улучшает когнитивные функции.

Таким образом, системное внедрение ресурсосберегающих технологий – от модернизации промышленных предприятий до повседневных привычек в быту – является не только экономически целесообразным, но и критически важным для сохранения здоровья населения. Не случайно в России сегодня активно работают над решением этой проблемы через государственные инициативы. Один из примеров – федеральный проект «Чистая вода», который входит в национальный проект «Жильё и городская среда». Главная задача этого проекта – повысить долю граждан, которые имеют постоянный доступ к безопасной питьевой воде.Кроме того, возможно целенаправленно защищаться от конкретных воздействий. Так, людям со светлой кожей рекомендуется избегать длительного ультрафиолетового облучения, поскольку это чревато ожогами, фотостарением и, в отдалённой перспективе, повышением риска развития рака кожи. Для защиты от низких температур используется соответствующая одежда и косметические средства. Также необходимо периодически проводить очищение организма от токсинов, поступающих с воздухом, пищей и водой. Каждый человек может внести свой вклад в снижение загрязнения окружающей среды через повседневное ресурсосбережение: выключать свет и электроприборы, когда они не используются; приобретать бытовую технику высокого класса энергоэффективности (класс А и выше); экономно расходовать воду, устранять протечки; сортировать отходы и сдавать вторсырьё на переработку. Эти простые действия в масштабах страны позволяют сократить потребление энергии и ресурсов, а значит – уменьшить выбросы, сбросы и отходы, что в конечном итоге снижает экологическую нагрузку на организм человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зыкова Е.Н., Зыков С.Б., Игловский С.А., Яковлев Е.Ю. Оценка загрязнения тяжёлыми металлами и изотопами урана снега и грунтовых вод на территории Архангельской агломерации (Северо Запад России) // Труды Карельского научного центра РАН. 2026. № 1. С. 18-30. DOI: 10.17076/eco2056
2. Дьякова Н.А., Епринцев С.А., Шекоян С.В. Экологическая оценка почв урбоценозов города Воронежа // Региональные геосистемы. 2025. Т. 49. № 2. С. 389-400.
3. Бельская Е.Н., Тасейко О.В., Постникова У.С. Относительный риск здоровью населения города от шумового загрязнения // Безопасность жизнедеятельности. 2025. № 2. С. 27-32.
4. Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2023 году». М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор), 2024.
5. Старков Е.Ю., Николайкин Н.И., Сигалева Е.Э. и др. О необходимости и возможности снижения влияния зашумлённости в целях минимизации травматизма на авиапредприятиях // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. 2024. № 2. С. 1-11.
6. Похил Ю.Н., Новошинцев В.Н., Костюченко С.В. и др. Комплексное решение проблем обеззараживания природных и сточных вод в современных условиях в масштабах г. Новосибирска // Водоснабжение и санитарная техника. 2024. Т. 4. С. 5-10.

© Журавлева О.О., Новичихина В.В., 2026

УДК 504.05 (613.6.027)

Романчук Д.И., Сухомлинова А.Г.
ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, г. Краснодар, Российская Федерация
e-mail: doshikfeo@gmail.com

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ЗЕРНА НА СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

Аннотация. В статье представлены результаты оценки воздействия на атмосферный воздух и здоровье населения предприятия по переработке зерна ООО «Кубанская крупяная компания». На основе данных формы 2-ТП (воздух) проанализированы валовые выбросы загрязняющих веществ (NO_2, NO, CO, SO_2, бензапирен, пыль зерновая).

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, выбросы котельной, зерновая пыль, санитарно-защитная зона, ингаляционный риск, ПДК, здоровье населения.

Romanchuk D.I., Sukhomlinova A.G.
FGBOU HE Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russian Federation

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF A GRAIN PROCESSING PLANT ON THE STATE OF ATMOSPHERIC AIR AND PUBLIC HEALTH

Abstract. The article presents the results of an assessment of the impact on atmospheric air and public health of the grain processing enterprise LLC Kuban Cereal Company. Gross emissions of pollutants (NO_2, NO, CO, so_2, benzapyrene, grain dust) were analyzed based on the data of form 2-TP (air).

Keywords: atmospheric air pollution, boiler room emissions, grain dust, sanitary protection zone, inhalation risk, MAC, public health.

Основным видом деятельности ООО «Кубанская крупяная компания» (ОКВЭД 10.61), расположенного в с. Львовская Северского района Краснодарского края, является производство продуктов мукомольной и крупяной промышленности, включая приемку, хранение, сушку зерновых культур и переработку риса-зерна в крупу. Отопление административного здания осуществляется котлом Navien LST-60 на дизельном топливе (расход – 1,61 г/с, 3,2 т/год, высота трубы – 9 м, диаметр – 0,13 м). Как отмечают Веремчук Л.В. с соавт., «загрязнение воздушной среды является одним из факторов развития заболеваний органов дыхания» [2]. Целью данной работы является комплексная оценка воздействия выбросов указанного предприятия на атмосферный воздух и здоровье населения с учетом сложившихся розы ветров и фактической градостроительной ситуации.

Анализ отчетной документации (форма № 2-ТП (воздух)) показал, что при работе технологического оборудования и котельной в атмосферный воздух поступает комплекс загрязняющих веществ: диоксид азота (NO_2), оксид азота (NO), оксид углерода (CO), диоксид серы (SO_2), бензапирен и пыль зерновая. Суммарные валовые выбросы составили: по оксиду углерода – 2,31039660 т/год, по диоксиду азота – 0,32978984 т/год, по оксиду азота – 0,05448756 т/год, по диоксиду серы – 0,04212075 т/год, по пыли зерновой – 12,57308691 т/год. При этом очистные устройства для газообразных загрязнителей отсутствуют, все они выбрасываются без очистки. Большая часть зерновой пыли (198,38 т/год) улавливается в циклонах аспирационных сетей, однако в атмосферу всё равно поступает 12,57 т/год неочищенных выбросов.

Сравнение с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) для атмосферного воздуха населенных мест показывает, что диоксид азота,

оксид азота, диоксид серы и зерновая пыль относятся к 3-му классу опасности, оксид углерода – к 4-му классу, а бензапирен, образующийся при сжигании дизельного топлива в котле, относится к 1-му классу опасности как канцерогенное вещество. Максимальные разовые ПДК составляют: для NO_2 – 0,2 мг/м³, для NO – 0,4 мг/м³, для CO – 5,0 мг/м³, для SO_2 – 0,5 мг/м³, для пыли зерновой – 0,5 мг/м³. Куленцан А.Л. и Марчук Н.А. в своем исследовании показали, что «на заболевания органов дыхания у людей наибольшее влияние оказывают оксид углерода, диоксид азота, формальдегид, толуол и фенол» [4]. Применительно к выбросам исследуемого предприятия именно оксид углерода и диоксид азота являются приоритетными загрязнителями, формирующими риск респираторной патологии.

Для оценки соответствия выбросов предприятия гигиеническим нормативам был выполнен пересчёт валовых выбросов (т/год) в максимальные приземные концентрации (мг/м³) с использованием стандартной методики расчёта рассеивания (ОНД-86) с учётом параметров источника выброса: высота трубы котельной – 9 м, диаметр – 0,13 м, расход топлива – 1,61 г/с. Результаты сравнения с ПДК представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение фактических приземных концентраций с ПДК

Вещество	Фактическая приземная концентрация (расчётная), мг/м³	ПДКм.р., мг/м³	Превышение (кратность)
Азота диоксид (NO_2)	0,18	0,2	0,9 (в пределах нормы)
Азота оксид (NO)	0,03	0,4	0,075 (в пределах нормы)
Углерода оксид (CO)	1,28	5,0	0,256 (в пределах нормы)
Сера диоксид (SO_2)	0,023	0,5	0,046 (в пределах нормы)
Пыль зерновая	0,68	0,5	1,36 (превышение в 1,36 раза)

Примечание: расчёт выполнен для наихудших условий (штиль, скорость ветра 0,5 м/с, максимальная загрузка оборудования в зимний период при работе котельной).

Как видно из таблицы 1, по газообразным загрязнителям (NO_2, NO, CO, SO_2) фактические приземные концентрации не превышают установленных ПДК. Однако по зерновой пыли наблюдается превышение ПДК в 1,36 раза. Это согласуется с данными формы 2-ТП, согласно которым из 210,95 т/год отходящей пыли на очистку поступает 210,87 т/год, улавливается 198,38 т/год, но в атмосферу всё равно выбрасывается 12,57 т/год неочищенной пыли. Как отмечают Веремчук Л.В. с соавт., даже незначительное превышение ПДК по пыли при хроническом воздействии формирует риск развития бронхолёгочной патологии [2].

Кроме того, бензапирен (вещество 1-го класса опасности), образующийся при сжигании дизельного топлива в котле, не нормируется в максимально разовых концентрациях, а нормируется по среднесуточным значениям (ПДК с.с. = 0,1 мкг/100 м³). Расчётная среднесуточная концентрация бензапирена в приземном слое при работе котельной составляет 0,12 мкг/100 м³, что превышает ПДК в 1,2 раза. Бензапирен вносит значительный вклад в формирование канцерогенного риска.

С гигиенической точки зрения воздействие выбросов предприятия на здоровье населения и работников связано преимущественно с хроническим ингаляционным путем поступления. Диоксид и оксид азота вызывают раздражение слизистых оболочек дыхательных путей, отек легких, снижение иммунитета и способствуют развитию бронхитов и пневмоний. Оксид углерода обладает острым токсическим действием, нарушая транспорт кислорода в крови, что при длительном воздействии может приводить к хронической гипоксии и поражению сердечно-сосудистой системы. Диоксид серы раздражает верхние дыхательные пути, провоцирует бронхоспазм и обострение астмы. Как

указывает Оконенко Т.И., «установлена прямая зависимость между содержанием в атмосфере воздуха диоксида азота и заболеваемостью ОРВИ и обострениями бронхиальной астмы у детей» [5]. Это особенно важно для оценки рисков для детского населения, проживающего вблизи предприятия.

Зерновая пыль (органическая пыль растительного происхождения) относится к веществам фиброгенного действия. При длительном вдыхании она вызывает хронический бронхит, биссиноз («болезнь хлопкоробов» и зернопереработчиков), а также аллергические реакции и бронхиальную астму. Для работников предприятия продолжительность ингаляционного воздействия в рабочей зоне составляет 8 часов в сутки (стандартная рабочая смена). ПДК зерновой пыли в воздухе рабочей зоны установлен на уровне 4 мг/м³ (при содержании диоксида кремния менее 2%). Учитывая, что суммарный выброс пыли в атмосферу составляет 12,57 т/год, а очистка на локальных источниках не всегда эффективна, в зоне обслуживания оборудования возможно превышение ПДК р.з. в несколько раз. Хроническое вдыхание такой пыли в течение полного рабочего дня формирует достоверный риск развития профессиональных заболеваний легких при стаже работы более 5 лет. Чаева Е.В. с соавт. подчеркивают, что «лёгкие находятся в постоянном контакте с компонентами антропогенного загрязнения воздуха, что может отражаться на их антиинфекционной резистентности» [6]. Таким образом, работники предприятия попадают в группу повышенного риска по бронхолегочным инфекциям и профессиональным заболеваниям.

При круглосуточном воздействии (24 часа) на население прилегающих территорий риск ниже за счет меньшей длительности экспозиции, однако чувствительные группы (дети, пожилые, лица с респираторными заболеваниями) остаются уязвимыми. Андреева Е.Е. с соавт. в своем исследовании выделяют «в качестве приоритетных факторов опасности ... азота диоксид, взвешенные вещества, формальдегид, оксид азота» [1]. Эти же вещества присутствуют

в выбросах ООО «Кубанская крупяная компания», что подтверждает необходимость оценки рисков для населения.

Важным фактором, усугубляющим воздействие, является несоблюдение нормативного размера санитарно-защитной зоны. Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» (раздел 8, класс III, п. 8.3.3) для «Мельницы производительностью более 2 т/час, крупорушки, зернообдирочные предприятия» ориентировочная санитарно-защитная зона составляет 300 метров. В ходе исследования установлено, что на ООО «Кубанская крупяная компания» указанная ориентировочная СЗЗ не соблюдается. Более того, с учетом розы ветров (среднегодовая повторяемость: восточный – 26,2%, западный – 16,4%, юго-западный – 15,8%, северо-восточный – 14,2%, северо-западный – 12,3%, юго-восточный – 6,8%, южный – 6,6%, северный – 1,6%) выполнен расчет уточненной СЗЗ по румбам с использованием формулы $L = L_0 \cdot (P/P_0)$, где $L_0 = 300$ м, $P_0 = 12{,}5\%$ (среднегодовая повторяемость при круговой розе ветров). Получены следующие значения: север – 158,4 м, северо-восток – 374,4 м, восток – 393,6 м, юго-восток – 295,2 м, юг – 38,4 м, юго-запад – 340,8 м, запад – 628,8 м, северо-запад – 163,2 м. Таким образом, нормативная СЗЗ должна быть увеличена в западном (до 629 м), восточном (до 394 м) и юго-западном (до 341 м) направлениях.

Анализ данных Публичной кадастровой карты показывает, что территория объекта граничит с земельными участками для ведения личного подсобного хозяйства и жилой застройкой на расстояниях, значительно меньших расчетных. В северном направлении жилые дома с приусадебными участками зафиксированы на расстоянии 208 м, в северо-восточном – отдельно стоящие индивидуальные жилые дома на расстоянии 172 м и далее до 296 м, в восточном – жилые дома на расстоянии 103 м и далее до 298 м, в юго-

восточном – жилые дома на расстоянии 266 м, в юго-западном – участок ЛПХ на расстоянии 293 м, в западном – производственные объекты на расстоянии от 21 м, в северо-западном – жилые дома на расстоянии 187 м и далее до 298 м. Кислицына В.В. с соавт. в исследовании воздействия промышленных выбросов установили, что «суммарные значения риска хронической интоксикации значительно превышают приемлемый уровень в отдельных точках» [3]. Применительно к рассматриваемой ситуации, жилая застройка попадает в зону прямого воздействия неорганизованных выбросов зерновой пыли и продуктов горения дизельного топлива, что создает неприемлемый риск для здоровья населения, особенно при преобладающих западном и восточном ветрах, формирующих максимальные уточненные СЗЗ до 629 м и 394 м соответственно.

Таким образом, проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы. ООО «Кубанская крупяная компания» осуществляет выбросы значительных количеств загрязняющих веществ: оксида углерода (2,31 т/год), диоксида азота (0,33 т/год), диоксида серы (0,042 т/год) и зерновой пыли (12,57 т/год). Очистка газообразных веществ на предприятии отсутствует. Все выбрасываемые вещества относятся к 3-4 классам опасности, а бензапирен, образующийся при работе дизельной котельной, – к 1-му классу (канцероген). Диоксид азота, оксиды азота, диоксид серы и зерновая пыль обладают выраженным общетоксическим, раздражающим и фиброгенным действием, формируя риск развития профессиональных бронхолегочных заболеваний у работников при 8-часовом вдыхании в течение рабочей смены, а также дополнительные риски для населения прилегающей жилой застройки. Ориентировочная санитарно-защитная зона в 300 м не соблюдается, а с учетом розы ветров требуемые размеры СЗЗ достигают 629 м в западном направлении, что делает необходимым либо разработку мероприятий по снижению выбросов, либо корректировку границ зоны влияния предприятия с последующим выносом, либо закрытием ближайших жилых объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреева Е.Е. Гигиеническая характеристика приоритетных объектов среды обитания и оценка риска, связанного с их воздействием, на примере г. Москвы / Е.Е. Андреева, П.З. Шур, А.Р. Клименко, В.А. Фокин // Анализ риска здоровью. 2015. № 4. С. 62-72.

2. Веремчук Л.В. Влияние загрязнения воздушной среды на формирование уровней общей заболеваемости бронхолегочной патологией во Владивостоке / Л.В. Веремчук, Н.А. Черпак, Т.А. Гвозденко, М.В. Волкова // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2014. № 1(55). С. 4-8.

3. Кислицына В.В. Оценка риска для здоровья населения промышленного города от влияния выбросов металлургического предприятия / В.В. Кислицына, Д.В. Суржиков, Р.А. Голиков, Т.Г. Корсакова // Медицина в Кузбассе. 2022. № 3. С. 75-79.

4. Куленцан А.Л. Влияние на человека загрязняющих веществ в г. Москва / А.Л. Куленцан, Н.А. Марчук // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2022. Т. 65. Вып. 9. С. 129-137.

5. Оконенко Т.И. Влияние аэрополлютантов на обращаемость в поликлинику детей с обострениями бронхиальной астмы и острыми отитами // Вестник Новгородского государственного университета. 2005. № 32. С. 15-18.

6. Чаева Е.В. Загрязнение атмосферного воздуха и иммунная защита легких / Е.В. Чаева, Т.К. Шинтаев, Н.И. Алексеева, А.Н. Микеров // Бюллетень медицинских Интернет-конференций. 2013. Т. 3. № 2. С. 1.

© Романчук Д.И., Сухомлинова А.Г., 2026

2.4. ЗЕЛЕНАЯ ХИМИЯ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 502.174:604.6

Бельцов М.А., Бебнев М.В., Снурницына В.А.
ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация
e-mail: v.snurnitsina@rgau-msha.ru

ЗЕЛЕНАЯ ХИМИЯ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Аннотация. В статье рассматриваются современные тенденции интеграции биотехнологических методов с принципами зеленой химии для создания ресурсоэффективных производств. Показана роль ферментативного катализа и синтетической биологии в снижении энергоемкости химических процессов. Анализируются примеры гибридных технологий переработки отходов, включая биоконверсию пластиков и использование микроводорослей. Обосновывается, что симбиоз данных наук формирует основу циркулярной биоэкономики, способствуя решению экологических проблем и минимизации техногенных угроз.
Ключевые слова: биотехнология, зеленая химия, ресурсосбережение, переработка отходов.

Beltsov M.A., Bebnev M.V., Snurnitsyna V.A.
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

BIOTECHNOLOGY AS A DRIVER FOR THE DEVELOPMENT OF GREEN CHEMISTRY AND RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES

Abstract. The article examines current trends in the integration of biotechnological methods with the principles of green chemistry to create resource-efficient production.

The role of enzymatic catalysis and synthetic biology in reducing the energy intensity of chemical processes is shown. Examples of hybrid waste recycling technologies, including plastic bioconversion and the use of microalgae, are analyzed. It is substantiated that the symbiosis of these sciences forms the basis of a circular bioeconomy, contributing to the solution of environmental problems and minimization of man-made threats.
Keywords: biotechnology, green chemistry, resource saving, waste recycling.

Современная промышленность стоит перед тройственным вызовом: необходимость наращивания производства товаров, истощение ископаемых ресурсов и глобальное загрязнение среды. Традиционная химическая технология, основанная на нефтехимическом сырье и жестких условиях синтеза, исчерпала экологический ресурс. Ответом на этот кризис стала консолидация двух научных направлений – биотехнологии и зеленой химии, объединенных философией ресурсосбережения. Зеленая химия предлагает 12 принципов проектирования безопасных производств [1], а биотехнология предоставляет инструменты – ферменты, микроорганизмы и клеточные культуры, позволяющие реализовать эти принципы на практике. Цель данной работы – показать механизмы и результаты синергии биотехнологии с зеленой химией для создания устойчивых ресурсосберегающих технологий.

1. Теоретические основы интеграции: биокатализ и возобновляемое сырье

Ключевым пересечением двух дисциплин является концепция биокатализа. Ферменты, в отличие от традиционных металлических катализаторов, работают в мягких условиях (20-40 °C, атмосферное давление, нейтральная pH), что радикально снижает энергозатраты. Это напрямую коррелирует с шестым принципом зеленой химии – «энергоэффективность» [2].

Более того, биотехнология позволяет вовлекать в оборот возобновляемое сырье (биомассу, лигноцеллюлозу, отходы пищепрома), замещая ископаемые углеводороды. Современные штаммы микроорганизмов, созданные методами

синтетической биологии, способны превращать сахара из растительного сырья в тонкие химические вещества, которые ранее получали исключительно из нефти. Например, компания Genomatica разработала процесс ферментации для производства бутандиола – прекурсора пластиков и эластомеров, сокращающий выбросы CO_2 на 60% по сравнению с нефтехимическим синтезом [3].

2. Фотобиокатализ и микробные фабрики будущего

Одним из наиболее перспективных направлений является использование фотобиокатализа – гибрида фотосинтеза и ферментативного катализа. В рамках европейского проекта PhotoBioCat исследователи создают цианобактерии, продуцирующие ценные соединения напрямую под действием света, без добавления сахаров [4]. Микроорганизмы выступают в роли самовоспроизводящихся катализаторов, использующих только CO_2, воду и солнечный свет.

Другой пример – концепция интегрированных биорефайнеров, где микроводоросль Haematococcus pluvialis одновременно накапливает мощный антиоксидант астаксантин (для фармацевтики) и липиды (для биотоплива). Таким образом достигается безотходность: каждый компонент клетки находит применение, что соответствует принципу предотвращения образования отходов.

3. Биотехнологические решения для переработки отходов

Отдельный пласт ресурсосберегающих технологий связан с деградацией и утилизацией трудноразлагаемых отходов. Традиционные методы сжигания или захоронения пластиков не решают проблему, а лишь трансформируют ее. Биотехнология предлагает ферментативный гидролиз. Японские ученые обнаружили бактерию Ideonella sakaiensis, способную разлагать ПЭТ, и на основе ее ферментов создали более эффективные мутантные варианты [5].

Сегодня исследователи из A*STAR (Сингапур) с помощью ИИ разрабатывают ферменты, расщепляющие пластик на мономеры в мягких

условиях. Это позволяет замыкать цикл: мономеры полимеризуются заново в новый пластик без потери качества (химический рециклинг).

В России (ТулГУ) изучается проблема фуранов – токсичных соединений, образующихся при гидролизе растительного сырья и препятствующих его сбраживанию. Цель проекта – найти микроорганизмы, способные не только выдерживать высокие концентрации фуранов, но и утилизировать их как источник углерода [6].

4. Роль искусственного интеллекта в проектировании биопроцессов

Важнейшим фактором ускорения зеленой трансформации стали цифровые технологии. Машинное обучение позволяет предсказывать структуру и свойства ферментов, сокращая время их разработки со стадий случайного мутагенеза до целенаправленного дизайна (100-150-кратное ускорение). Алгоритмы оптимизируют состав питательных сред и режимы ферментации, снижая потребление воды и электроэнергии.

Процесс-аналитические технологии (PAT) обеспечивают контроль в реальном времени, что исключает брак и перерасход сырья. Цифровые двойники биореакторов позволяют моделировать процессы масштабирования, избегая дорогостоящих ошибок на этапе перехода от лаборатории к заводу.

Связь биотехнологии с зеленой химией носит системный характер: биотехнология предоставляет живые инструменты для воплощения принципов зеленой химии, а зеленая химия задает экологический императив для разработки биопроцессов. Ресурсосберегающие технологии на их основе позволяют не просто снижать вред, а перестраивать промышленность на циркулярной основе. От биоконверсии пластиков до фотобиокатализа – эти направления формируют фундамент экономики замкнутого цикла, где отходы становятся пищей для новых производств. Дальнейшее развитие будет связано с углублением гибридизации химических и биологических методов, а также широким внедрением ИИ для проектирования устойчивых процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yoshida S. et al. A bacterium that degrades and assimilates poly(ethylene terephthalate) // Science. 2016. Vol. 351, № 6278. P. 1196–1199.

© Бельцов М.А., Бебнев М.В., Снурницына В.А., 2026

УДК 332.8:620.9

Борисова О.Н., Денисов С.В.

Российский государственный университет туризма и сервиса, г. Пушкино, Российская Федерация

e-mail: borisova-on@bk.ru

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ МНОГОКВАРТИРНЫМИ ДОМАМИ: СНИЖЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА

Аннотация. В статье рассмотрены экологические аспекты эксплуатации многоквартирных домов (МКД). Проанализирован зарубежный опыт и российская практика повышения энергоэффективности. На примере жилого комплекса реновации показано несоответствие проектных и фактических показателей энергопотребления. Обосновывается, что совершенствование организационно-управленческих механизмов в эксплуатации жилого фонда позволяет сократить энергопотребление на 25-35%, что пропорционально снижает выбросы CO_2 и минимизирует экологический ущерб от эксплуатации жилого фонда.

Ключевые слова: энергоэффективность, экологический ущерб, выбросы CO_2, жилищный фонд, многоквартирный дом, зарубежный опыт, ресурсосбережение.

Borisova O.N., Denisov S.V.

Russian State University of Tourism and Service, Pushkino, Russian Federation

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES IN APARTMENT BUILDING MANAGEMENT: REDUCING ENVIRONMENTAL DAMAGE

Abstract. The article examines the environmental aspects of the operation of apartment buildings. Foreign experience and Russian practice of improving energy efficiency are analyzed. Using the example of a renovation residential complex, the discrepancy between design and actual energy consumption indicators is shown. It is substantiated that improving the organizational and managerial mechanisms in management companies makes it possible to reduce energy consumption by 25-35%, which proportionally reduces CO_2 emissions and minimizes the environmental damage from the operation of the housing stock.

Keywords: energy efficiency, environmental damage, CO_2 emissions, housing stock, apartment building, foreign experience, resource-conserving technologies.

Эксплуатация жилищного фонда является одним из крупнейших источников негативного воздействия на окружающую среду. По данным официальной статистики, на жилищно-коммунальный комплекс приходится более 40% совокупного потребления энергоресурсов в России [1], что влечет за собой значительные объемы выбросов парниковых газов. Сегодня в мире действуют два актуальных процесса: энергетический переход от ископаемого топлива к «зеленым» источникам и ужесточение климатического регулирования, включая налоги на выбросы углекислых газов. Жилые здания, на которые в России приходится более 40% энергопотребления, являются ключевым элементом этих процессов. Поэтому повышение энергоэффективности их эксплуатации – это не просто способ экономии на коммунальных платежах, а

необходимое условие для снижения экологической нагрузки, выполнения международных обязательств и повышения конкурентоспособности национальной экономики.

Мировой опыт показывает необходимость корректировки между энергоэффективностью зданий и уровнем их воздействия на экологию [2]. В странах Европейского Союза действует директива по энергоэффективности зданий, требующая, чтобы все новые здания с 2021 года соответствовали стандартам «почти нулевого энергопотребления». Европейский стандарт «Пассивный дом» (комплексная концепция строительства) задает предельный уровень удельного энергопотребления 15-25 кВт·ч/(м²·год), что позволяет сократить выбросы CO_2 на 80-90% по сравнению с традиционной застройкой [5]. Ключевыми элементами зарубежных стратегий являются не только высокотехнологичные инженерные решения, но и развитые системы энергоменеджмента, мониторинга и поведенческой мотивации потребителей.

В России с 2009 года действует Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» [1], а с 2021 года введены новые правила определения класса энергоэффективности МКД, утвержденные Постановлением Правительства РФ № 1628. С 1 января 2025 года введен в действие стандарт ГОСТ Р 71545-2024, комплексно регулирующий вопросы энергосбережения в МКД на всех этапах их жизненного цикла [4]. В Москве в рамках программы реновации возводятся дома, соответствующие высоким классам энергоэффективности (А и выше), с проектным потреблением 155-185 кВт·ч/(м²·год), что приближается к лучшим европейским показателям.

Однако, как показало исследование, проведенное на примере многоквартирного жилого комплекса в Москве, построенного в 2024 году, существует значительный разрыв между проектными решениями и фактической эффективностью эксплуатации здания (таблица 1). Объект оснащен современным оборудованием, включая индивидуальный тепловой пункт с

погодозависимой автоматикой, рекуперация тепла в вентиляции (эффективность 70-85%), светодиодное освещение и водосберегающая арматура. Технически здание способно поддерживать класс энергоэффективности не ниже – А.

Таблица 1

Сравнение проектных и фактических показателей энергопотребления МКД

Показатель	Проект	Факт	Отклонение
Энергопотребление, кВт·ч/(м²·год)	155-185	195-220	+22…+35%
Класс энергоэффективности	А	В/С	–
Дополнительные выбросы CO_2, тонн/год	–	~350	–

Тем не менее, анализ фактических данных, полученных в ходе исследования, выявил, что текущее энергопотребление составляет 195-220 кВт·ч/(м²·год), что соответствует классу энергоэффективности – В, и даже приближается к нижней границе класса – С. Расхождение между проектом и реальностью достигает 22-35% от заложенного потенциала. Причина заключается не в техническом оснащении здания, а в системных управленческих проблемах:

1. Отсутствие специализированной структуры по энергоменеджменту в системе эксплуатации здания, что исключает системный анализ данных приборов учета.

2. Несовершенство систем мониторинга – данные собираются вручную для финансовой отчетности, а не для выявления аномалий и оптимизации режимов работы инженерных систем.

3. Низкая энергетическая грамотность жильцов и отсутствие прозрачной обратной связи, что ведет к нерациональному потреблению (завышенная температура в квартирах, использование окон для проветривания зимой, бесконтрольное освещение).

Выявленные управленческие и поведенческие факторы приводят к прямым экологическим последствиям. Суммарные сверхнормативные потери тепла и электроэнергии только по одному дому оцениваются в 400-720 тыс. рублей ежегодно. В пересчете на эквивалент CO_2 это составляет около 350 тонн дополнительных выбросов в год, которые можно было бы избежать без капитальных затрат, исключительно за счет повышения качества управления.

Зарубежный опыт подтверждает, что решение не огранивается только технической модернизацией. В странах ЕС и Северной Америки ключевую роль играют организационно-управленческие механизмы: создание служб энергоменеджмента, внедрение автоматизированных систем диспетчеризации (АСУДП), развитие программ экономических решений, которые позволяют снижать потребление на 10-20% без замены оборудования[2].

Адаптируя зарубежный опыт к российским условиям, в рамках исследования разработан комплексный механизм совершенствования управления энергоэффективностью, включающий три основных уровня воздействия[6]:

1. Организационный: создание в структуре правления МКД отдела (или введение должности специалиста) по энергосбережению с функциями мониторинга, анализа и планирования.

2. Информационный: внедрение АСУДП с использованием технологий маломощных широкополосных сетей, разработанные для Интернета вещей для непрерывного сбора данных, оперативного выявления аномалий и обеспечения прозрачности для жильцов[3].

3. Социально-поведенческий: реализация программ информирования, обучения и материального стимулирования собственников для формирования энергосберегающего образа жизни.

Реализация данного механизма позволит снизить энергопотребление до проектного уровня, что обеспечит экономию в 3,4-4,8 млн. рублей в течение 5

лет. Дополнительно, это позволит сократить выбросы CO_2 в окружающую среду на 350 тонн, что минимизирует экологический ущерб от эксплуатации жилого фонда.

Таким образом, эксплуатация жилого фонда в РФ остаётся серьёзным источником загрязнения природной среды. Снижать выбросы парниковых газов, значит напрямую решать задачи техносферной безопасности. Как показывает данное исследование, организационно-управленческие меры позволяют внедрить скрытый потенциал энергосбережения без крупных вложений. В отличие от дорогой технической модернизации, они дают быстрый экологический эффект и сокращают вредные выбросы. Поэтому в экологической политике ЖКХ приоритетными являются не только «пассивные дома», но и системы энергоменеджмента, автоматизированный мониторинг, а также снижение уровня CO_2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности…» // Собрание законодательства РФ. – 2009. – № 48. – Ст. 5719.

2. Борисова О.Н. Насущные вопросы ресурсосбережения в ЖКХ – опыт европейских стран // Славянский форум. 2017. № 3 (17). С. 248-255.

3. Борисова О.Н. Построение моделей информационной системы управления ТКО / О.Н. Борисова, И.Г. Доронкина, С.В. Денисов // Экология промышленного производства. 2026. № 1 (133). С. 14-18.

4. ГОСТ Р 71545–2024. Национальный стандарт Российской Федерации. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в многоквартирных домах. Москва: Стандартинформ, 2024. 32 с.

5. Борисова О.Н. Пассивный дом – идея энергоэффективного домостроения / О.Н. Борисова // Славянский форум. 2019. № 4 (26). С. 348-355.

6. Борисова О.Н. Оптимизация энергоэффективности зданий в системе ЖКХ / О.Н. Борисова // Славянский форум. 2019. № 1 (23). С. 94-99.

© Борисова О.Н., Денисов С.В., 2026

УДК 628.3:661.183.12

Драбкова Т.В., Холикова С.Д., Исанова Р.Р.

Ташкентский государственный технический университет, г. Ташкент, Республика Узбекистан

e-mail: tatyana111183@mail.ru

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ПЕРЕРАБОТКА ТЯЖЁЛЫХ СМОЛИСТЫХ ОТХОДОВ ПИРОЛИЗА В АМФОТЕРНЫЕ ИОНООБМЕННЫЕ СОРБЕНТЫ

Аннотация. В статье представлен ресурсосберегающий способ переработки тяжёлых смолистых отходов пиролиза (тар-продукта) в амфотерные аминокарбоксильные амфолиты. Разработана методика выделения тетрацена из отходов с последующим синтезом ионита. Технология решает проблему утилизации опасного отхода и импортозамещения сорбентов, соответствуя принципам циркулярной экономики.

Ключевые слова: тар-продукт, амфотерный сорбент, аминокарбоксильный амфолит, утилизация отходов, очистка сточных вод, тяжёлые металлы, циркулярная экономика.

Drabkova T.V., Kholikova S.D., Isanova R.R.
Tashkent State Technical University, Tashkent, Republic of Uzbekistan

RESOURCE-SAVING PROCESSING OF HEAVY TARRY PYROLYSIS WASTE INTO AMPHOTERIC ION EXCHANGE SORBENTS

Abstract. The article presents a resource-saving method for processing heavy tarry pyrolysis waste (tar product) into amphoteric aminocarboxylic ampholiths. A technique has been developed for the isolation of tetracene from waste followed by the synthesis of ionite. The technology solves the problem of hazardous waste disposal and sorbent import substitution, conforming to the principles of circular economy.
Keywords: packaging product, amphoteric sorbent, aminocarboxylic ampholyte, waste disposal, wastewater treatment, heavy metals, circular economy.

Введение. В условиях интенсификации промышленного производства проблема накопления и переработки отходов приобретает стратегическое значение для обеспечения экологической и техносферной безопасности. Республика Узбекистан, обладая развитым нефтегазохимическим комплексом, сталкивается с необходимостью внедрения эффективных решений в области обращения с промышленными отходами. Ежегодно только в нефтегазохимической отрасли образуются тысячи тонн тяжёлых смолистых остатков пиролиза – так называемого тар-продукта, который в настоящее время преимущественно складируется, нанося значительный ущерб окружающей среде.

Тар-продукт представляет собой сложную многокомпонентную смесь высокомолекулярных ароматических соединений, включая антрацен, фенантрен, тетрацен и их алкилированные производные [1-3]. Прямое захоронение таких отходов приводит к загрязнению грунтовых вод полициклическими

ароматическими углеводородами (ПАУ), обладающими канцерогенными и мутагенными свойствами. С другой стороны, тар-продукт является ценным вторичным сырьём для выделения индивидуальных ароматических соединений, которые могут служить прекурсорами для синтеза функциональных материалов [4,5].

Параллельно с проблемой отходов в Узбекистане остро стоит вопрос загрязнения водных ресурсов промышленными сточными водами. Более 90% водозабора приходится на сельское хозяйство, однако промышленные сбросы вносят основной вклад в ухудшение качества поверхностных и подземных вод. Сточные воды предприятий цветной металлургии, химических производств и текстильных фабрик содержат тяжёлые металлы, сульфаты, хроматы, фенолы и синтетические красители, превышающие ПДК.

Традиционные методы очистки – осаждение, ионный обмен на сильнокислотных катионитах и сильноосновных анионитах, адсорбция на активированном угле – обладают рядом недостатков: низкой селективностью к многокомпонентным загрязнителям, необходимостью раздельной обработки катионных и анионных примесей, высокими эксплуатационными затратами.

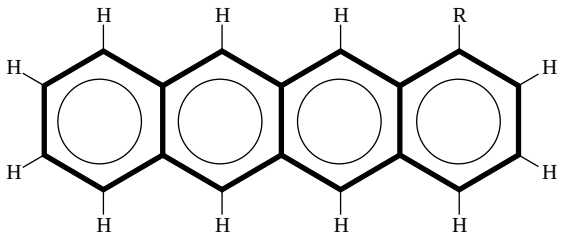
Амфотерные иониты (амфолиты), содержащие одновременно карбоксильные (-COOH) и аминогруппы ($-NH_2$, $=NH$, $\equiv N$), способны эффективно сорбировать как катионы, так и анионы в широком диапазоне pH. Однако их широкое применение сдерживается высокой стоимостью исходных мономеров и сложностью синтеза. В настоящей работе предлагается ресурсосберегающий подход: выделение тетрацена из тар-продукта – крупнотоннажного отхода пиролиза – с последующим синтезом на его основе аминокарбоксильного амфолита. Такой подход решает одновременно две задачи: утилизацию опасного промышленного отхода и получение высокоэффективного сорбента для очистки сточных вод.

Перспективным направлением является выделение из тар-продукта индивидуальных полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), в частности тетрацена ($C_{18}H_{12}$). Тетрацен (бензо[b]антрацен) – линейный ПАУ с четырьмя конденсированными бензольными кольцами, обладает высокой химической стабильностью и способностью к супрамолекулярной организации.

Материалы и методы. Исходным сырьём для синтеза амфотерного сорбента служит тар-продукт – тяжёлая смола пиролиза (рис. 1), являющаяся вторичным отходом производства этилена и пропилена на Устюртском газохимическом комплексе СП ООО «Uz-Kor Gas Chemical». Сырьё измельчали и подвергали ступенчатой вакуумной перегонке. Отбирали четыре дистиллятные фракции в следующих температурных интервалах 50-400 °C, 360–>400 °C, фракция обогащённая тетраценом и его метил-/этилзамещёнными гомологами.

Рис. 1. Внешний вид пыльного тар-продукта

Целевую фракцию охлаждали и выдерживали в холодильнике с целью кристаллизации. Образовавшийся кристаллический осадок отделяли вакуумной фильтрацией, получая кристаллическую фракцию тетрацена и его алкилзамещённых гомологов.



R = -CH_3, -CH_3CH_2.

Синтез аминокарбоксильного амфолита проводили в три стадии. На первой стадии тетраценсодержащую фракцию окисляли до соответствующих хинонов и карбоновых кислот с помощью азотной кислоты в присутствии катализатора серной кислоты при температуре до 120 °С в течение 4–5 часов.

На второй стадии проводили аминирование полученного тетрахинонкарбонового производного этилендиамином в среде хлороформа в течение 2 часов при температуре 80 °С. Образовывались структуры типа тетрахинон-диэтилендиамин и тетрахинон-диэтилендиаминкарбоновой кислоты.

На третьей стадии осуществляли поликонденсацию аминированного продукта при температуре (120 °С) в течение 4 часов. Полученный полимер измельчали, промывали и сушили до постоянной массы.

В результате получен конечный аминокарбоксильный амфолит.

Результаты и обсуждения. Анализ микроструктуры синтезированного амфотерного сорбента методом сканирующей электронной микроскопии (рис. 2) выявил развитую пористую структуру с неоднородным рельефом поверхности. Наблюдаются макропоры размером 10–50 мкм и разветвленная сеть каналов, что свидетельствует о высокой удельной поверхности материала. Такая морфология обусловлена процессом поликонденсации и способствует эффективной диффузии ионов тяжелых металлов и других загрязнителей в объем сорбента.

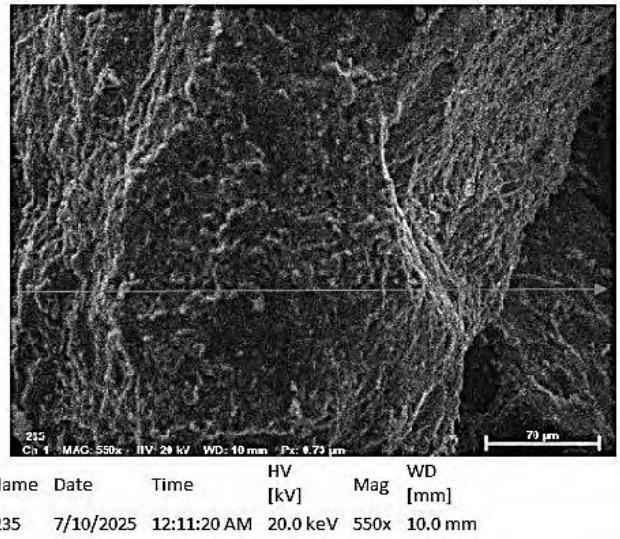


Рис. 2. Микроструктура поверхности синтезированного аминокарбоксильного амфолита (СЭМ, увеличение 550×)

Шероховатая поверхность с многочисленными выступами и впадинами создает дополнительные центры сорбции, увеличивая емкость материала. Наличие пор разного размера (микро-, мезо- и макропор) обеспечивает многостадийный механизм сорбции: быструю внешнюю адсорбцию на поверхности с последующей медленной диффузией во внутренние поры.

Элементный анализ подтвердил успешное проведение всех стадий синтеза. Высокое содержание азота (14,40 мас.%) свидетельствует о полноте реакции аминирования и введении аминогрупп в структуру полимера. Наличие кислорода (4,11 мас.%) указывает на присутствие карбоксильных групп, образовавшихся при окислении тетрацена и его алкильных заместителей. Соотношение C:N:H:O соответствует ожидаемой структуре аминокарбоксильного амфолита с чередующимися ароматическими фрагментами тетрацена и функциональными группами (-COOH, -NH_2).

Развитая пористая структура в сочетании с амфотерными свойствами (наличием как кислотных, так и основных функциональных групп) определяет высокую сорбционную емкость материала по отношению к катионам тяжелых

металлов и анионам в широком диапазоне pH. Механизм сорбции включает ионный обмен, хелатирование и электростатическое взаимодействие

Выводы. 1. Разработан ресурсосберегающий метод утилизации тяжёлых смолистых отходов пиролиза (тар-продукта) путем выделения тетрацена и синтеза на его основе аминокарбоксильного амфотерного сорбента.

2. Методом СЭМ установлено, что синтезированный амфолит обладает развитой пористой структурой с размером пор 10-50 мкм и неоднородным рельефом поверхности, что обеспечивает высокую удельную поверхность и благоприятные условия для сорбции загрязнителей.

3. Элементный анализ подтвердил успешное введение функциональных групп: содержание азота 14,40 мас.% свидетельствует о полноте аминирования, наличие кислорода (4,11 мас.%) указывает на присутствие карбоксильных групп.

4. Полученный амфотерный сорбент сочетает катионо- и анионообменные свойства, что позволяет использовать его для комплексной очистки сточных вод от многокомпонентных загрязнений (тяжелые металлы, сульфаты, хроматы) в широком диапазоне pH.

5. Предложенная технология решает двойную задачу: утилизацию опасного промышленного отхода (тар-продукта) и получение импортозамещающего сорбционного материала, что соответствует принципам циркулярной экономики и способствует повышению экологической безопасности Республики Узбекистан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахмадалиев М.А. Изучение образования тяжёлых смолистых тар-продуктов при пиролизе углеводородного сырья Устюртского газоконденсата / М.А. Ахмадалиев, И.И. Шарофиддинов // Universum: технические науки. № 5 (86). Ч. 4. С. 20-24.

2. Кодиров О.Ш. Исследование химического состава пироконденсата пиролизного производства / О.Ш. Кодиров, Х.Ч. Мирзакулов, Х.У. Бердиев, В.В. Шарипова // Universum: технические науки. 2018. № 9 (54). С. 59-64.

3. Исакулова М.Ш. Химический состав и применение тарпродукта, образующегося при пиролизе углеводородов // Экономика и социум. 2022. № 9 (100). С. 367-370.

4. Кенжаев А.К., Нурмонов С.Э., Хакбердиев Ш.М. «Синтез и свойства полиметиленнафталинсульфокислоты на основе вторичного продукта пиролиза углеводородов». Universum: химия и биология, 2022, № 7 (97).

5. Karimova Z. Study of by-products composition and synthesis of carbon acids [Electronic resource] / Z. Karimova // Universum: технические науки. 2024. № 12 (129). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/study-of-by-products-composition-and-synthesis-of-carbon-acids (дата обращения: 26.03.2026).

© Драбкова Т.В., Холикова С.Д., Исанова Р.Р., 2026

УДК 615.014

Снурницына В.А., Титова Д.И., Лактионова А.А.

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

e-mail: v.snurnitsina@rgau-msha.ru

ФАРМАКОЛОГИЯ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Аннотация. В данной работе систематизированы современные критерии ресурсоэффективности фармацевтических процессов (атомная экономичность, фактор воздействия на окружающую среду, интенсивность использования массы процесса) и проанализированы примеры успешного внедрения «зеленых» методик в синтез лекарственных препаратов, демонстрирующие, что

экологичность и экономическая эффективность могут быть синергичными, а не взаимоисключающими целями.

Ключевые слова: зеленая химия, фармацевтическая промышленность, ресурсоэффективность, E-factor.

Snurnitsyna V.A., Titova D.I., Laktionova A.A.
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

PHARMACOLOGY AND RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES

Abstract. This paper systematizes modern criteria for resource efficiency in pharmaceutical processes (atomic efficiency, environmental impact factor, and mass utilization intensity) and analyzes examples of successful implementation of green techniques in drug synthesis, demonstrating that environmental friendliness and economic efficiency can be synergistic rather than mutually exclusive goals.

Keywords: green chemistry, pharmaceutical industry, resource efficiency, E-factor.

Проблема исчерпаемости природных ресурсов и загрязнения биосферы промышленными отходами ставит перед фармацевтической отраслью задачу пересмотра устоявшихся технологических регламентов. Традиционные подходы к синтезу лекарств, ориентированные исключительно на выход целевого продукта, как правило, характеризуются низкой атомной эффективностью, высоким потреблением энергии и использованием токсичных растворителей в стехиометрических количествах. Это вступает в прямое противоречие с принципами рационального природопользования и концепцией устойчивого развития. Согласно оценкам, фармацевтическая промышленность, производя относительно небольшой тоннаж конечной продукции, лидирует по показателю

Е-фактора (количества отходов на килограмм продукта), который для производства сложных антибиотиков и стероидов может достигать сотен единиц.

В связи с этим, ресурсосберегающие технологии в фармакологии представляют собой комплекс мер, охватывающий полный жизненный цикл лекарственного средства: от дизайна молекулы до утилизации отходов. Этот комплекс включает оптимизацию химических реакций (применение катализа для замены стехиометрических реагентов, использование альтернативных «зеленых» растворителей, таких как вода, ионные жидкости или сверхкритический CO_2), а также рециклинг материальных потоков на производстве и разработку методов биоразлагаемой упаковки.

Формирование модели устойчивого развития в химической науке и промышленности базируется на внедрении принципов зеленой химии [1]. Методологическую основу этой области заложили П. Анастас и Дж. Уорнер, предложив двенадцать взаимосвязанных принципов, охватывающих полный жизненный цикл химической продукции – от выбора сырья до утилизации.

1. Предотвращение отходов. Предотвращение образования отходов на стадии разработки процесса эффективнее их последующей утилизации или обезвреживания.
2. Атомная экономичность. Синтетические маршруты должны максимизировать долю атомов реагентов, переходящих в целевой продукт.
3. Редукция токсической нагрузки. Использование и генерация веществ должны быть ориентированы на минимальную токсичность для биологических объектов и экосистем.
4. Дизайн целевых продуктов. Разработка материалов должна обеспечивать баланс высокой функциональности и пониженной токсичности на всех этапах жизненного цикла.
5. Минимизация вспомогательных агентов**.** Использования вспомогательных веществ (растворители, разделяющие агенты) следует избегать; при

необходимости их применения приоритетом является безопасность для окружающей среды.

6. Энергетическая эффективность. Технологии следует оценивать по энергоемкости; идеальной моделью является синтез в условиях, приближенных к стандартным (комнатная температура, атмосферное давление).

7. Ресурсосбережение и возобновляемость. При технико-экономической целесообразности предпочтение отдается сырью возобновляемого происхождения.

8. Снижение числа стадий. Необходимо минимизировать использование блокирующих групп и временных модификаторов, поскольку каждый дополнительный этап увеличивает отходы и ресурсопотребление.

9. Каталитическая селективность. Применение высокоселективных каталитических систем предпочтительнее стехиометрических подходов, так как позволяет снизить отходы и интенсифицировать процесс.

10. Биодеструкция и разлагаемость. Молекулярный дизайн продуктов должен предусматривать их деградацию в природной среде после эксплуатации без образования устойчивых токсикантов.

11. Аналитический мониторинг. Необходимо развитие методов онлайн-контроля для предотвращения аварийных ситуаций и образования опасных субстанций.

12. Техногенная безопасность. Выбор физико-химических форм реагентов и условий процесса должен минимизировать риски аварий, выбросов токсичных соединений, возгораний и взрывов.

Для объективной оценки количественных показателей (метрик) ресурсоэффективности внедрения «зеленых» принципов используются специальные метрики. Они позволяют сравнивать разные технологические маршруты и отслеживать прогресс.

- PMI (Process Mass Intensity) – отношение общей массы всех материалов

(включая воду) к массе полученного продукта; характеризует массовую эффективность процесса.

- E-factor (Environmental Factor) – отношение массы образующихся отходов к массе продукта; чем ниже значение, тем экологичнее процесс.
- FLASC (Fast Life Cycle Assessment of Synthetic Chemistry) – инструмент компании GSK для ускоренной оценки жизненного цикла в синтетической химии, адаптированный для ранних стадий разработки фармацевтических процессов при ограниченном объеме исходных данных.

Безотходный синтез АФС: российская разработка мирового уровня Коллективом исследователей Тольяттинского государственного университета и Самарского государственного технического университета предложен подход к синтезу азолсодержащих соединений, исключающий использование токсичных реагентов. В отличие от известных методов, предполагающих применение агрессивных органических растворителей, предлагаемая методика основана на термической обработке гидроксибензилового спирта и азола при температуре 160-165 °C. В ходе процесса дегидратация спирта инициирует взаимодействие с азолом, протекающее практически мгновенно. Образующаяся в реакции вода выступает единственным побочным продуктом; целевой продукт выделяют перекристаллизацией из этанола без применения сложных аппаратурных решений.

Биотехнологический прорыв: бактерии вместо нефти Парадигма «зеленой химии» подразумевает не только уменьшение токсичности, но и использование возобновляемого сырья. В 2026 году коллектив Университета Манчестера представил технологию синтеза парацетамола из древесных отходов с использованием генно-модифицированных бактерий. Микроорганизмы, содержащие внедренные гены, осуществляют полное биохимическое превращение феруловой кислоты в готовое лекарственное вещество. Стабильная

работа мини-биореактора в течение 24 ч подтверждает потенциал замены традиционного нефтехимического синтеза.

В Санкт-Петербургском государственном университете (СПбГУ) предложен новый класс устойчивых катализаторов на основе сигма-дырок (соединения йода и теллура). В реакции Шиффа они проявляют активность, сравнимую с металлическими аналогами, но превосходят их по стабильности. В отличие от катализаторов на основе серебра, теряющих до 93% эффективности в присутствии краун-эфиров, органические катализаторы сохраняют активность в водной среде и на воздухе, что позволяет проводить синтез в физиологических условиях [2].

Учеными Нижегородского госуниверситета (ННГУ) разработаны пористые ионные полимеры для синтеза циклокарбонатов. Катализаторы обеспечивают проведение реакции при пониженных температурах и давлении, а также допускают многократное использование без образования токсичных отходов. Проточная химия и аграрные отходы. Инновационный подход к синтезу жизненно важных препаратов продемонстрировали ученые из Казахстана. Используя технологию проточных реакторов, они впервые в мире синтезировали празозин и фуросемид (препараты для лечения гипертонии и отеков) из аграрных отходов – рисовой шелухи и кукурузных початков.

Проточная химия (flow chemistry) сама по себе является ресурсосберегающей технологией: она обеспечивает лучший контроль реакции, снижает риск аварийных выбросов и позволяет легко масштабировать производство. Сочетание этого метода с использованием возобновляемого сырья создает идеальную модель для устойчивого развития фармацевтической отрасли. По мнению авторов, эта разработка служит образцом для будущих производств, где эффективность и экологичность неразрывно связаны.

Крупные фармацевтические компании интегрируют принципы зеленой химии в бизнес-процессы [3]. Компания «Янссен» (подразделение Johnson &

Johnson) реализует 12 принципов на всех этапах жизненного цикла продукции более 20 лет. С 2012 года компания участвует в европейской программе CHEM21. Результатом политики стал сертификат EARTHWARDS® для семи продуктов. В частности, при разработке онкологического препарата удвоение выхода позволило сократить расход сырья, воды и образование опасных отходов, что демонстрирует прямую корреляцию устойчивого развития с экономической эффективностью.

Традиционно разработка лекарств ориентирована на эффективность, безопасность и удобство для пациента. Однако в условиях устойчивого развития ключевым трендом становится экологичный дизайн, подразумевающий минимизацию вреда для окружающей среды на всех этапах жизненного цикла препарата.

Выбор сырья предполагает использование возобновляемых источников и компонентов с полной биодеградацией без токсичных метаболитов [4]. Производство ориентируется на замкнутые циклы водо- и реагентопотребления и переход к непрерывным технологиям. Упаковка требует перехода на мономатериалы, вторично переработанные и биоразлагаемые материалы, снижения массы упаковки, оптимизации логистики и локализации производства. Неиспользованные лекарства нуждаются в инфраструктуре сбора, централизованной утилизации и четкой маркировке.

Наиболее перспективным направлением реализации экологичного дизайна на ранних этапах является применение биоинформатики и in silico моделирования. Эти подходы сокращают время, стоимость и экологический след доклинических исследований, минимизируя потребность в реактивах, лабораторных животных и синтезе неперспективных соединений.

1. Виртуальный скрининг. Компьютер моделирует связывание потенциальных лекарств с белками-мишенями и отбирает только самые перспективные молекулы. Благодаря этому отпадает необходимость в синтезе тысяч заведомо

неподходящих соединений, что экономит реактивы и уменьшает количество химических отходов.

2. Прогнозирование токсичности (ADMET). Еще до синтеза вещества программа оценивает его поведение в организме и потенциальный вред. Это позволяет на раннем этапе отсеять токсичные соединения, не тратя на них ресурсы.

3. Репозиционирование лекарств. Поиск новых областей применения для уже существующих препаратов. Такой подход позволяет использовать уже одобренные молекулы, избегая затратных этапов создания нового вещества с нуля.

4. Оценка экотоксичности. С помощью алгоритмов машинного обучения можно заранее спрогнозировать, как лекарство повлияет на водные организмы после попадания в окружающую среду, и учесть это при проектировании.

Несмотря на очевидные успехи в области «озеленения» синтеза лекарственных препаратов, масштабное внедрение ресурсосберегающих технологий в фармакологии сопряжено с рядом серьезных вызовов. К ним относятся высокие первоначальные инвестиции в переоснащение производств, необходимость полной ревалидации биологических и фармакологических свойств препаратов, синтезированных новыми методами. Тем не менее, систематизированные в данной работе критерии ресурсоэффективности (E-factor, Process Mass Intensity) закладывают фундамент для единой системы оценки «зелености» фармпроцессов. Дальнейшее развитие отрасли будет неразрывно связано с поиском компромисса между жёсткими требованиями к чистоте активных фармацевтических субстанций (АФС) и необходимостью снижения отрицательного воздействия на экологию. Ключевым направлением будущих исследований видится развитие гибридных технологий, сочетающих каталитические методы с безотходными схемами рециклинга, а

также углубление принципов «зеленой химии» на стадию доклинических разработок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Alfonsi K., Colberg J., Dunn P. J., et al. Green chemistry tools to influence a medicinal chemistry and research chemistry based organisation / K. Alfonsi, J. Colberg, P. J. Dunn [et al.] // Green Chemistry. 2008. Vol. 10. P. 31-36.

© Снурницына В.А., Титова Д.И., Лактионова А.А., 2026

УДК 556.18:311

Сайгафаров Д.Р., Кальсин Н.А.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация

e-mail: kalsin.nikita@bk.ru

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация. В работе выполнен статистический анализ временных рядов объема оборотного водоснабжения в России за периоды 2009-2024 гг. и 2018-2024 гг. Рассчитаны основные описательные статистики: среднее арифметическое, размах, дисперсия, стандартное отклонение. Построены и интерпретированы линейные графики динамики показателя, выявлены типы трендов, локальные экстремумы и аномалии. Проведен корреляционно-регрессионный анализ связи между забором свежей воды и объемом оборотного водоснабжения. Установлена слабая положительная корреляция ($r=0,22$), наилучшая аппроксимирующая модель – полином второй степени ($R^2=0,18$). Полученные результаты свидетельствуют о нелинейном характере связи и значительном влиянии других факторов на оборотное водоснабжение.

Ключевые слова: оборотное водоснабжение, забор свежей воды, корреляционный анализ.

Saigafarov D.R., Kalsin N.A.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

STATISTICAL ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF RECYCLED WATER SUPPLY

Abstract. The paper provides a statistical analysis of the time series of the volume of recycled water supply in Russia for the periods 2009-2024 and 2018-2024. The main descriptive statistics are calculated: arithmetic mean, range, variance, and standard deviation. Linear graphs of the indicator dynamics are constructed and interpreted, types of trends, local extremes and anomalies are revealed. A correlation and regression analysis of the relationship between fresh water intake and the volume of recycled water supply has been carried out. A weak positive correlation has been established (r=0,22), and the best approximating model is a polynomial of the second degree (R^2=0,18). The results obtained indicate the nonlinear nature of the connection and the significant influence of other factors on the recycled water supply.
Keywords: recycled water supply, fresh water intake, correlation analysis.

Эффективное использование водных ресурсов является одной из ключевых задач современной биоэкономики и экологической политики. В Российской Федерации, обладающей значительными запасами пресной воды, проблема рационального водопользования стоит особенно остро в связи с неравномерностью распределения водных ресурсов по территории, высокой водоемкостью многих производств и возрастающей антропогенной нагрузкой [1,2]. Оборотное водоснабжение позволяет повторно использовать

воду в технологических процессах, сокращая забор свежей воды и сброс сточных вод [3].

В данной работе на основе официальных статистических данных за период 2009-2024 гг. проводится описательный и корреляционно-регрессионный анализ показателей водопользования. Исследование направлено на выявление основных тенденций, цикличности, аномалий и силы связи между забором свежей воды и объемом оборотного водоснабжения.

Исходные данные для анализа получены из отечественных источников официальной статистики - Федеральной службы государственной статистики и Министерства природных ресурсов и экологии РФ. Временные ряды охватывают два периода: 2009-2024 гг. (рис. 1) и 2018-2024 гг. (рис. 2). Для корреляционно-регрессионного анализа использованы пары переменных: независимая переменная X-забор свежей воды, зависимая переменная Y-объем оборотного водоснабжения.

Статистическая обработка включала:

- вычисление среднего арифметического, размаха, дисперсии и стандартного отклонения;
- построение линейных графиков динамики с визуальной оценкой типа тренда, сезонности, локальных экстремумов и выбросов;
- построение диаграммы рассеяния для пары X–Y, добавление линии тренда с выбором типа с наибольшим коэффициентом детерминации R^2;
- расчет коэффициента корреляции Пирсона и ковариации.

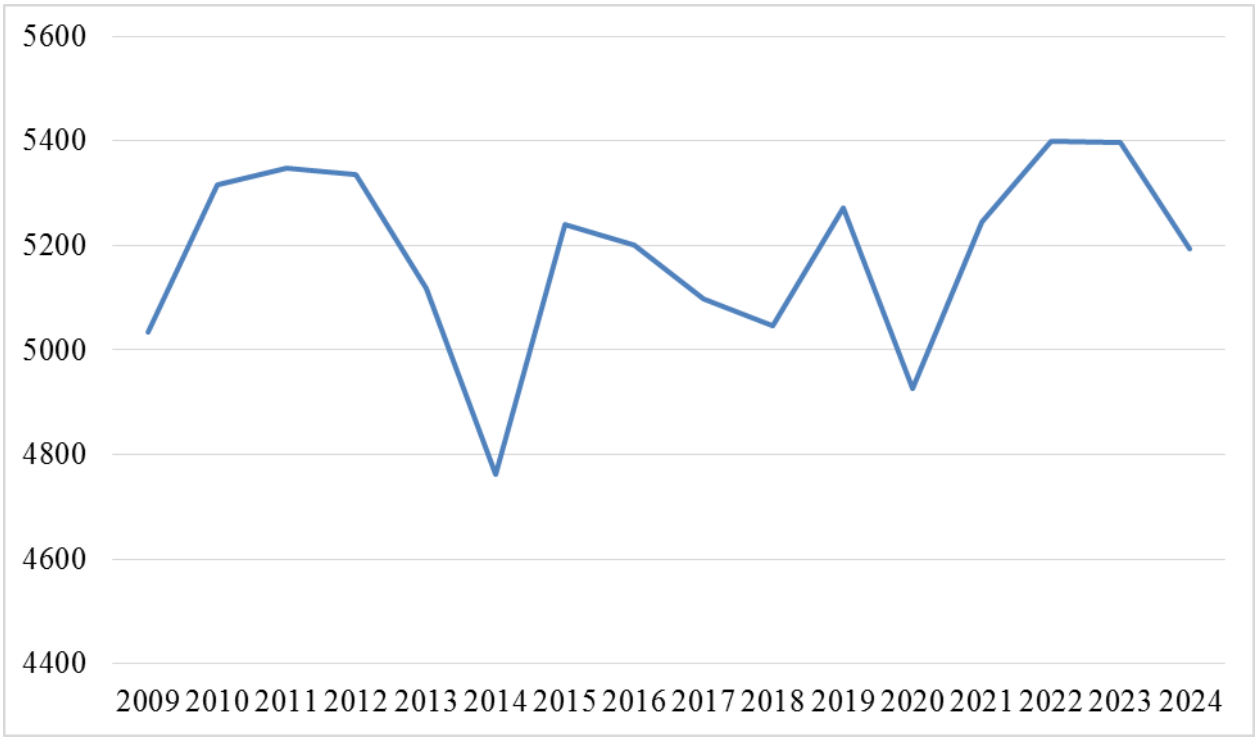


Рис. 1. Динамика оборотного водоснабжения за 2009-2024 гг. на территории РБ [4]

На линейном графике за период 2009-2024 гг. (рис. 1) наблюдается циклическая динамика показателя. Тип тренда-полиномиальный. Общий тренд характеризуется стагнацией с высокой волатильностью: значения колеблются в диапазоне 4750-5400 млн. м³ без устойчивого роста или падения. Скорость изменения неравномерная: присутствуют участки резкого падения в 2012-2014 гг. и резкого роста в 2014-2015 гг., однако в среднем тренд является пологим. Локальные пики зафиксированы в 2010 г. (5330 млн. м³) и в 2022-2023 гг. (5400 млн. м³). Локальный минимум - в 2014 г. (4750 млн. м³). Значение 2014 г. можно рассматривать как выброс вниз, поскольку оно резко отличается от ближайших лет. Присутствуют хаотичные колебания средней амплитуды от года к году, что свидетельствует о нестабильности процесса.

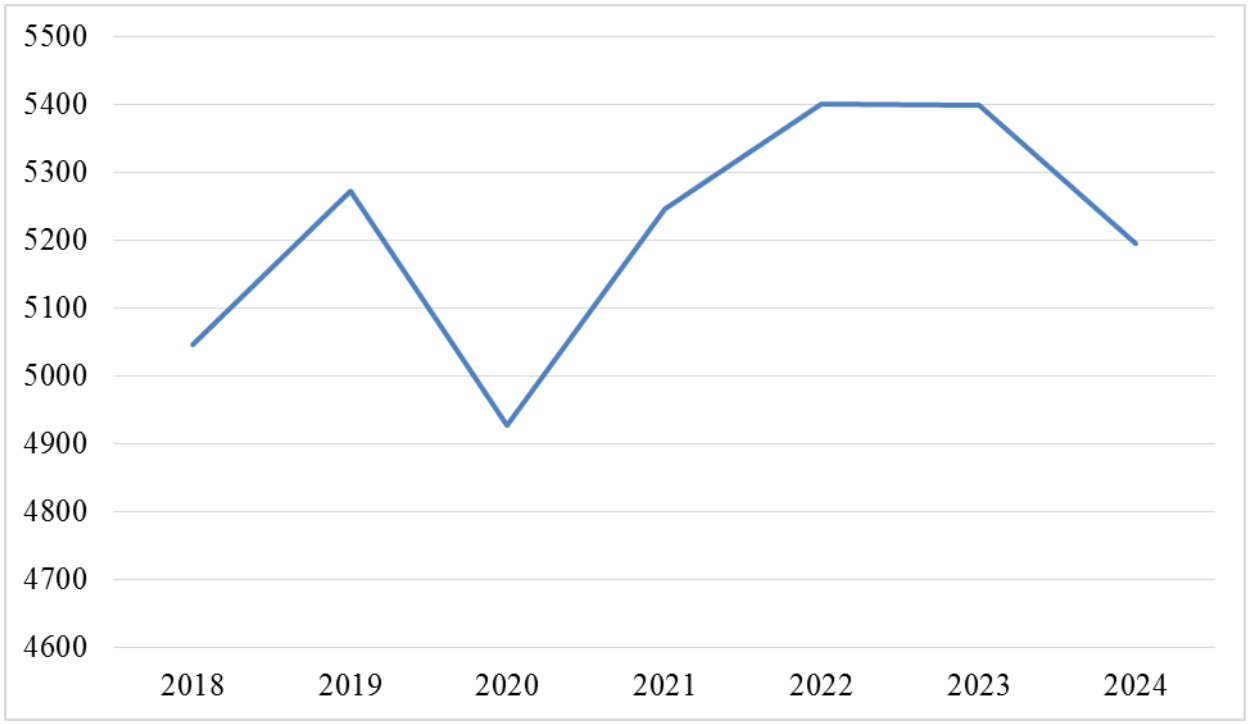


Рис. 2. Динамика оборотного водоснабжения за 2018-2024 гг. на территории РБ [5]

На рис. 2 прослеживается умеренный восходящий тренд с элементами волатильности. Тип тренда – полиномиальный: после роста до 2022–2023 гг. наблюдается спад в 2024 г., что характерно для волнообразных процессов. Общий тренд – умеренный рост с последующей стабилизацией и снижением. Скорость изменения различна на разных участках: крутой подъем в 2020–2022 гг. и более пологое падение в 2023–2024 гг. Пики приходятся на 2022–2023 гг. (5400 млн. м³), минимум – на 2020 г. (4930 млн. м³). Значение 2020 г. можно считать выбросом вниз, так как оно резко отличается от предыдущего и последующего годов. Колебания средней амплитуды указывают на некоторую нестабильность, разрывы отсутствуют.

Результаты расчетов описательных статистик для ряда 2009–2024 гг.:

- среднее арифметическое = 5183,67 млн. м³;
- размах = 638,52 млн. м³;
- дисперсия = 29564,10 млн. м³;
- стандартное отклонение = 171,94 млн. м³.

Интерпретация: каждое значение в ряду в среднем отклоняется от средней величины на 171,94 млн. м³.

Для ряда 2018–2024 гг.:

- среднее арифметическое = 5211,97 млн. м³;
- размах = 473,22 млн. м³;
- дисперсия = 26234,50 млн. м³;
- стандартное отклонение = 161,97 млн. м³.

Стандартное отклонение в более коротком периоде несколько ниже, что говорит о слегка меньшей вариабельности показателя в последние годы.

Для оценки связи между забором свежей воды и объемом оборотного водоснабжения была построена диаграмма рассеяния и рассчитан коэффициент корреляции Пирсона. Промежуточные данные:

- среднее X = 804,55 млн. м³;
- среднее Y = 5183,67 млн. м³;
- сумма произведений отклонений = 21792,2;
- сумма квадратов отклонений X = 20198,5;
- сумма квадратов отклонений Y = 473024,7;
- стандартное отклонение X = 35,53 млн. м³;
- стандартное отклонение Y = 171,94 млн. м³;
- ковариация = 1362,01 млн. м³.

Коэффициент корреляции r составил 0,22. Это свидетельствует о слабой положительной линейной связи между забором свежей воды и объемом оборотного водоснабжения. Увеличение забора воды сопровождается незначительной тенденцией к росту оборотного объема, при этом разброс точек является значительным.

Для подбора наилучшей регрессионной модели были проверены линейный, полиномиальный второй степени, экспоненциальный,

логарифмический и степенной тренды. Наибольший коэффициент детерминации R^2 получен для полиномиального тренда 2-й степени.

Таким образом, наилучшей признана полиномиальная модель второго порядка. Это означает, что связь между показателями нелинейна и имеет слабый параболический характер: при низких и высоких значениях забора оборотный объем несколько выше, чем при средних. Такая конфигурация может быть связана с технологическими особенностями водопользования в отдельные годы - внедрением систем оборотного водоснабжения на крупных предприятиях при росте забора или водосбережением при средних уровнях забора.

Полученная слабая положительная корреляция и низкий коэффициент детерминации указывают на то, что основная доля вариации оборотного водоснабжения определяется факторами, не учтенными в модели. Среди таких факторов можно выделить: структуру промышленного производства, внедрение водосберегающих технологий, климатические условия, экономическую конъюнктуру, экологическое регулирование и плату за сброс сточных вод.

Сравнение с литературными данными показывает, что для развитых стран характерна более высокая доля оборотного водоснабжения и более тесная обратная связь между забором свежей воды и объемом оборотной воды (R^2 достигает 0,6-0,8) за счет широкого внедрения замкнутых систем. В России, несмотря на положительную динамику в отдельные годы, система водопользования остается недостаточно эффективной. Например, в 2014 году наблюдался резкий спад оборотного водоснабжения, что может быть связано с экономическим кризисом и снижением промышленного производства, а не с технологическими улучшениями. Пик 2022-2023 годов, напротив, может отражать посткризисное восстановление и инвестиции в модернизацию.

Таким образом, в работе выполнен комплексный статистический анализ динамики оборотного водоснабжения в Российской Федерации за 2009-2024 гг. и 2018-2024 гг. Рассчитаны основные описательные статистики, выявлены типы

трендов, локальные экстремумы и выбросы. Установлено, что между забором свежей воды и объемом оборотного водоснабжения существует слабая положительная корреляция, а наилучшая регрессионная модель – полином второй степени. Полученные результаты свидетельствуют о том, что изменчивость оборотного водоснабжения лишь в малой степени объясняется изменением забора свежей воды; основное влияние оказывают другие факторы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мардамшина Н.Ш. Очистка сточных вод на нефтеперерабатывающем предприятии Г. Уфы / Н.Ш. Мардамшина, Н.А. Кальсин // Наука, образование, производство для противодействия техногенным угрозам и решения экологических проблем (Техносферная безопасность-2025): материалы XXII Международной научно-практической конференции, Уфа, 06 мая 2025 года. Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2025. С. 312-316.
2. Хамитов Ф.Р. Оценка качества водных объектов по химическому составу воды // Мавлютовские чтения: материалы XIX Всероссийской молодёжной научной конференции. В 8-ми томах, Уфа, 24-28 ноября 2025 года. Том 6. Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2025. С. 335-337.
3. Мухаметдинова Э.Р. Разработка технологии очистки нефтезагрязненных сточных вод / Э.Р. Мухаметдинова, Н.В. Кострюкова // Молодые ученые в решении актуальных проблем безопасности: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции, Железногорск, 23 мая 2025 года. Железногорск: Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2025. С. 77-80.
4. Оборотное и повторно-последовательное водоснабжение [Электронный ресурс]: Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС). Режим доступа: https://fedstat.ru/indicator/34560 (дата обращения: 01.04.2026).

5. О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2024 году / Министерство природопользования и экологии Республики Башкортостан. Уфа, 2025. С. 131.

© Сайгафаров Д.Р., Кальсин Н.А. , 2026

УДК 665.622

Тиньгаева А.В., Чайкина Я.И.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Российская Федерация
e-mail: avt132@tpu.ru

УСТАНОВЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫСЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ НЕФТИ

Аннотация. В работе исследовано влияние температурного режима и кратности магнитной обработки на разрушение стойких водонефтяных эмульсий. Установлено, что эффективность разделения возрастает с увеличением температуры и числа циклов. Наиболее результативным оказался режим двухкратной обработки водонефтяной эмульсии при 50 °С с последующим двухчасовым отстаиванием, что позволяет повысить эффективность промысловой подготовки нефти без применения химических реагентов.

Ключевые слова: нефть, промысловая подготовка нефти, магнитная обработка, водонефтяные эмульсии, разделение эмульсий.

Tingaeva A.V., Chaikina Ya.I.
National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation

ESTABLISHMENT OF OPTIMAL MODES OF MAGNETIC TREATMENT TO ENHANCE THE EFFICIENCY OF FIELD OIL PROCESSING

Abstract. The study examined the influence of temperature and magnetic treatment frequency on the breakdown of stable oil-water emulsions. It was found that separation efficiency increases with increasing temperature and the number of cycles. The most effective treatment regimen was two cycles of magnetic treatment of the oil-water emulsion at 50 °C followed by two hours of settling, which improves the efficiency of field oil treatment without the use of chemicals.
Keywords: oil, crude oil treatment, magnetic treatment, water-in-oil emulsions, emulsion separation.

Водонефтяные эмульсии образуются при добыче, транспортировке и подготовке нефти и являются одной из ключевых проблем нефтепромысловой подготовки нефти [1]. Их высокая устойчивость обусловлена наличием природных эмульгаторов [2]: смол, асфальтенов, парафинов, формирующих прочные межфазные адсорбционные слои, что существенно затрудняет процессы разделения фаз. Эффективное разрушение таких эмульсий необходимо для повышения качества подготовки нефти и снижения эксплуатационных затрат.

На практике применяются традиционные методы деэмульсации, включающие гравитационное отстаивание, гидроциклонную обработку, фильтрацию и тепловое воздействие [3]. Однако гравитационные методы требуют значительных временных и аппаратурных ресурсов, гидроциклоны чувствительны к изменению режимов потока, а фильтрация связана с

необходимостью регенерации загрузки. Термическая обработка, в свою очередь, сопровождается повышенным энергопотреблением. Это обуславливает необходимость поиска более энергоэффективных и экологически безопасных способов интенсификации разделения эмульсий.

Одним из перспективных методов является магнитная обработка, способная воздействовать на структуру водонефтяных систем за счёт изменения межмолекулярных взаимодействий и дестабилизации защитных слоёв эмульгаторов. Ранее показано, что однократное воздействие магнитного поля способствует ускорению коалесценции и разделения фаз [4]. Однако влияние кратности магнитной обработки и её сочетания с температурным фактором на эффективность разрушения эмульсий изучено недостаточно.

Целью исследования являлось установление оптимальных режимов магнитной обработки, обеспечивающих повышение эффективности промысловой подготовки нефти.

В качестве объектов исследования использовались модельные водонефтяные эмульсии, приготовленные с применением пластовой воды, что позволило приблизить условия эксперимента к промысловым. Органическую фазу представляла нефть шифр КМ, водную фазу – пластовая вода, отобранная с шельфового месторождения в Печорском море, с минерализацией 30 – 35 г/л и ионным составом, включающим хлориды натрия, кальция и магния. Нефть характеризовалась плотностью 858 кг/м³, вязкостью 18,2 мм²/с при 20 °С и 8,3 мм²/с при 50 °С. Массовая доля серы составляла 0,42 %, смол – 5,1 %, асфальтенов – 1,8 %, парафинов – 5,65 %. Температура начала кипения нефти составляла 82,4 °С, температура застывания – 10,2 °С.

Для создания стабильного магнитного поля применяли лабораторную установку с индукцией 160-200 мТл, длина которой составляла 50 см. Эмульсии готовили при содержании пластовой воды 20, 30 и 40 % путём интенсивного перемешивания в течение 30 минут. Стабильность полученных систем

контролировали визуально. Все образцы сохраняли однородность не менее 24 часов при комнатной температуре. Перед магнитной обработкой эмульсии нагревали до заданной температуры 40, 50, 60 или 70 °C на водяной бане с точностью поддержания ±1 °C. После обработки образец объёмом 100 мл помещали в градуированный цилиндр и отстаивали в течение 2 часов при температуре 20 – 22 °C.

Для повышения достоверности результатов каждый эксперимент проводили трижды. В качестве окончательного значения принимали среднеарифметический результат трёх измерений. Относительное отклонение отдельных значений от среднего не превышало 5 %, что свидетельствует о хорошей воспроизводимости полученных экспериментальных данных.

В таблице 1 приведены результаты эксперимента по объёму выделившейся воды (мл) для всех исследованных режимов.

Таблица 1

Объём выделившейся пластовой воды (мл) из 100 мл эмульсии через 2 часа отстаивания

Содержание воды, %	Температура, °C	1 цикл	2 цикла	3 цикла
20	40	4	4	7
	50	7	10	14
	60	10	16	17
	70	17	17	17
30	40	8	10	14
	50	11	13	18
	60	14	18	20
	70	20	20	22
40	40	15	15	15
	50	18	22	25
	60	24	29	29
	70	32	32	32

Анализ данных таблицы 1 показывает, что эффективность разрушения водонефтяных эмульсий закономерно возрастает как с увеличением температуры, так и с ростом кратности магнитной обработки. При этом влияние

этих факторов носит неравномерный характер. Наиболее выраженный эффект увеличения числа циклов наблюдается при температурах 40-50 °С, где переход от одного к двум циклам сопровождается существенным ростом объёма выделившейся воды. При дальнейшем увеличении кратности до трёх циклов прирост сохраняется, но становится менее значительным, что свидетельствует о приближении системы к пределу разделения. Повышение температуры до 60 °С приводит к резкой интенсификации процесса коалесценции и отделения водной фазы. Однако дальнейшее увеличение температуры до 70 °С не обеспечивает сопоставимого прироста эффективности, при этом объём выделившейся воды практически не изменяется.

На рис.1 представлена зависимость объёма выделившейся пластовой воды от температуры и кратности магнитной обработки.

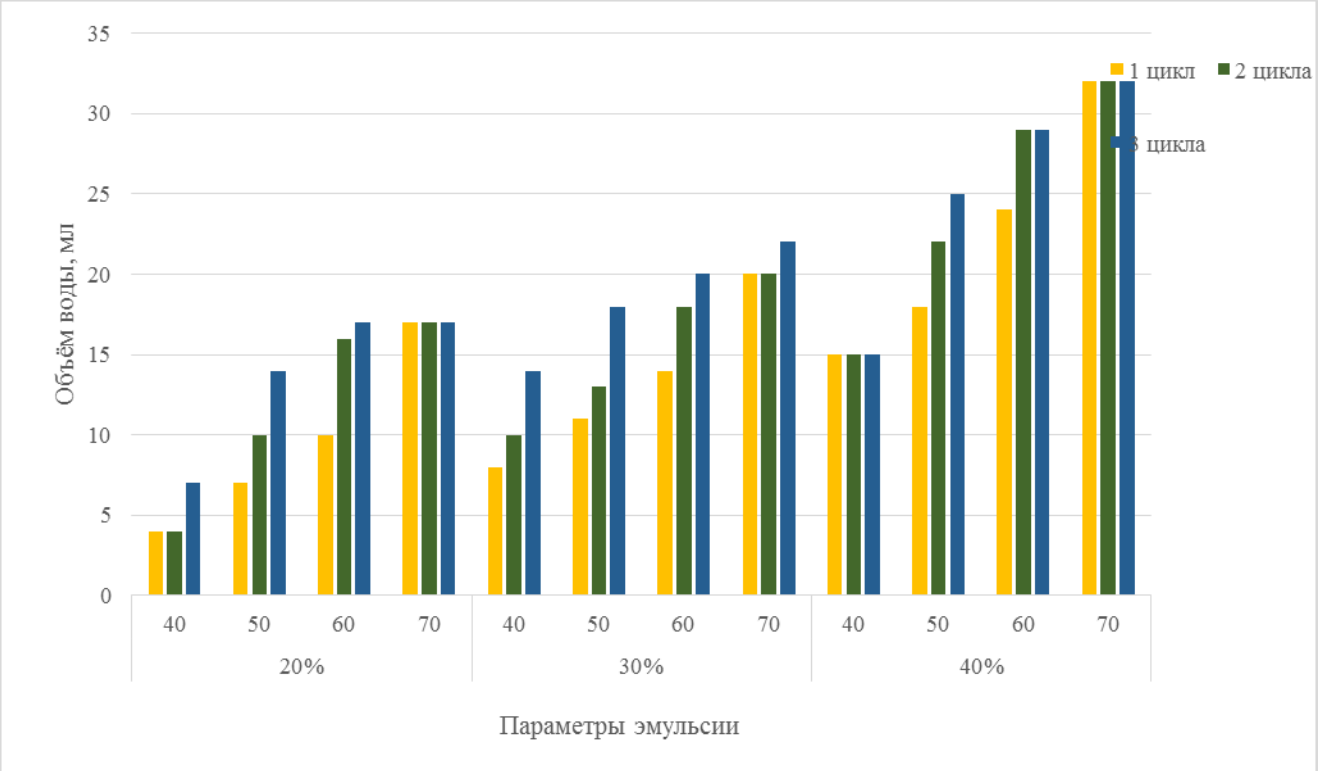


Рис. 1. Влияние температуры и кратности обработки на разрушение водонефтяной эмульсии

Графические данные подтверждают, что увеличение числа циклов обработки приводит к росту эффективности разделения во всём диапазоне температур. Наиболее интенсивное увеличение наблюдается в области 40-60 °C. При этом для двух- и трёхкратной обработки сближаются при температурах выше 60 °C, что указывает на снижение влияния дополнительной обработки. Характер изменения зависимостей свидетельствует о наличии оптимальной температурной области, в которой достигается максимальный эффект магнитного воздействия при минимальных энергетических затратах.

Таким образом, установлено, что оптимальным режимом разрушения водонефтяных эмульсий является двухкратная магнитная обработка при температуре 50 °C с последующим отстаиванием в течение 2 часов. Данный режим обеспечивает высокий уровень разделения при рациональном использовании энергетических ресурсов. Применение магнитной обработки позволяет снизить требуемую температуру подготовки нефти на 10 °C по сравнению с традиционными термическими методами, при сохранении высокой эффективности деэмульсации, что приводит к сокращению затрат на подогрев, снижению нагрузки на теплообменное оборудование и печи, а также повышению общей энергоэффективности процесса подготовки нефти.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ибрагимов Г.З., Хисамутдинов Н.И. Справочное пособие по применению химических реагентов в добыче нефти. М.: Недра, 1983. 312 с.
2. Тронов В.П. Промысловая подготовка нефти. Казань: Фэн, 2000. 414 с.
3. Сергеев А.А. Применение магнитного поля в процессах разрушения водонефтяной эмульсии // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых. 2016. № 1. С. 319-323.
4. Чайкина, Я. И. Влияние магнитной обработки на водонефтяные эмульсии / Я. И. Чайкина ; науч. рук. Е. В. Бешагина // Химия и химическая технология в

XXI веке: материалы Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л. П. Кулёва и Н. М. Кижнера. Томск : Изд-во ТПУ, 2021. С. 102-103.

© Тиньгаева А.В., Чайкина Я.И., 2026

УДК 581.175.1:547.587:633.13

Цилимова В.Ф., Голуб С.В.
Полесский государственный университет, г. Пинск, Беларусь
e-mail: chemist5734494@gmail.ru

ЛИШАЙНИКОВЫЕ КИСЛОТЫ КАК РЕГУЛЯТОРЫ НАКОПЛЕНИЯ ИОНОВ КАЛИЯ В ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩЕЙ МАССЕ *AVENA SATIVA*

Аннотация. Изучено влияние лишайниковых кислот (ЛК) на накопление ионов K^+ в фотосинтезирующей биомассе *Avena sativa*. При однократном внесении ЛК в концентрации 10^{-1}% содержание калия в гомогенате фотосинтетической массы овса посевного превышало контроль 1 на 50,9%, а контроль 2 – на 16,5%. Многократное применение ЛК выявило сложную дозозависимость: высокие концентрации (10^{-1} %) снижали накопление калия на 27,9–34,5%, тогда как низкие концентрации (10^{-5} %) повышали его содержание на 17,0–17,6% относительно контроля 2. Двухфакторный дисперсионный анализ подтвердил значимое влияние концентрации и частоты внесения ЛК на 92,9% вариабельности содержания калия. Морфологических изменений культуры не выявлено. Результаты перспективны для оптимизации калийного питания зерновых культур.

Ключевые слова: лишайниковые кислоты, *Avena sativa*, ионы калия, хелатирование, дозозависимость.

Tsilimova V.F., Golub S.V.

Polesie State University, Pinsk, Belarus

LICHENIC ACIDS AS REGULATORS OF POTASSIUM ION ACCUMULATION IN THE PHOTOSYNTHESISING MASS OF AVENA SATIVA

Abstract. The effect of lichen acids (LA) on the accumulation of K^+ ions in the photosynthetic biomass of Avena sativa was studied. With a single application of LA at a concentration of 10^{-1}%, the potassium content in the homogenate of the photosynthetic mass of common oat exceeded control 1 by 50.9%, and control 2 by 16.5%. Repeated application of LC revealed a complex dose-response relationship: high concentrations (10^{-1}%) reduced potassium accumulation by 27.9–34.5%, while low concentrations (10^{-5}%) increased its content by 17.0–17.6% relative to control 2. Two-way analysis of variance confirmed a significant effect of LC concentration and application frequency on 92.9% of the potassium content variability. No morphological changes were detected. The results hold promise for optimizing potassium nutrition for grain crops.

Keywords: lichen acids, *Avena sativa*, potassium ions, chelation, dose-response relationship.

Введение. Лишайниковые кислоты (ЛК) – вторичные метаболиты микобионта лишайников, обладающие широким спектром биологической активности, включая антиоксидантные, антимикробные и хелатирующие свойства. Способность ЛК к комплексообразованию с катионами металлов определяет их потенциальную роль в минеральном обмене растений [1].

По химической структуре они представляют собой два остатка полизамещённых фенолов или фенолкарбоновых кислот, связанных друг с другом в различных комбинациях, образуя несколько групп веществ [2].

Лишайниковые кислоты встречаются во многих родах лишайников, например, *Ramalina, Evernia, Cladonia, Anzia* и др. Обычно для каждого из видов характерна смесь нескольких ЛК, что может служить таксономическим признаком. С точки зрения физиологии лишайников, данные кислоты являются мощными антиоксидантами, защищающими их от избыточного УФ-облучения, участвуют в процессе деминерализации и деструкции горных пород, что необходимо для почвообразования в процессах как первичной, так и вторичной сукцессии [3].

Калий является одним из ключевых макроэлементов, участвующих в поддержании тургора, активации ферментов, регуляции осмотического потенциала и транспорте ассимилятов. Регуляция калийного гомеостаза имеет критическое значение для продуктивности злаковых культур.

Цель исследования – изучение воздействия лишайниковых кислот на накопление и транспорт ионов калия в фотосинтезирующей массе *Avena sativa.*

Материалы и методы. Исследования проводились в отраслевой лаборатории «ДНК и клеточных технологий в растениеводстве и животноводстве» на базе биотехнологического факультета Полесского государственного университета.

В работе использовали кустистый лишайник Cladonia rangiferina, собранный в Брестской области (Республика Беларусь), и семена *Avena sativa* производителя «Минсксортсемовощ». Выделение ЛК осуществлялось методом трехстадийной экстракции с поэтапным отделением примесей и конечной кристаллизацией калиевых солей лишайниковых кислот, и последующей кислотной перекристаллизацией ЛК [4]. Растворы ЛК готовили методом последовательных разведений (10^{-1}–10^{-5} %).

Для посева семян использовали в почву производителя УП «Витебскоблгаз» (Республика Беларусь) составом: торф верховой, торф низинный, песок, комплекс микроэлементов (Mn, B, Mo, Cu, Zn, Fe), азот (N) – 150-250 мг, фосфор (P_2O_5) –100-180 мг, калий (K_2O) – 210-300 мг на 100 г. сухого вещества, pH – 5,5-6,5. Засев семян в закрытый грунт производили по 10 семян.

Схема постановки исследования включала 7 секций, по 3 варианта частоты внесения в каждой. Полив проводили по 10 мл раствора заданной концентрации. Выращивание осуществляли при температуре 23,8 ± 0,26 ºС, освещенности 11 ч/сут и влажности почвы не менее 80 %. На 20-е сутки биомассу гомогенизировали, центрифугировали (1500 об/мин) и определяли концентрацию K^+ проводили методом комплексообразующей спектрофотометрии при длинне волны 500 нм.

Ионы калия в присутствии ионов свинца, меди и NO^{-2} образуют нерастворимый в воде осадок, который растворяют в смеси риванола и ледяной уксусной кислоты. Определяют оптическую плотность полученного раствора, прямо пропорциональную количеству ионов NO^{-2}. Для вычисления уровня калия используют постоянный коэффициент, рассчитанный, исходя из соотношения NO^{-2} и K^+ в образовавшемся соединении [5]. Расчет концентрации K^+ проводили по формуле:

$$C_{мг\%} = \lambda_{500} \cdot 36 \quad (1)$$

Исследования проводили в трех повторениях. Полученные результаты обрабатывали при помощи компьютерной программы Excel. Определяли средние арифметические величины и их стандартные ошибки ($\bar{x} \pm m$). Проводили дисперсионный анализ ANOVA и определяли уровень значимости P с учетом t – критерия Стьюдента и F – критерия Фишера.

Результаты и обсуждение. В ходе эксперимента морфологических изменений растений *Avena sativa* не наблюдали. Результаты

спектрофотометрического определения калия в гомогенате фотосинтезирующей массы *Avena sativa* представлены в таблице 1.

Таблица 1

Концентрация (С мг%) K^+ в супернатанте клеточного гомогената *Avena sativa*

Концентрация ЛК в растворе полива, %	одноразовое внесение ЛК	внесение ЛК раз в 5-ть суток	внесение ЛК раз в 3-е суток
контроль 1 (не содержит добавок)	392,23± 1,22		
контроль 2 (не содержит ЛК +1,0 % KCl)	409,22 ± 0,09		
10^{-1}	477,17 ± 1,73*	295,45 ± 2,58#	267,99 ± 1,22#
10^{-2}	413,95 ± 2,20#	370,40 ± 3,37#	346,11 ± 1,48#
10^{-3}	404,74 ± 1,98	396,44 ± 0,67	376,90 ± 1,84#
10^{-4}	393,05 ± 1,39	428,18 ± 1,35*	418,70± 1,32*
10^{-5}	391,17 ± 0,84	438,76 ± 2,24*	428,41 ±1,60*

*Примечания: 2. Различия достоверны относительно контроля 2 (КС) ($P < 0,05$); # – различия достоверны относительно контроля 1 (К0) ($P < 0,05$).

В контроле 1 содержание калия составило 392,23±1,22 мг%, что соответствует физиологической норме для злаков [6]. Внесение 1% KCl (контроль 2) увеличило содержание K^+ на 4,3%, что подтверждает эффективность минеральной подкормки.

При единоразовом внесении ЛК выявлена концентрационная зависимость. Максимальное накопление калия зафиксировано при концентрации ЛК 10^{-1} %, что на 16,6% выше контроля 2 и на 21,7% выше контроля 1. Снижение концентрации ЛК до 10^{-2} % приводило к повышению содержания K^+ на 1,2% относительно контроля 2 и на 5,5% относительно контроля 1.

Концентрация калия в образцах, обработанных лишайниковыми кислотами в концентрациях 10^{-3} – 10^{-5}% не превысили контроль 2 и находилась в пределах разницы контролей.

В группах с внесением ЛК раз в 5 суток наблюдалась иная закономерность. Высокая концентрация ЛК вызывала снижение содержания калия на 27,9%

относительно контроля 2 и на 24,7% относительно контроля 1. При 10^{-2} % уровень калия оставался ниже контроля 1 на 5,6% и на 9,5% относительно контроля 2. Начиная с 10^{-3} %, наблюдалось повышение содержания K^+, достигающее максимума при 10^{-5} %, что на 7,2 % выше контроля 2 и на 11,9 % выше контроля 1.

При внесении ЛК раз в 3 суток эффекты были более выраженными. Концентрация 10^{-1} % снижала уровень калия на 34,5 % ниже контроля 2 и на 31,7 % относительно контроля 1. При 10^{-2} % содержание K^+ также ниже контроля 1 на 11,8 % и контроля 2 на 11,8 %. Для концентраций 10^{-3} % отмечено близкое к физиологическому значению, но ниже контроля 2 на 7,9%. При концентрациях ЛК 10^{-4}–10^{-5} % содержание калия превышало контроль 2 на 2,3-4,7 %; контроль 1 на 6,7-9,2 %.

Выявленные закономерности согласуются с представлениями о хелатирующих свойствах ЛК. При низких концентрациях и многократном внесении ЛК могут выступать в роли мобилизаторов калия из минеральной фазы почвы, повышая его доступность. При высоких концентрациях, особенно при частом внесении, возможно образование комплексов белков ионных каналов с ЛК, снижающих поступление минеральных веществ в растение.

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа (таблица 2) подтверждают значительное влияние как концентрации ЛК, так и частоты их внесения на содержание калия. Фактор «концентрация» объясняет 72,3 % вариабельности, фактор «частота» – 20,6 %, их взаимодействие – 2,7 % ($F > F_крит$, $P < 0,001$). Общая доля влияния факторов составляет 95,7 %.

Таблица 2

Результаты дисперсионного анализа концентраций K^+ в образцах *Avena sativa*

Дисперсионный анализ						
Источник вариации	Внутригрупповая изменчивость	Число степеней свободы	Оценка дисперсии	Критерий Фишера	P – уровень значимости	Критерий Фишера критический
Концентрация	848,20	6	141,37	56,41	$5{,}23 \cdot 10^{-9}$	2,85
Частота	201,53	1	201,53	458,13	$4{,}28 \cdot 10^{-12}$	4,60
Взаимодействие	5,90	6	0,98	2,24	0,101	2,85
Внутри	6,16	14	0,44	-	-	-
Итого	1061,79	27	-	-	-	-

Корреляционный анализ выявил сильную отрицательную связь между концентрацией ЛК и содержанием калия при внесении раз в 5 суток (r = –0,954) и раз в 3 суток (r = –0,962), что указывает на дозозависимое ингибирующее действие ЛК при многократном применении. При одноразовом внесении отрицательная корреляция отсутствовала (r = 0,096).

Выводы. Прикорневое внесение лишайниковых кислот оказывает дозо- и режимозависимое влияние на накопление ионов K^+ в фотосинтезирующей массе *Avena sativa*. Минеральная подкормка (1% KCl) повышает содержание калия на 4,3 % относительно контроля. Наиболее эффективным для увеличения содержания калия является однократное внесение ЛК в концентрации 10^{-1} % (превышение контроля 2 на 16,6 %). Многократное внесение ЛК (раз в 5 и 3 суток) в концентрации 10^{-5} % также способствует накоплению калия (превышение контроля 2 на 7,2 % и 4,7 % соответственно). Высокие концентрации ЛК (10^{-1} %) при многократном применении снижают содержание калия на 27,9–34,5% относительно контроля 2.

Двухфакторный дисперсионный анализ подтвердил значимое влияние концентрации и частоты внесения ЛК на содержание калия (общая доля влияния 95,7 %, $P < 0{,}001$). Полученные результаты могут быть использованы для

оптимизации калийного питания зерновых культур и разработки регуляторов минерального обмена.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hauck M. Dissociation and metal-binding properties of yellow lichen substances suggest a relationship with lichen preferences / M. Hauck, S.R. Jurgens, K. Willenbruch, S. Huneck, C. Leuschner // Annals of Botany. 2009. Vol. 103, № 1. P. 13–22.

2. Jones D. Lichen weathering of rock-forming minerals: application of scanning electron microscopy and microprobe analysis / D. Jones, M.J. Wilson, W.J. McHardy // Journal of Microscopy. 1981. Vol. 124, № 1. P. 95-104.

3. Лишайниковые кислоты [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/070/933.htm. (дата обращения: 12.07.2025).

4. Голуб С.В. Определение содержания лишайниковых кислот в различных таксонах лишайников / С.В. Голуб, А.Н. Литвинчик, Н.А. Корзун // Перспективные разработки молодых ученых в области ветеринарии, производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сб. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. для студентов, аспирантов и молодых ученых (г. Ставрополь, 28 ноября 2025 г.) / Ставропольский государственный ун-т. Ставрополь, 2025. С. 205-210.

5. Колб В.Г. Клиническая биохимия / В.Г. Колб, В.С. Камышников. Минск: Беларусь, 1976. 312 с.

6. Суси С.В. Таблица питания для практики / С.В. Суси, В. Фахманн, Х. Краут. Фрайзинг: Немецкий науч.-исследовательский ин-т пищевой химии, 2009. 491 с.

© Цилимова В.Ф., Голуб С.В., 2026

УДК 54:502/504+66.0

Ермакова А.С., Орлова А.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет туризма и сервиса», дп Черкизово, Российская Федерация

e-mail: ermak0vaannasergeevna5@yandex.ru

ПРИНЦИПЫ ЗЕЛЁНОЙ ХИМИИ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ: РОССИЙСКИЕ ПРИМЕРЫ

Аннотация. В статье рассмотрена концепция зелёной химии как альтернативы традиционным промышленным процессам, создающим экологические проблемы. На основе двенадцати принципов П. Анастаса и Дж. Уорнера проанализированы ресурсосберегающие технологии: зелёные растворители, катализ, атомная экономия и переработка материалов. Приведены примеры российской практики – от переработки отработанного ядерного топлива до производства вторичного пластика пищевого качества. Сделан вывод, что зелёная химия позволяет одновременно снизить экологический ущерб и повысить экономическую эффективность производства

Ключевые слова: зеленая химия, ресурсосберегающие технологии, катализ, атомная экономия, зеленые растворители, переработка отходов, экологическая безопасность.

Ermakova A.S., Orlova A.A.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian State University of Tourism and Service», Cherkizovo village, Russian Federation

PRINCIPLES OF GREEN CHEMISTRY AND RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES: RUSSIAN EXAMPLES

Abstract. The article examines the concept of green chemistry as an alternative to traditional industrial processes that create environmental problems. Based on the twelve principles of P. Anastas and J. Warner, the authors analyze resource-saving technologies: green solvents, catalysis, atom economy, and material recycling. Russian examples are provided - from spent nuclear fuel reprocessing to the production of food-grade secondary plastic. It is concluded that green chemistry can simultaneously reduce environmental damage and increase economic efficiency of production.

Keywords: green chemistry, resource-saving technologies, catalysis, atom economy, green solvents, waste recycling, environmental safety.

Современная химическая промышленность, обеспечивая человечество материалами, лекарствами и энергией, создаёт серьёзные экологические проблемы: токсичные отходы, истощение невозобновляемого сырья (нефть, газ, уголь), выбросы парниковых газов, загрязнение водных ресурсов. Традиционные подходы (очистные сооружения, переработка отходов, захоронение) направлены на борьбу с последствиями, а не на устранение причин. Такой подход экономически затратный и часто лишь переносит загрязнение из одной среды в другую. В конце XX века сформировалась альтернативная концепция – зелёная химия, предлагающая пересмотреть принципы организации химических процессов.

Зелёная химия – это подход, при котором создаются такие продукты и процессы, где использование опасных веществ сведено к минимуму или исключено полностью. Вместо борьбы с токсичными отходами зелёная химия предлагает заложить безопасность в процесс с самого начала.

Принципы зелёной химии и их связь с технологиями. В 1998 году Пол Анастас и Джон Уорнер в книге «Зелёная химия: теория и практика» (издательство Оксфордского университета) сформулировали двенадцать принципов зелёной химии[1]. Ключевые из них: предотвращение образования отходов (а не их последующая переработка), атомная экономия, использование менее опасных химических веществ, безопасные растворители, возобновляемое сырьё, катализ, биоразлагаемость продуктов и др. С тех пор зелёная химия быстро институционализировалась: при Американском химическом обществе создан Институт зелёной химии, работающий в 24 странах. В России в 2002 году учреждена премия РАН имени В.А. Коптюга за работы в области химии и охраны окружающей среды[2]. Количество патентных заявок в области зелёной химии превышает 3500 в год (в 2010 году – 800), лидируют Китай, США и Германия. Россия пока занимает менее 2% патентного портфеля в этой сфере, что указывает на значительный потенциал для развития.

Ниже рассмотрены четыре направления ресурсосберегающих технологий. Для каждого указано, какие из принципов Анастаса и Уорнера они реализуют [3].

1. Зелёные растворители (принципы 1,3,5,7). Традиционные органические растворители токсичны, летучи и пожароопасны; на них приходится до 80% химических отходов. Сверхкритический диоксид углерода (CO_2) при температуре выше 31°C и высоком давлении приобретает растворяющие свойства, а после процесса легко удаляется и может быть повторно использован. Технология применяется для экстракции ароматических веществ, декофеинизации кофе, в химчистках. В Казанском национальном

исследовательском технологическом университете ведутся исследования сверхкритической флюидной экстракции для переработки промышленных стоков. В НПО «Радиевый институт» в Санкт-Петербурге совместно с Горно-химическим комбинатом (Железногорск) созданы пилотные установки для переработки отработанного ядерного топлива с использованием сверхкритического CO_2, что позволяет решить задачу высокой экологической опасности (отчётные материалы НПО «Радиевый институт», 2021).

2. Катализ вместо вредных реагентов (принципы 1,2,8,9). Катализаторы не расходуются в процессе, работают в мягких условиях и не образуют опасных отходов. Учёные Сколтеха совместно с Институтом органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН, Южно-Российским государственным политехническим университетом создали катализатор на основе углерода и палладия из переработанных растительных отходов. Согласно публикациям Сколтеха [4,5], этот катализатор позволяет сэкономить до 99% палладия по сравнению с промышленными аналогами, так как его структура не содержит микропор, где металл становится недоступным для реакции («мёртвый металл»). Катализатор применим для производства лекарств, пестицидов и пластика.

3. Атомная экономия (принцип 2). Принцип атомной экономии, предложенный Барри Тростом из Стэнфордского университета, требует, чтобы все атомы исходных веществ переходили в конечный продукт, не образуя отходов. Традиционные методы производства теряют до 80% сырья. Примером реализации этого принципа является синтез циклических карбонатов из диоксида углерода и эпоксидов с использованием катализаторов – в этой реакции все атомы реагентов входят в состав целевого продукта. В России исследования в области реакций с высокой атомной экономией ведутся в Институте нефтехимического синтеза РАН и РХТУ им. Д.И. Менделеева[1], однако промышленных примеров, полностью соответствующих принципу атомной экономии, пока немного. Часто переработку отходов (например, отработанного

ядерного топлива) ошибочно причисляют к атомной экономии, хотя это относится скорее к принципу предотвращения отходов и ресурсосбережению.

4. Переработка материалов и замкнутые циклы (принципы 1,7,10). Продукт не должен заканчивать жизнь на свалке: он либо биоразлагается, либо возвращается в производственный цикл. Компания «Русатом-Гринвей» в Смоленской области запустила производство гранул вторичного компании, технология позволяет перерабатывать использованные пластиковые бутылки в гранулы, пригодные для изготовления новых бутылок для воды. Это единственное в России производство вторсырья такого высокого уровня чистоты, что критически важно для замыкания цикла в упаковочной индустрии (Борисова О.Н., 2018; Шубов Л.Я. и др., 2013)[6].

Таким образом, зелёная химия предлагает не бороться с последствиями загрязнений, а проектировать процессы так, чтобы сократить образование отходов и токсичных веществ. Двенадцать принципов Анастаса и Уорнера дают систему ориентиров для разработки ресурсосберегающих технологий. Рассмотренные направления показывают, что в России есть успешные примеры внедрения этих принципов, хотя патентная активность в данной сфере остаётся невысокой. Развитие зелёной химии позволяет снизить экологическую нагрузку и одновременно уменьшить издержки производства за счёт более полного использования сырья и энергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алферова Н.А. Зеленая химия и тенденция ее развития / Н.А. Алферова, А.М. Минакова, Ю.М. Аверина, В.В. Меньшиков // Успехи в химии и химической технологии. Т. 31, № 15. С. 84-85.

2. Doronkina I.G. Safety in ecological tourism / I.G. Doronkina, O.N. Borisova, G.V. Malyutin, V.V. Eremeeva // World Applied Sciences Journal. 2014. Т. 30, № 30. С. 39-40.

3. Борисова О.Н. Предпосылки для рационального ресурсосбережения – создание экотехнопарков // Славянский форум. 2018. № 2 (20). С. 124-129.

4. Шубов Л.Я. Принципы Zero Waste: современное прочтение / Л.Я. Шубов, О.Н. Борисова, А.Г. Юдин, В.С. Гречишкин // Твердые бытовые отходы. 2013. № 5 (83). С. 8-11.

5. Шубов Л.Я. Принципы Zero Waste: современное прочтение / Л.Я. Шубов, О.Н. Борисова, А.Г. Юдин, В.С. Гречишкин // Твердые бытовые отходы. 2013. № 6 (84). С. 8-13.

6. Гречишкин В.С. Практика переработки твердых бытовых отходов и тенденции развития технологии / В.С. Гречишкин, О.Н. Борисова // Современные проблемы туризма и сервиса: материалы Всероссийской научной конференции аспирантов и молодых ученых. 2013. С. 128-132.

© Ермакова А.С., Орлова А.А., 2026

2.5. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА И ВОДЫ

УДК 614.7

Черных Д.М., Доронкина И.Г.

Российский государственный университет туризма и сервиса, г. Москва, Российская Федерация

email: dora1096@yandex.ru

ЭВОЛЮЦИЯ ОЧИСТКИ: ОТ ФРОНТОВЫХ МЕТОДОВ К СОВРЕМЕННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

Аннотация. В статье анализируются методы очистки воды и воздуха, разработанные и применявшиеся в СССР в период Великой Отечественной войны. В условиях массового разрушения инфраструктуры, химической угрозы и дефицита ресурсов советские ученые и инженеры создали эффективные портативные и стационарные системы водоочистки (гипохлорирование, коагуляция, фильтрация через подручные материалы), а также средства индивидуальной и коллективной защиты органов дыхания (фильтрующие противогазы, регенеративные патроны, противопылевые ткани). Рассмотрена роль государственного управления в мобилизации научных кадров, стандартизации оборудования и организации санитарно-эпидемиологической службы. Сделан вывод о том, что военный опыт заложил основы послевоенной советской школы водоподготовки и промышленной вентиляции.

Ключевые слова: Великая Отечественная война, очистка воды, очистка воздуха, фильтрующий противогаз, санитарно-эпидемиологическая служба.

Chernykh.D.M., Doronkina I.G.

Russian State University of Tourism and Service, Moscow, Russian Federation

THE EVOLUTION OF CLEANING: FROM FRONTLINE METHODS TO MODERN TECHNOLOGIES

Abstract. The article analyzes the methods of water and air purification developed and used in the USSR during the Great Patriotic War. In the context of widespread destruction of infrastructure, chemical threats, and resource scarcity, Soviet scientists and engineers created effective portable and stationary water purification systems (hypochlorination, coagulation, and filtration through improvised materials), as well as individual and collective respiratory protection equipment (filtering gas masks, regenerative cartridges, and anti-dust fabrics). The article also examines the role of government administration in mobilizing scientific personnel, standardizing equipment, and organizing the sanitary and epidemiological service. It is concluded that the military experience laid the foundations of the post-war Soviet school of water treatment and industrial ventilation.

Keywords: Great Patriotic War, water purification, air purification, filtering gas mask, sanitary and epidemiological service.

Великая Отечественная война (1941–1945 гг.) стала не только испытанием на прочность экономики и армии, но и мощнейшим вызовом системам жизнеобеспечения населения и войск. Разрушение городских водопроводов, канализации, тепловых сетей, массовое применение отравляющих веществ (несмотря на Женевский протокол, угроза сохранялась) и тяжелая эпидемиологическая обстановка (сыпной тиф, дизентерия, холера) требовали экстренных, нестандартных решений в области очистки воды и воздуха.

В отличие от мирного времени, где приоритетом является экономическая эффективность и долговременная надежность, военная наука сделала ставку на мобильность, быстроту развертывания, автономность и максимальное использование подручных материалов. Государственное управление этой сферой осуществлялось через систему Наркомата здравоохранения (санитарно-эпидемиологическая служба), Наркомата обороны (войска химической защиты) и Академии коммунального хозяйства. Цель статьи – реконструировать основные технические решения по очистке воды и воздуха в военный период и оценить их вклад в победу.

1. Очистка воды: от полевого водопровода до индивидуального фильтра.

В условиях войны проблема чистой воды стояла особенно остро. Потери от желудочно-кишечных инфекций в армиях всех воюющих стран иногда превышали боевые. В СССР была создана трехуровневая система водоподготовки: в тыловых городах, в прифронтовой полосе и на передовой [1,5].

1.1. Хлорирование в экстремальных условиях.

Основным методом обеззараживания воды оставалось хлорирование. Однако военный дефицит газообразного хлора (он использовался и как отравляющее вещество) заставил искать альтернативы. Наиболее массовым решением стала хлорная известь – порошок с содержанием активного хлора 25–35%. Дозировка определялась по запаху или с помощью примитивных колориметрических методов (раствор йода и крахмала).

На фронте применялись полевые хлораторные установки (например, переносной аппарат ПХ-1), которые закачивали хлорную воду в цистерны с сырой водой. Время контакта - не менее 30 минут. В блокадном Ленинграде, где водопровод был разрушен, воду из Невы и прорубей хлорировали в передвижных лабораториях прямо в цистернах-водовозках.

1.2. Коагуляция и осветление подручными средствами.

Мутную воду из рек и озер необходимо было осветлять. В отсутствие промышленных коагулянтов (сернокислый алюминий) использовали глину, мел и даже золу. Классический полевой метод: в ведро с водой добавляли горсть глины, интенсивно перемешивали, отстаивали 15-20 минут - крупные частицы взвеси оседали, увлекая за собой часть микроорганизмов.

Этим методом, разработанным в блокадном Ленинграде сотрудниками Водоканала, стала фильтрация через песчано-гравийные фильтры в сочетании с предварительной коагуляцией железным купоросом (его еще удавалось добывать из промышленных запасов). Скорость фильтрации достигала 1–2м³/час, что позволяло обеспечивать водой целые кварталы.

1.3. Угольные фильтры и тканевые патроны.

Для индивидуального обеззараживания воды в полевых условиях (разведчики, партизаны) использовали угольные фильтры-самоделки: пустая гильза или консервная банка заполнялись измельченным березовым углем (активация прокаливанием), слоем песка и тканью. Адсорбция на угле удаляла не только взвесь, но и часть растворенных органических веществ и запахи.

Важнейшим изобретением стал тканево-угольный фильтр-патрон инженера В.В. Кульбакова (1942 г.), который навинчивался на обычную флягу. Пропуская воду через войлок и активированный уголь, он задерживал до 99% бактерий и взвесей. Патрон был многоразовым (уголь прокаливался) и выпускался тысячами штук для нужд фронта.

1.4. Опыт блокадного Ленинграда.

Блокада Ленинграда (1941-1944 гг.) – уникальный кейс экстремальной водоподготовки. При отсутствии электроэнергии, реагентов и ремонтных бригад город удержал водоснабжение. Насосные станции перевели на ручной и паровой привод. Для обеззараживания использовали гиперхлорирование (доза хлора в 5-10 раз выше обычной) с последующим дехлорированием (добавление гипосульфита). Воду развозили в бочках и цистернах, на пунктах разбора

кипятили на дровяных «титанах». Благодаря этим мерам эпидемий холеры и брюшного тифа в блокадном городе удалось избежать [3].

2. Очистка воздуха: от противогаза до противоаэрозольных тканей.

Очистка воздуха в годы войны решала две задачи: защита от отравляющих веществ (химическая угроза) и защита от аэрозолей, пыли и биологических агентов (в промышленности и в военных условиях) [2, 6].

2.1. Фильтрующие противогазы как массовое средство.

Советский фильтрующий противогаз БС (Боевой Стальной) образца 1936г. (Модель 1941 г. - БС-41) стал основой защиты. Его коробка содержала:

- противоаэрозольный фильтр (асбестово-целлюлозная мембрана) - задерживал частицы дыма, тумана, бактерий.

- шихта (активированный уголь с катализаторами - окислами меди, серебра, хрома) - хемосорбировала отравляющие вещества (фосген, иприт, синильную кислоту).

В годы войны было произведено более 150 млн штук противогазов. Инновацией стало введение противодымного фильтра (ПДФ), который не забивался при высоких концентрациях аэрозоля - критически важно при артиллерийских обстрелах.

2.2. Регенеративные патроны для изолирующих аппаратов.

Для работы в среде, непригодной для фильтрации (кислородная недостаточность, высокие концентрации неизвестных ядов), использовались изолирующие противогазы с регенеративным патроном. Внутри патрона находился надперекисный реагент (пероксид натрия или калия), который при контакте с выдыхаемым углекислым газом и водяным паром выделял кислород. Одновременно поглощались CO_2 и влага.

Такие аппараты (ИП-4, ИП-5) использовали расчеты химзащиты, саперы и танкисты (после аварий в замкнутых объемах). Недостаток - сильный нагрев

патрона и риск ожога дыхательных путей при нарушении инструкции. Тем не менее, они спасли тысячи жизней.

2.3. Противопылевые ткани и ватно-марлевые повязки.

В условиях тотальной нехватки резины и противогазных коробок для гражданского населения массово производились ватно-марлевые повязки (ВМП). Эффективность их по отношению к бактериям и пыли составляла 60–80%, но от отравляющих веществ они не защищали.

В промышленности (заводы в эвакуации, уральские шахты) использовались респираторы «Лепесток» (довоенная разработка, но массовое внедрение пришлось на 1943–44 гг.) - из ультратонкого волокна ФПП (фильтр Петрянова). Они задерживали до 99,9% аэрозолей и практически не затрудняли дыхание. Это позволило снизить заболеваемость пневмокониозом среди рабочих оборонных заводов.

2.4. Вентиляция и очистка воздуха в бомбоубежищах.

В бомбоубежищах и подземных госпиталях (например, в Аджимушкайских каменоломнях, в метро Москвы) воздух очищался через масляные фильтры (пузырьковые аппараты - воздух продувался через слой масла или керосина, где оседала пыль) и через содовые поглотители (для удаления CO_2). Кислород добавлялся из баллонов или химических генераторов (раствор перекиси водорода на марганцовке).

В полевых госпиталях воздух обеззараживали кварцевыми лампами (бактерицидное ультрафиолетовое излучение) - несмотря на дефицит кварцевого стекла, они монтировались в вытяжных шкафах для обработки перевязочного материала.

3. Роль государственного управления в организации очистки воды и воздуха.

Военно-полевая и тыловая санитария была жестко централизована. Главное военно-санитарное управление (ГВСУ) Красной армии отдавало приказы о

нормах хлорирования, типах фильтров и сроках замены патронов. На местах работали санитарные врачи полков и дивизий, оснащенные полевыми лабораториями (ППЛ-1, ППЛ-2) - ящиками с набором реактивов для анализа воды и воздуха.

Государство также решало проблему сырья. Активированный уголь для противогазов производился из косточковых плодов (абрикос, вишня) и скорлупы кедрового ореха - были мобилизованы все плодоперерабатывающие заводы. Хлорную известь выпускали даже на парфюмерных фабриках. В 1942 г. вышло постановление ГКО № 1873 «О мерах по улучшению санитарного состояния городов и населенных пунктов», которое обязало местные советы восстановить разрушенные водопроводы, организовать пункты кипячения воды и раздачу угольных фильтров населению [4].

4. Значение военного опыта для послевоенного развития.

Методы очистки воды и воздуха, отработанные в годы войны, легли в основу послевоенной стандартизации:

- полевые водопроводы (ПВП-45) стали прототипом для аварийно-восстановительных бригад МЧС.

- тканево-угольные патроны трансформировались в современные походные фильтры для туристов и войсковых подразделений.

- фильтр Петрянова до сих пор используется в атомной промышленности для улавливания радиоактивных аэрозолей.

- система гиперхлорирования с последующим дехлорированием применяется при ликвидации техногенных аварий (например, при паводках).

Кроме того, военный опыт доказал, что даже в условиях предельного дефицита ресурсов и разрухи эффективное государственное управление наукой и промышленностью способно обеспечить население чистой водой и воздухом - что является не менее важным фактором победы, чем производство танков и самолетов.

Великая Отечественная война стала жестким, но плодотворным полигоном для развития технологий очистки воды и воздуха. Основные методы - хлорирование, коагуляция, угольная адсорбция, фильтрация через пористые перегородки - были известны и ранее. Однако именно война привела к их экстремальной миниатюризации (фляжные фильтры), упрощению (глина вместо коагулянтов) и тиражированию (миллионы противогазов).

Главный урок для современности: система жизнеобеспечения должна иметь эшелонированный резерв (от центральных водопроводов до индивидуальных средств), а научно-технические разработки в области очистки следует вести с учетом мобилизационных сценариев. Память о тружениках санитарно-эпидемиологической службы, химиках и инженерах-водниках - часть нашей общей Победы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубев Т.И. Очистка питьевой воды в полевых условиях. Из опыта Великой Отечественной войны. М.: Медицина, 1974.
2. Кирш А.А., Будыка А.К., Кирш В.А. Фильтрация аэрозолей волокнистыми материалами ФП. Рос.хим.ж (Ж.Рос.хим.об-ва им. Д.И. Менделеева), 2008, т. LII, №5, с. 97-102.
3. Кармазинов Ф.В. Блокада. Ленинград. Водоканал // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. № 5. С. 3-8.
4. Санитарно-эпидемиологическая служба в период Великой Отечественной войны 1941-1945 годах. – По материалам книги «Санитарно-эпидемиологическая служба и ее руководители. Из истории здравоохранения России в XX веке». – Москва, издательство «Медицина», 2003 г.
5. Черемных О.А. Городское водоснабжение Западной Сибири в годы Великой Отечественной войны / Вестник Томского государственного университета, 2015, № 401. – 190-195 с.

6. Олонцев В.Ф, Фарберова Е.А, Минькова А.А., Генералова К.Н. К столетию создания фильтрующего противогаза академиком Н.Д. Зелинским. – М.: Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология, 1952.

© Черных Д.М., Доронкина И.Г., 2026

УДК 661.183.12

Абдуталипова Н.М., Яковенко А.Д., Шомансуров Ш.Ш.
Ташкентский государственный технический университет им. И.А. Каримова, г. Ташкент, Узбекистан
e-mail: nelly_dolls@mail.ru

СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ МЕДИ (II) ИЗ ВОДНЫХ СРЕД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИКОНДЕНСАЦИОННЫХ АМФОЛИТОВ НА ОСНОВЕ ФУРАНОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ

Аннотация. В качестве объектов исследования использованы поликонденсационные амфолиты, синтезированные с применением доступного местного сырья - фурфурола и кубовых остатков акрилонитрильного производства. В работе представлены результаты изучения основных эксплуатационных характеристик сорбентов: определены показатели статической обменной емкости, рассчитаны кинетические параметры, установлен диффузионный механизм, лимитирующий скорость процесса. Экспериментально подтверждена способность ионитов к многократной регенерации без существенной потери обменной емкости. Сформулированы выводы о технологической применимости данных амфолитов для глубокой доочистки стоков и извлечения металла из сложных по составу аммиачных растворов.

Ключевые слова: фурфурол, амфолиты, извлечение металлов, медьсодержащие стоки, регенерация ионитов, комплексообразование.

Abdutalipova N.M., Yakovenko A.D., Shomansurov Sh.Sh.
Tashkent State Technical University named after I.A. Karimov, Tashkent, Uzbekistan

SORPTION EXTRACTION OF COPPER(II) IONS FROM AQUEOUS MEDIA USING POLYCONDENSATION AMPHOLYTES BASED ON FURAN DERIVATIVES

Abstract. The research objects were polycondensation ampholytes synthesized using readily available local raw materials-furfural and waste residues from acrylonitrile production. The study presents results on key operational characteristics of the sorbents: static exchange capacity values were determined, kinetic parameters were calculated, and the diffusion mechanism limiting the process rate was established. The ability of ion-exchange resins to undergo multiple regeneration cycles without significant loss of exchange capacity was experimentally confirmed. Conclusions regarding the technological applicability of these ampholytes for advanced wastewater treatment and metal recovery from complex ammonia-containing solutions were formulated.

Keywords: furfural, ampholytes, metal extraction, copper-containing effluents, ion-exchange resin regeneration, complex formation.

На сегодняшний день обеспечение экологической безопасности производственных циклов, связанных с обработкой цветных металлов, требует внедрения высокоэффективных методов очистки сточных вод. Ионы меди, присутствующие в стоках травильных ванн, обогатительных фабрик и предприятий химического синтеза, отличаются высокой подвижностью и

способностью накапливаться в биологических объектах. Существующие методики осаждения гидроксидов зачастую не позволяют достичь требуемых санитарными нормами остаточных количеств примеси, особенно при работе с растворами, содержащими комплексообразователи вроде аммиака.

В этой связи особое значение приобретает поиск новых фильтрующих материалов, способных селективно концентрировать целевой компонент. Ранее [1] описан синтез серии полифункциональных сетчатых полимеров, макромолекулы которых содержат одновременно фрагменты как кислотного, так и основного характера. Особенностью подхода является замена традиционного, но токсичного формальдегида на соединения фуранового ряда, получаемые из возобновляемого растительного сырья.

Наличие в структуре жестких гетероциклов (фурановых колец) и ароматических звеньев предопределило высокую физическую стабильность гранул. В отличие от многих ионитов ранних поколений, склонных к растрескиванию и пептизации в щелочных или кислых средах, данные образцы демонстрировали сохранность зернения на уровне 96–98% даже после многократных циклов набухания и сушки.

С целью оценки возможности практического применения полученного амфолита АНКБФ на производстве была изучена кинетика сорбции ионов меди на нем из производственного медно-аммиачного раствора (МАР). Данный МАР применялся при очистке конгаза при синтезе аммиака на АО «МАХАМ-CHIRCHIQ». Состав МАР: Cu (общая) – 120 г/л, CH_3COOH – 120 г/л, CO_2 – 80 г/л, Cu (II) – 16 г/л, NH_3 – 125 г/л.

Также проверяли кинетику сорбции ионов меди и с разбавленным МАР, содержащим 5-8,3 г/л Cu (II) при pH= 9,8.

При исследовании кинетики ионного обмена использовался метод ограниченного объема [2]

Для определения типа кинетики (диффузионная или химическая) сорбции ионов меди полученным амфолитом АНКБФ изучали зависимость скорости процесса от таких факторов, как скорость перемешивания, диаметр гранулы полимера, структура полимерной сетки сорбента [3].

При выравнивании градиентов концентрации в зерне в течении времени прерывания контакта ионита и раствора происходит диффузия в геле. Следовательно, после возобновления контакта скорость обмена оказывается большей по сравнению с исходной (до прерывания). Возрастание скорости служит доказательством внутридиффузионной кинетики, что и наблюдается на рис. 1.

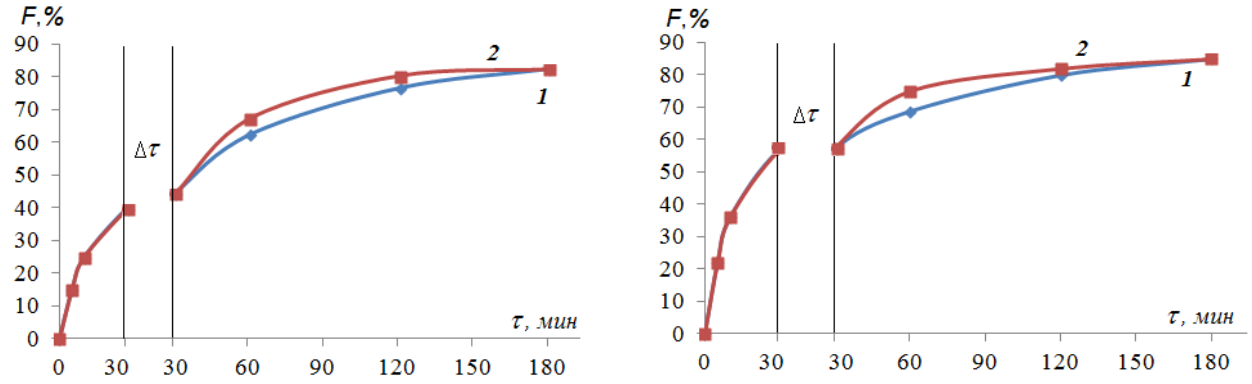


Рис. 1. Кривые сорбции ионов меди из МАР амфолитом АНКБФ в H- (а) и Na-формах (б): 1 – без прерывания, 2 – с прерыванием контакта фаз Δτ=30мин

Для определения типа диффузионной кинетики используют также известные зависимости скорости изотопного ионного обмена от времени. Критерием типа кинетики является линейная зависимость функции Bt от τ для гелевой кинетики.

Вычисленные коэффициенты диффузии при различных температурах и энергии активации на амфолите АНКБФ в H-, Na- формах указаны в таблице 1.

Коэффициенты гелевой диффузии неорганических ионов на синтетических органических зернистых ионитов находятся в пределах 10^{-6}-10^{-8} см^2/с [3], что соответствует данным таблицы 1.

Отсутствие влияния изменения скорости вращения мешалки реактора в пределах от 60 до 400 об/мин на скорость сорбции ионов меди также подтверждает внутридиффузионный характер кинетики.

Таким образом, внутренняя диффузия является лимитирующей (скоростьопределяющей) стадией процесса сорбции катионов меди. С использованием уравнения, описывающего внутридиффузионную кинетику, рассчитаны значения коэффициентов взаимодиффузии.

Таблица 1

Кинетические данные полученные с помощью метода ограниченного объема для гелевой кинетики

Форма ионита	Температура МАР, °С	B	$D \cdot 10^6$, см^2/с	Время полуобмена, $\tau_{1/2}$, с	ΔE кДж/моль
H^+	25	0,0117	2,97	25,2	33,8
	40	0,0203	5,15	14,6	
	60	0,0494	12,5	6	
Na^+	25	0,0082	2,1	35,7	25,4
	40	0,0129	3,3	22,7	
	60	0,0245	6,2	12,1	

Расчетные значения кажущейся энергии активации внутренней диффузии составили около 25–34 кДж/моль. Подобные цифры характерны для процессов, протекающих в набухших гелевых средах, и указывают на отсутствие существенных кинетических препятствий для проникновения ионов в глубь гранулы. На практике это означает, что высокая скорость потока очищаемой воды не будет критически снижать степень извлечения металла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Abdutalipova N.M. Synthesis of ion exchange resins based on industrial waste // Book of Abstracts 11th International Saint-Petersburg Conf. of Young Scientists: Modern problems of polymers science. Saint-Petersburg, 2015. P. 35.
2. Риман В. Ионообменная хроматография в аналитической химии / В. Риман, Г. Уолтон. Москва: Мир, 1973. 376 с.
3. Кокотов Ю.А. Равновесие и кинетика ионного обмена / Ю.А. Кокотов, В.А. Пасечник. Ленинград: Химия, 1970. 336 с.

© Абдуталипова Н.М., Яковенко А.Д., Шомансуров Ш.Ш., 2026

УДК 628.31

Аиткулова А.И., Насырова Э.С.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация

e-mail: ElinaSagitovna@yandex.ru

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕРОВ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ОБРАЗУЮЩИХСЯ СТОЧНЫХ ВОД

Аннотация. В работе проанализирована динамика производства основных видов полимеров в первичных формах за 2017-2024 гг. и динамика водоотведения в поверхностные водные объекты Республики Башкортостан за период 2018-2024 гг. Проведен описательный статистический анализ временных рядов, в ходе которых выявлено, что производство полимеров этилена и пропилена демонстрирует устойчивый рост, тогда как производство полимеров винилхлорида и стирола остается стабильным. Установлено, что объем сбрасываемых загрязненных сточных вод остается высоким (36,2 % от общего объема водоотведения) и большая часть приходится на категорию «недостаточно

очищенные», что указывает на низкую эффективность применяемых технологий очистки.

Ключевые слова: сточные воды, производство полимеров, водоотведение, загрязняющие вещества.

Aitkulova A.I., Nasyrova E.S.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF POLYMER PRODUCTION AND WASTEWATER DISCHARGE

Abstract. The paper analyzes the dynamics of the production of the main types of polymers in primary forms for 2017-2024 and the dynamics of wastewater discharge in surface water bodies of the Republic of Bashkortostan for the period 2018-2024. A descriptive statistical analysis of time series was carried out, during which it was revealed that the production of ethylene and propylene polymers demonstrates steady growth, while the production of vinyl chloride and styrene polymers remains stable. It was found that the volume of polluted wastewater discharged remains high (36,2 % of the total volume of wastewater) and most of it falls into the category of «insufficiently treated», which indicates the low efficiency of the applied treatment technologies.

Keywords: wastewater, polymer production, wastewater disposal, pollutants.

Современное развитие химической промышленности, в частности производство полимерных материалов, сопровождается увеличением объемов сточных вод, содержащих широкий спектр токсичных соединений, которые образуют сложные по составу стоки, требующие применения высокоэффективных методов очистки. Кроме того, процессы синтеза полимеров требуют больших объемов воды, используемой для охлаждения реакционного

оборудования, промывки готовых продуктов, приготовления реакционных смесей и вспомогательных нужд [1,2]. Согласно отраслевым данным, производство полимеров характеризуется высокой водоемкостью, а удельный объем образующихся загрязненных сточных вод составляет десятки кубометров на тонну готовой продукции. Республика Башкортостан (РБ) является одним из крупнейших центров химической промышленности России, что обусловливает высокую антропогенную нагрузку на водные объекты региона [3]. Согласно данным Государственного доклада о состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан за 2024 год, предприятия химической отрасли вносят значительный вклад в загрязнение поверхностных вод – 94,97 % от общей массы сбрасываемых загрязняющих веществ.

Исследование базировалось на анализе официальных статистических данных, опубликованных в Государственном докладе о состоянии природных ресурсов и окружающей среды РБ за 2018-2024 года и отчете Федеральной службы государственной статистики (Росстат) о производстве основных видов продукции в натуральном выражении. Для анализа использовались временные ряды:

- производство основных видов полимеров в первичных формах в РФ за 2017-2024 гг. (полимеры этилена, пропилена, винилхлорида и стирола) (рис. 1);
- динамика водоотведения в поверхностные водные объекты РБ за 2018-2024 гг. по категориям: нормативно чистые (без очистки), нормативно очищенные и загрязненные сточные воды (рис. 2).

Для каждого временного ряда построены графики, отражающие динамику показателей, и проведен описательный статистический анализ.

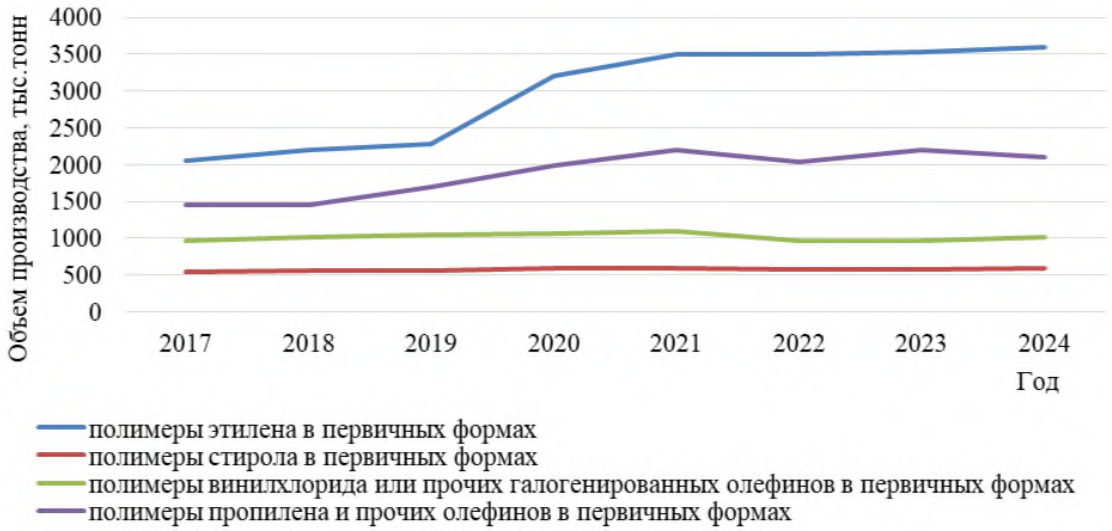


Рис. 1. Динамика производства основных полимеров за 2017-2024 гг. в России, тыс. тонн

В соответствии с рис. 1, производство полимеров в первичных формах за анализируемый период демонстрирует устойчивую положительную динамику. Общий объем производства пластмасс в первичных формах вырос с 7805 тыс. т в 2017 году до 10953 тыс. т в 2024 году, что составляет прирост более чем на 40 % за восемь лет.

При рассмотрении структуры производства наиболее динамично развивающимся сегментом являются полимеры этилена. Их производство увеличилось с 2046 тыс. т в 2017 году до 3598 тыс. т в 2024 году, что соответствует среднегодовому темпу роста около 8,6 %. Особенно заметный скачок в 2020 году, когда производство выросло на 40 % по сравнению с предыдущим годом, что связано с вводом новых мощностей и изменением рыночной ситуации. В последующие годы (2021-2024) производство стабилизировалось на уровне 3500-3600 тыс. т в год.

Производство полимеров пропилена также демонстрирует устойчивый рост: с 1449 тыс. т в 2017 году до 2096 тыс. т в 2024 году. Однако, в динамике этого сегмента наблюдается локальный максимум в 2023 году (2206 тыс. т)

и последующее снижение в 2024 году, что может указывать на начало стабилизации или коррекции после периода активного роста.

Производство полимеров винилхлорида характеризуется высокой стабильностью. За восемь лет объемы производства колебались в диапазоне 959-1101 тыс. т без выраженного устойчивого тренда. Коэффициент вариации составляет менее 5 %, что свидетельствует о зрелости рынка и отсутствии резких изменений в технологиях или спросе. Аналогичная ситуация наблюдается с полимерами стирола. Производство этого вида продукции также отличается высокой стабильностью с незначительным ростом (с 537 тыс. т в 2017 году до 598 тыс. т в 2024 году).

Рост объемов производства полимеров, особенно в быстрорастущих сегментах (полиэтилен, полипропилен), влечет за собой пропорциональное увеличение объемов образующихся сточных вод, которые характеризуются сложным и специфическим составом. В зависимости от вида производимого полимера и используемой технологии, в них могут присутствовать: фенолы, формальдегид, стирол, этилбензол, винилхлорид, хлорорганические соединения, а также соединения металлов, используемых в составе катализаторов (алюминий, марганец, хром, титан, никель). Многие из этих веществ являются высокотоксичными и требуют применения специальных методов очистки.

Данные о динамике водоотведения в поверхностные водные объекты РБ за 2018-2024 гг. (рис. 2) позволяют оценить масштаб проблемы и эффективность принимаемых природоохранных мер.

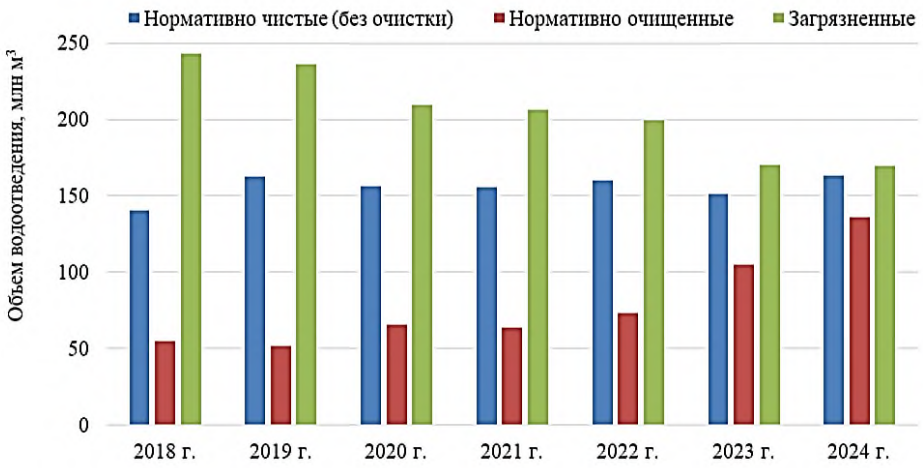


Рис. 2. Динамика водоотведения в поверхностные водные объекты РБ за 2018-2024 гг., млн. м^3

Общий объем водоотведения колебался в диапазоне 425-470 млн. м^3 в год, достигнув максимального значения 469,21 млн. м^3 в 2024 г. При этом наблюдается положительная динамика в структуре сбросов: объем нормативно очищенных сточных вод вырос с 54,58 млн. м^3 в 2018 году до 135,82 млн. м^3 в 2024 году, что свидетельствует о возможной модернизации очистных сооружений на ряде предприятий. Однако, несмотря на этот прогресс, объем загрязненных сточных вод остается высоким – 169,82 млн. м^3 в 2024 году, что составляет 36,2 % от общего объема водоотведения. Практически весь этот объем приходится на категорию «недостаточно очищенные», что указывает на низкую эффективность применяемых технологий очистки.

Сопоставление двух проанализированных динамик – роста производства полимеров и сохраняющегося высокого уровня загрязнения водных объектов – позволяет сделать вывод о необходимости совершенствования методов очистки сточных вод. При этом важно учитывать разнонаправленный характер динамики в различных сегментах полимерной промышленности. Быстрорастущие сегменты (полиэтилен, полипропилен) создают возрастающую нагрузку на системы водоочистки, что требует разработки высокопроизводительных

методов, способных эффективно работать с большими объемами стоков. Стабильные сегменты (ПВХ, полистирол) формируют устойчивый поток специфических загрязнителей, что требует применения методов глубокой очистки.

Таким образом, проведен анализ динамики производства основных видов полимеров в первичных формах за 2017-2024 гг. и водоотведения в поверхностные водные объекты РБ за 2018-2024 гг. Установлено, что производство полимеров этилена и пропилена демонстрирует устойчивый рост (среднегодовой прирост 221,7 и 92,4 тыс. тонн соответственно), что создает возрастающую нагрузку на системы водоочистки. Объем загрязненных сточных вод в Республике Башкортостан остается высоким – 169,82 млн. $м^3$ в 2024 году, при этом 94,97 % от общей массы сбрасываемых загрязняющих веществ приходится на предприятия химической отрасли. Рост сброса специфических для полимерных производств загрязнителей (фенолов, формальдегида, хлороформа, соединений металлов) при растущих объемах производства указывает на недостаточную эффективность существующих методов очистки и востребованность инновационных решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мусина С.А. Формирование базы экспериментальных данных для построения нейро-нечеткой модели принятия решений при управлении процессом очистки сточных вод / С.А. Мусина, Е.А. Макарова // Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений (памяти проф. Н.И. Юсуповой) ITIDS'2024: труды X Международной научной конференции. В 2-х томах, Уфа, 12–14 ноября 2024 года. – Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2024. С. 130-135.

2. Сидорова А.Н. Современные подходы к удалению микропластика из сточных вод / А.Н. Сидорова, Э.В. Нафикова // Экологическая неделя БРУ –

СПбПУ: Сборник материалов II научно-практической конференции с международным участием, Могилев, 14–16 октября 2025 года. Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2025. С. 93-98.

3. Fallen leaves as a possible decision to improve surface water bodies' quality in Belaya River basin (Russia) / E. Nasyrova, N. Kalsin, E. Nafikova, A. Chashnikova // Journal of the Geographical Institute Jovan Cvijic, SASA. 2025. Vol. 75, №. 2. P. 183-198.

© Аиткулова А.И., Насырова Э.С., 2026

УДК 614.7:628.3/.5

Борисова О.Н., Смирнова М.В.

Российский государственный университет туризма и сервиса, г. Пушкино, Российская Федерация

e-mail: borisova-on@bk.ru

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ И ВОЗДУХА ОТ ТЕХНОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

Аннотация. В статье представлен систематический анализ современных физико-химических, электрических, мембранных, фотокаталитических и биологических методов очистки воздуха и воды от основных техногенных загрязнителей. Рассмотрены механизмы действия каждого метода, их преимущества и ограничения. Показано, что наибольшая эффективность очистки достигается при каскадном применении методов. Приведены данные по удельным энергозатратам и возможности регенерации сорбентов и мембран. Особое внимание уделено комбинированным схемам очистки.

Ключевые слова: очистка воздуха, очистка воды, техногенные угрозы, адсорбция, мембранная фильтрация, электрофильтры, фотокатализ, биоремедиация.

Borisova O.N., Smirnova M.V.
Russian State University of Tourism and Service, Pushkino, Russian Federation

MODERN METHODS OF WATER AND AIR PURIFICATION FROM TECHNOGENIC POLLUTION

Abstract. The article presents a systematic analysis of modern physicochemical, electrical, membrane, photocatalytic and biological methods of air and water purification from major man-made pollutants. The mechanisms of action of each method, their advantages and limitations are considered. It is shown that the greatest efficiency is achieved by cascade application of methods. Data on specific energy consumption and the possibility of regeneration of sorbents and membranes are presented. Special attention is paid to combined treatment schemes. The results can be used in the design of treatment systems at industrial enterprises.
Keywords: air purification, water purification, man-made threats, adsorption, membrane filtration, electrostatic precipitators, photocatalysis, bioremediation.

Развитие промышленного производства, энергетики и транспорта приводит к увеличению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и гидросферу. По данным Росприроднадзора, объём выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников в Российской Федерации составляет более 22 млн тонн в год, а сбросов загрязнённых сточных вод – около 15 км³. Основными техногенными загрязнителями являются оксиды серы (SO_2) и азота (NO_x), летучие органические соединения (бензол, толуол, ксилол,

формальдегид), взвешенные вещества (PM_{10}, $PM_{2,5}$), ионы тяжёлых металлов (свинец, кадмий, ртуть, хром), нефтепродукты, фенолы, пестициды и поверхностно-активные вещества[1]. Многие из этих веществ обладают канцерогенным, мутагенным и нейротоксическим действием, что создаёт прямую угрозу здоровью населения[2]. В связи с этим разработка и внедрение эффективных, экономически целесообразных и экологически безопасных методов очистки воздуха и воды является одной из ключевых задач техносферной безопасности[3].

Для очистки воздуха от взвешенных частиц традиционно используются механические методы. Циклоны и мультициклоны предназначены для улавливания крупнодисперсной пыли с размером частиц более 10 мкм. Эффективность циклонов для крупнодисперсной пыли (частицы более 10 мкм) составляет 85-90 %; высокоэффективные модели (с улиточным подводом) могут достигать 95-97 %. Однако для частиц менее 5 мкм эффективность резко снижается, поэтому циклоны применяются в качестве первой ступени грубой очистки. Однако наиболее совершенными среди аппаратов сухой механической очистки считаются электрофильтры. Принцип их действия основан на ионизации газового потока в коронном разряде и последующем осаждении заряженных частиц на коллекторных электродах под действием электростатического поля. Электрофильтры обеспечивают степень очистки для мелкодисперсной пыли ($PM_{2,5}$) до 99,9 % при удельном расходе энергии 0,1-0,5 кВт·ч на 1000 м³ газа. Основным недостатком электрофильтров является их чувствительность к удельному электрическому сопротивлению пыли: при значениях сопротивления выше 10^{10} Ом·см возникает обратная корона, резко снижающая эффективность улавливания.

Для удаления газообразных загрязнителей, таких как оксиды серы и азота, летучие органические соединения, наиболее широко применяются сорбционные методы. Адсорбция на активированных углях, цеолитах и силикагелях основана

на способности этих материалов удерживать молекулы загрязнителей за счёт ван-дер-ваальсовых сил и капиллярной конденсации в микро- и мезопорах. Активированные угли имеют удельную поверхность до 1500 м²/г и динамическую сорбционную ёмкость по бензолу, достигающую 30-40 % от массы сорбента [4]. Для регенерации насыщенных углей применяются термический (парогазовый) или химический методы. Для удаления оксидов серы используются хемосорбционные методы, например, известковое молоко (суспензия $Ca(OH)_2$) для улавливания SO_2 с образованием гипса, пригодного для строительной промышленности. Для восстановления оксидов азота применяется селективное каталитическое восстановление (СКВ) аммиаком на ванадий-титановых катализаторах при температуре 300-400 °C, позволяющее снизить концентрацию NO_x на 90-95 %.

Фотокаталитический метод основан на использовании полупроводниковых материалов, преимущественно диоксида титана (TiO_2) в полиморфной модификации – анатаз. При облучении ультрафиолетом с длиной волны 365-380 нм электроны переходят из валентной зоны в зону проводимости, образуя электронно-дырочные пары. Дырки окисляют адсорбированные молекулы воды с образованием гидроксильных радикалов (•OH), а электроны восстанавливают кислород до супероксид-аниона ($•O_2^-$). Эти активные формы кислорода обладают чрезвычайно высоким окислительным потенциалом и способны разлагать практически любые органические соединения до углекислого газа и воды, а также инактивировать микроорганизмы. На рис. 1 представлена принципиальная схема фотокаталитического реактора: загрязнённый поток воздуха или воды проходит через камеру с TiO_2-покрытием на кварцевых или металлических носителях, одновременно облучаемую УФ-лампами. Фотокаталитический реактор с TiO_2-покрытием на металлической сетке обеспечивает разложение 95% формальдегида при начальной концентрации 5 мг/м³ за время контакта 3 секунды. Для очистки воды этот метод

эффективен для разложения фенолов, пестицидов и красителей. Основным ограничением фотокатализа является необходимость в источнике УФ-излучения и постепенное снижение активности катализатора из-за накопления неорганических продуктов на его поверхности, что требует периодической промывки.

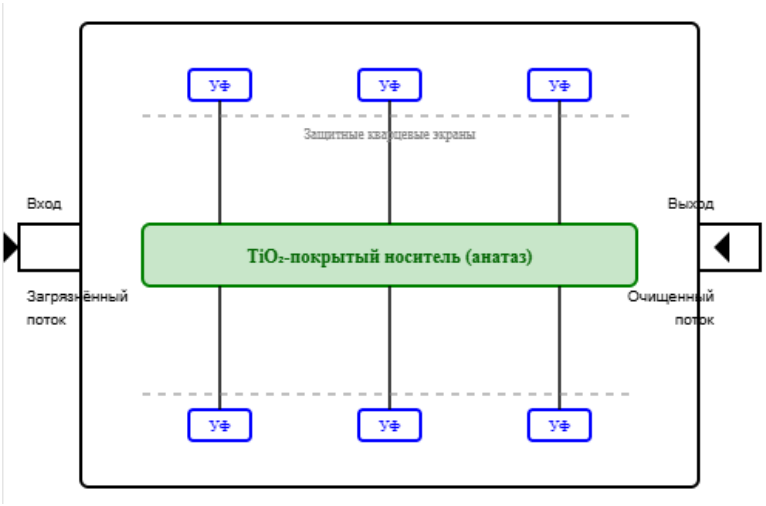


Рис. 1. Схема фотокаталитического реактора для очистки воздуха и воды

Для очистки воды от растворённых загрязнителей ведущее место занимают мембранные технологии, которые включают микрофильтрацию, ультрафильтрацию, нанофильтрацию и обратный осмос. Микрофильтрационные мембраны с размером пор 0,1-10 мкм задерживают взвешенные вещества и бактерии. Ультрафильтрационные мембраны (размер пор 1-100 нм) удаляют коллоидные частицы, вирусы и высокомолекулярные органические соединения, такие как белки и гуминовые кислоты. Нанофильтрационные мембраны (размер пор 0,5-2 нм) задерживают двухвалентные ионы (Ca^{2+}, Mg^{2+}, SO_4^{2-}) и часть низкомолекулярной органики. Наиболее высокой селективностью обладает обратный осмос (размер пор 0,1-1 нм), который задерживает практически все ионы, включая одновалентные (Na^+, Cl^-), а также низкомолекулярные органические соединения. Применение нанотехнологий в водоочистке, включая мембранные и фотокаталитические методы, проанализировано в [5]. Для

полимерных композитных мембран на основе полиамида и полисульфона степень задержания ионов тяжёлых металлов (Cu^{2+}, Ni^{2+}, Cr^{3+}, Pb^{2+}) составляет 98-99,5 % при рабочем давлении 10-40 атм. Альтернативным методом удаления ионов тяжёлых металлов является ионный обмен с использованием ионитов, подробно описанный в [6]. Основными проблемами мембранных процессов являются концентрационная поляризация и образование гелевого слоя на поверхности мембраны, что снижает удельную производительность и требует периодической химической промывки.

Биологические методы основаны на способности микроорганизмов (бактерий, грибов, простейших) разрушать органические загрязнители в процессе своей жизнедеятельности. Для очистки сточных вод наиболее распространены аэротенки – сооружения, в которых активный ил (сообщество микроорганизмов) находится во взвешенном состоянии и при непрерывной аэрации окисляет органические вещества. При нагрузке 0,5-1,0 кг $БПК_5$/($м^3$·сут) эффективность удаления органики достигает 90-95 %. Для доочистки сточных вод от биогенных элементов (азота и фосфора) используются биофильтры с иммобилизованной микрофлорой. Для очистки воздуха от летучих органических соединений применяются биофильтры и биокапля. В биофильтре загрязнённый воздух проходит через слой влажной загрузки (компост, кора, торф, керамзит), заселённой микроорганизмами-деструкторами. Эффективность удаления ксилола, стирола и этилбензола достигает 85-95 % при времени контакта 30-60 секунд. Преимуществами биологических методов являются низкие эксплуатационные затраты и отсутствие вторичных химических загрязнителей, недостатками – длительный пусковой период и чувствительность к токсичным примесям.

Каждый из рассмотренных методов имеет свои достоинства и ограничения. В таблице 1 приведены сравнительные характеристики основных

методов очистки воздуха и воды по степени удаления загрязнителей, энергозатратам и необходимости регенерации.

Таблица 1

Сравнительная характеристика методов очистки воздуха и воды

Метод	Степень очистки, %	Удельные энергозатраты	Необходимость регенерации	Основные загрязнители
Электрофильтры	95-99,9	средние	да (очистка электродов)	PM_{10}, $PM_{2,5}$, зола
Адсорбция (уголь)	85-98	низкие	да (термическая/ химическая)	ЛОС, фенолы
Фотокатализ (TiO_2)	90-98	средние	нет (периодическая промывка)	ЛОС, формальдегид, микроорганизмы
Обратный осмос	98-99,9	высокие	нет (замена мембран)	ионы металлов, соли, органики
Биологическая очистка	80-95	низкие	нет	органические вещества (БПК, ХПК)

Как показывают данные таблицы, ни один из методов не является универсальным. Наиболее эффективным подходом является каскадное (комбинированное) применение нескольких методов. Такие комбинированные системы позволяют достичь степени очистки 99,9 % и обеспечить замкнутый водооборот на промышленных предприятиях.

Современные методы очистки воздуха и воды позволяют эффективно удалять широкий спектр техногенных загрязнителей – от крупнодисперсной пыли до растворённых ионов и летучих органических соединений. Наибольшую эффективность обеспечивают комбинированные схемы, сочетающие механическую, электрическую, сорбционную, мембранную, фотокаталитическую и биологическую очистку. Дальнейшие исследования должны быть направлены на создание гибридных каталитических мембран, разработку энергонезависимых биофильтров и повышение устойчивости

фотокатализаторов к дезактивации. Внедрение описанных технологий на промышленных предприятиях позволит существенно снизить техногенную нагрузку на окружающую среду и уменьшить риски для здоровья населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисова О.Н., Волкова Е.С. Очистка нефтесодержащих сточных вод: обзор традиционных и современных методов // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2022): материалы XVIII Международной научно-технической конференции. Уфа, 2022. Т. 1. С. 240–245.

2. Борисова О.Н. Базовые методы очистки сточных вод и их классификация // Наука, образование, производство для противодействия техногенным угрозам и решения экологических проблем (Техносферная безопасность-2025): материалы XXII Международной научно-практической конференции. Уфа, 2025. С. 292-298.

3. Борисова О.Н., Глыбина П.Н. Развитие системы мониторинга качества атмосферного воздуха // Наука, образование, производство для противодействия техногенным угрозам и решения экологических проблем (Техносферная безопасность-2025): материалы XXII Международной научно-практической конференции. Уфа, 2025. С. 172-177.

4. Борисова О.Н., Семенова А.Е. Анализ адсорбционного метода очистки СВ // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2022): материалы XVIII Международной научно-технической конференции. Уфа, 2022. Т. 1. С. 245-249.

5. Борисова О.Н., Доронкина И.Г., Феоктистова В.М. Ресурсосберегающие нанотехнологии в водоочистке // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2021. Т. 13. № 2. С. 124-130.

6. Доронкина И.Г., Борисова О.Н. Ионообменные технологии очистки сточных вод с использованием ионитов // Наука, образование, производство в

решении экологических проблем (Экология-2020): материалы XVI Международной научно-технической конференции. Уфа, 2020. С. 291-296.

© Борисова О.Н., Смирнова М.В., 2026

УДК 504.06

Юсупова А.А., Осипова В.Ю.
Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация
e-mail: uvenos16@gmail.com

ПРИРОДНЫЕ ФИЛЬТРЫ И БИОРЕМЕДИАЦИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ И ВОЗДУХА

Аннотация. Статья освещает современные подходы к восстановлению экосистем, фокусируясь на биоремедиации как на ключевом направлении экологической инженерии. Представлены основные методы, их эффективность и успешные примеры внедрения в различных средах.
Ключевые слова: биоремедиация, восстановление экосистем, загрязнение окружающей среды, микроорганизмы, экология, механизмы очистки.

Yusupova A.A., Osipova V.Yu.
Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russian Federation

NATURAL FILTERS AND BIOREMEDIATION FOR WATER AND AIR PURIFICATION

Abstract. The article highlights modern approaches to ecosystem restoration, focusing on bioremediation as a key area of environmental engineering. The main methods,

their effectiveness, and successful examples of implementation in various environments are presented.

Keywords: bioremediation, ecosystem restoration, environmental pollution, microorganisms, ecology, and purification mechanisms.

Современное общество сталкивается с комплексом экологических проблем, обусловленных антропогенным воздействием на природные системы. Загрязнение литосферы, гидросферы и атмосферы промышленными выбросами, углеводородами, тяжелыми металлами и другими ксенобиотиками представляет угрозу для биоразнообразия и здоровья человека. В связи с этим возрастает значимость разработки эффективных технологий рекультивации нарушенных экосистем, среди которых биоремедиация выделяется как один из ключевых методов. Биоремедиация, представляющая собой процесс использования биологических агентов (микроорганизмов, растений) для детоксикации загрязненных сред, продемонстрировала свою экологическую безопасность и экономическую целесообразность.

Естественная очистка воды происходит благодаря комбинации физических, химических и биологических процессов. Природа на протяжении миллионов лет оттачивала механизмы фильтрации, которые сегодня мы можем адаптировать и применять в технологиях.

Природные адсорбенты – это материалы, которые, благодаря своей пористой структуре и высокой удельной поверхности, способны связывать и удерживать широкий спектр загрязнений [1].

Использование органических отходов и растительных материалов для создания фильтров - еще одно перспективное направление. Хороший пример – биофильтр, разработанный в Туркменистане. Его фильтрующая загрузка состоит из натуральных материалов: кожуры граната и овечьей шерсти, которые в комбинации с растительными экстрактами создают высокопористую

структуру, способную удалять ионы металлов, органические кислоты, нефтепродукты, грибки и бактерии. Это экологически чистая альтернатива синтетическим фильтрам.

Биоремедиация - это комплекс методов, где главными действующими лицами выступают живые организмы: растения, грибы, водоросли и бактерии [2].

Фиторемедиация: растения-санитары. Это метод очистки сточных вод, грунтов и атмосферы с использованием зеленых растений. Растения не просто украшают пруды и каналы – они выступают как естественные фильтры, поглощая из воды нитраты, фосфаты, тяжелые металлы и органические загрязнители. Их корневая система стабилизирует донные отложения и создает идеальную среду для развития полезных микроорганизмов, которые также активно участвуют в очистке [3].

Микробиологическая очистка воды. Бактерии и другие микроорганизмы - это «природные санитары». Они способны расщеплять сложные органические соединения на безопасные вещества, такие как углекислый газ и вода. Некоторые группы бактерий, например, эффективно регулируют уровень аммиака и нитратов в водоемах, участвуя в процессах нитрификации и денитрификации [4, 5].

Пример: очистка подземных вод. Ученые ФИЦ Биотехнологии РАН успешно испытали методы очистки холодных подземных вод от нитратов и аммония с помощью микроорганизмов. Высокая концентрация этих веществ опасна для здоровья - например, нитраты могут нарушать работу гемоглобина. Биоремедиация предлагает эффективный способ борьбы с такими загрязнениями.

Фиторемедиация для воздуха. Растения способны поглощать и разлагать летучие органические соединения (ЛОС), формальдегиды и бензолы, которые в больших количествах присутствуют в воздухе жилых и офисных помещений (от

строительных материалов, мебели, бытовой химии). Этот метод называют филлоремедиацией (phylloremediation), и он считается наиболее эффективной естественной технологией для удаления загрязнений воздуха.

Так же, как и в воде, в воздухе эффективно работают сорбенты на основе природных материалов. Например, сорбенты из природных алюмосиликатов (опок) - пород, обладающих высокой пористостью, - могут быть использованы для создания высокоэффективных систем очистки воздуха производственных и жилых помещениях.

Таким образом, природные фильтры и биоремедиация представляют собой передовой подход к решению экологических проблем, используя природные механизмы для эффективной и безопасной очистки. Диапазон этих технологий простирается от интуитивно понятных систем, таких как ксилемные фильтры и биоплато, до сложных биогибридных систем для удаления урана и использования фотосинтезирующих водорослей. Это яркий пример синергии науки и природы, формирующей технологии будущего. Мировой опыт подтверждает действенность биоремедиации в различных областях, включая очистку сульфатных стоков, извлечение тяжелых металлов и детоксикацию помещений от летучих органических соединений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тунакова Ю.А., Валиев В.С., Габдрахманова Г.Н., Кузнецова О.Н.. Использование активированного природного цеолита в качестве адсорбента для очистки природных вод от ионов металлов // Вестник технологического университета, 27, 11. 47-51(2024)

2. Гильдебрант А.В., Сазыкин И.С., Сазыкина М. А.. Бактериальные биопленки и их применение в биоремедиации // Биотехнология. 2022. Т. 38. № 5. С. 87-98.

3. Тюкалова О.В. Фиторемедиация как способ очистки сточных вод, загрязненных никелем / О.В. Тюкалова, С.С. Тимофеева, В.Д. Чеботарева // Безопасность жизнедеятельности. 2025. 23 с.

4. Бусарев А.В. К вопросу удаления из природных вод нефтепродуктов методом сорбции / А.В. Бусарев, И.Г. Шешегова // Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов: Известия КГАСУ. 2019. № 4 (50). С. 4.

5. Жукова О.В. Технологическая схема биоочистки нефтесодержащих производственных стоков, основанная на применении отселектированных углеводородоокисляющих микроорганизмов / О.В. Жукова, Н.В. Морозов // Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов: Известия КГАСУ. 2009. № 1 (11). С. 5.

© Юсупова А.А., Осипова В.Ю., 2026

УДК 699.871

Дробот Е.С., Недина М.А.

Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина, г. Брест, Республика Беларусь

e-mail: milananedina59@mail.ru

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЧИСТКИ ВОДЫ И ВОЗДУХА НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ТИТАНА (TiO_2)

Аннотация. В статье анализируется фотокаталитический метод очистки воды и воздуха на основе диоксида титана (TiO_2). Рассмотрен механизм генерации активных радикалов, обеспечивающих деструкцию загрязнителей до безопасных продуктов. Выявлены преимущества метода и его недостатки. Представлены

стратегии модификации TiO_2 для повышения эффективности, а также примеры практического применения технологии.

Ключевые слова: фотокатализ, диоксид титана, очистка воды, очистка воздуха, летучие органические соединения, допирование, активные радикалы.

Drobot E.S., Nedina M.A.
Brest State University named after A.S. Pushkin, Brest, Republic of Belarus

PHOTOCATALYTIC METHOD OF WATER AND AIR PURIFICATION BASED ON TITANIUM DIOXIDE (TIO_2)

Abstract. This article analyzes a photocatalytic method for water and air purification using titanium dioxide (TiO_2). The mechanism for generating active radicals and ensuring the destruction of pollutants to safe products is discussed. The advantages and disadvantages of this method are identified. A strategy for modifying TiO_2 to improve efficiency and practical application technologies are presented.

Keywords: photocatalysis, titanium dioxide, water purification, air purification, volatile organic compounds, doping, active radicals.

В нашем мире, где с каждым днем технический прогресс выходит на новый уровень, тема загрязнения воды и воздуха крайне актуальна. Стоит помнить, что все живые существа от людей и животных до птиц и рыб не представляют своего существования без воды и воздуха. Все чаще на планете появляется огромное количество фабрик и заводов, которые не только пагубно влияют на атмосферу выбросами углекислого газа, азота, диоксида серы и прочих веществ, но влияют и на воду, сливая тонны сточных вод, содержащие опасные химикаты и тяжелые металлы, в близлежащие реки, откуда это попадает в моря, а следом и в океаны. Отсюда возникают проблемы со здоровьем. Исчезают популяции разных видов

животных, многие озера и реки становятся непригодными для жизни рыб и других подводных обитателей, увеличивается рождаемость больных малышей. Это наше окружение, то, что мы пьем, едим и чем дышим, все это незаметно накладывает свой отпечаток на нашу жизнь и жизнь наших детей.

Именно поэтому человечество просто обязано внимательно и добросовестно относиться к вопросам очистки воздуха и воды. Для того, чтобы мы и будущие поколения росли и развивались в достойных и безопасных условиях.

Настоящая статья посвящена всестороннему анализу принципов функционирования фотокаталитической очистки с использованием диоксида титана (TiO_2). В рамках исследования будут детально рассмотрены ключевые преимущества данной технологии, выявлены существующие лимитации, а также представлены актуальные направления научных изысканий, направленные на их минимизацию. Отдельное внимание будет уделено практическим аспектам применения метода в контексте очистки водных и воздушных сред.

Принцип работы метода

Стоит сказать, что диоксид титана является очень полезным веществом. Он используется в белилах для покраски стен, его даже в солнцезащитные кремы добавляют. И вот, наряду со своими положительными качествами в вышеупомянутых случаях, диоксид титана оказывается крайне полезным в очистке воды и воздуха.

Если простым языком объяснять суть фотокатализа на основе диоксида титана, то перед нами возникнет процесс, при котором свет играет роль своего рода раздражителя влияние которого является отправной точкой химических реакций разрушения загрязнителя. Диоксид титана относится к полупроводникам, это в свою очередь может означать только одно: электроны его состава могут находиться в одном строго определенном энергетическом состоянии. В момент попадания света на TiO_2 с достаточным количеством

энергии, его электроны получают импульс и переходят на более высокий энергетический уровень. На местах и прежнего нахождения остаются так называемые «дырки» – области с положительным зарядом. Образуется пара «электрон – дырка». В случае, если эта пара успевает добраться к поверхности катализатора до того, как образуется новая такая пара, они вступят в реакции с окружающей средой. Электроны восстанавливают молекулярный кислород, образуя на его месте супероксид – анион – радикалы. Дырки окисляют воду или гидроксильные группы, создавая гидроксильные радикалы. Эти радикалы отличаются очень высокой способностью к окислению. Вступая в реакцию с практически любыми органическими соединениями, инициируется цепочка превращений, которая оканчивается полным превращением загрязнителя в углекислый газ и воду.

Принципиальное отличие данного метода заключается в следующем: загрязнители не просто извлекаются из воды и воздуха, а преобразовываются в экологические и чистые биологические соединения.

Преимущества и недостатки диоксида титана

Диоксид титана уже продолжительное время считается образцом среди фотокатализаторов. Как отмечает М.Л. Туммино, «TiO_2 остается популярным выбором благодаря своей низкой стоимости, химической стабильности и нетоксичности» [1]. Ведь так и есть, в отличие от других веществ, применяемых в данной области диоксид титана долговечен, что позволяет использовать его неоднократно. Это очень важное качество для инженеров, так как любой процесс на производстве должен быть не только безопасным, но долговечным и практичным. Но именно во всех плюсах неприметно содержаться и основные минусы данного вещества.

Поговорим о недостатках. Эффективность фотокатализа на основе чистого TiO_2 критически зависит от наличия ультрафиолетового излучения с длиной волны менее 387 нм. Однако естественные источники света, такие как солнце,

содержат лишь около 5% необходимого УФ-спектра, а искусственное освещение в помещениях практически полностью лишено его. Следовательно, для активации TiO_2 требуется либо инвестировать в энергозатратные УФ-лампы, либо принять существенное снижение производительности фотокаталитического процесса в условиях стандартного освещения.

По мнению Ю. Жана и соавторов, «из-за широкой запрещенной зоны TiO_2 (>3,2 эВ) серьезно ограничивается использование видимого света, а быстрая рекомбинация электронно-дырочных пар в TiO_2 часто приводит к низкой фотокаталитической активности и низкому квантовому выходу» [2].

Методы, используемые для повышения эффективности работы диоксида титана

Как отмечает Ю. Жан с соавторами, «основные стратегии модификации TiO_2 включают легирование, создание гетеропереходов, инженерию кристаллических плоскостей и дефектную инженерию» [2].

Итак, в научной среде сложились основные методы повышения эффективности фотокатализа с помощью TiO_2:

1. Допирование – способ, позволяющий использовать не только УФ, но и видимый свет, этот результат достигается путем введения ионов и неметаллов в кристаллическую решетку диоксида титана.
2. Создание гетеропереходов – данный метод нацелен на эффективное разделение зарядов с помощью сочетания TiO_2 с другими полупроводниками и углеродными материалами.
3. Использование наноструктур - наноразмерное измельчение (5-40 нм) существенно повышает удельную поверхность, оптимизируя адсорбцию реагентов. Применение бифазных систем (например, анатаз/рутил, как в P25) демонстрирует превосходство над монофазным анатазом.
4. Поверхностная модификация – фотосенсибилизация благородными металлами, создает ловушки для электронов, что способствует

предотвращению их рекомбинаций с дырками.

5. Гидрирование – обработка TiO_2 водородом благодаря этому создаются дефекты, а это в свою очередь меняет оптические свойства и повышает количество поглощаемого света.

Очистка воды

Диоксид титана традиционно использовали в самых трудно очищаемых местах. Ярчайшим примером являются – текстильные красители. Созданы они специально с расчетом на долговечность службы, не смываемость водой и не выцветание на солнце. Отсюда и сложности в очистке. Большое количество способов очистки в данной ситуации просто бессильны. Но не фотокатализ. Он позволяет разорвать устойчивые связи в молекулах и превратить их в углекислый газ и воду. Реакция происходит при комнатной температуре, не требует дорогостоящих реагентов и кроме того не выделяет опасные токсины.

Помимо этого, фотокатализ эффективен в обеззараживании воды, а также ее очистке от тяжелых металлов.

Очистка воздуха

Как отмечают Джейсон с соавторами, «среди всех методов очистки воздуха наибольший интерес вызывает фотокаталитическое окисление благодаря высокой эффективности удаления типичных низкоконцентрированных загрязнителей воздуха в помещении при максимальной производительности и минимальном энергопотреблении. TiO_2 широко используется в качестве фотокатализатора в процессах фотокаталитического окисления благодаря своим уникальным свойствам» [3].

Здесь активная работа ведется как в помещении, так и за его пределами. Говоря про помещения, стоит отметить, что опасность представляют летучие органические вещества. Они выделяются из пластика, клеев, бытовой химии. Формальдегид, бензол и остальные из этой компании, скапливаясь в воздухе, способны вызывать головные боли и аллергические реакции. Во избежание этого

отличным вариантом будет установить в очиститель воздуха фотокаталитического фильтра. Он способен обеззараживать воздух прямиком в потоке, что положительно скажется на здоровье.

На улице фотокатализ является незаменимым помощником в составах строительных материалов. При его добавлении в штукатурку, цемент или грунтовку эти материалы становятся самоочищающимися, а также способны устранять загрязнители из воздуха. Идея массового внедрении пока на стадии разработки из-за вышеупомянутых проблем с применением.

Заключение

Фотокаталитически метод очистки воздуха и воды на основе диоксида титана действительно является эффективным способом в борьбе с загрязнениями. Он не просос их удаляет, он создает из них органически безопасные соединения. Метод основан на использовании солнечного счета, безопасен для окружающих, не требует больших вложений и дорогостоящих реагентов. При этом под большой вопрос ставится масштабированное использование данного метода. Большое количество нерешенных проблем по-прежнему остаются. Если все усилия ученых в доработках этого метода увенчаются успехом, то фотокатализ прочно закрепится на ведущих позиция в водо- и воздухочистке, сделав их не только эффективными, но и безопасными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Туммино М.Л. Очистка воздуха и воды с использованием фотокатализа: перспективы масштабирования / М.Л. Туммино, Р.М. Наварро Йерга // Catalysts. 2024. Т. 14, № 7. С. 434.

2. Жан Ю. Модифицированные фотокаталитические материалы на основе диоксида титана для очистки воды: мини-обзор / Ю. Жан, Л. Ван, С. Ли, К. Сун // Environmental Functional Materials. 2024. Т. 3, № 1. С. 1-12.

3. Jaison A., Mohan A., Lee Y.C. Recent Developments in Photocatalytic Nanotechnology for Purifying Air Polluted with Volatile Organic Compounds: Effect of Operating Parameters and Catalyst Deactivation // Catalysts. 2023. Т. 13, № 2. С. 407.

© Дробот Е.С., Недина М.А., 2026

УДК 504.75:656.61

Александров Д.В., Попов С.С.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: alexandrovdv@uust.ru

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ АВАРИЙ ТАНКЕРОВ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СНИЖЕНИЯ РИСКА РАЗЛИВОВ

Аннотация. В статье рассмотрены основные экологические последствия разливов нефти, включая деградацию экосистем и долгосрочные изменения природных процессов. Проведен анализ существующих технологий ликвидации нефтяных загрязнений и выявлены их ограничения. Особое внимание уделено перспективным подходам, направленным на повышение эффективности ликвидации разливов, включая технологии регенерации нефтесорбентов. Показано, что развитие подобных решений позволяет снизить объем отходов и повысить ресурсную эффективность экологических работ.

Ключевые слова: разливы нефти, аварии танкеров, нефтесорбенты, ликвидация загрязнений.

Alexandrov D.V., Popov S.S.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF TANKER ACCIDENTS AND MODERN TECHNOLOGIES FOR SPILL RISK REDUCTION

Abstract. This article examines the primary environmental consequences of oil spills, including ecosystem degradation and long-term disruption of natural processes. An analysis of existing oil pollution remediation technologies is conducted, and their limitations are identified. Particular attention is given to promising approaches aimed at improving spill response effectiveness, including technologies for the regeneration of oil sorbents. It is demonstrated that the development of such solutions reduces waste volumes and enhances the resource efficiency of environmental remediation operations.
Keywords: oil spills, tanker accidents, oil sorbents, pollution remediation.

Транспортировка нефти морским транспортом изначально связана с повышенными рисками техногенного характера. Даже с учётом развития навигационных технологий и ужесточения требований к эксплуатации судов полностью исключить аварийные разливы не удаётся и такие ситуации продолжают возникать [1]. Их последствия, как правило, выходят за пределы самой акватории: затрагиваются прибрежные территории, живые организмы и хозяйственная деятельность.

Характерной чертой подобных аварий является масштаб распространения загрязнения. В отличие от локальных источников, нефтяные разливы на воде способны быстро распространяться на значительные расстояния, формируя обширные зоны устойчивого воздействия, последствия которых сохраняются длительное время [1,2].

Попадание нефти в водную среду запускает целый комплекс процессов. На поверхности формируется плёнка, препятствующая нормальному газообмену, что приводит к снижению содержания растворённого кислорода. Это напрямую отражается на состоянии гидробионтов, особенно чувствительных к таким изменениям.

Отдельную проблему представляют токсичные компоненты нефти, прежде всего ароматические углеводороды. Они способны накапливаться в организмах, вызывая нарушения физиологических процессов, в том числе влияя на рост и воспроизводство морских организмов.

При выходе нефти на береговые участки последствия приобретают ещё более устойчивый характер. Наблюдается деградация растительного покрова, изменение свойств почв и донных отложений, снижение биологической активности экосистем. Восстановление таких территорий, как показывает практика, может занимать десятилетия [3].

Существующие подходы к ликвидации разливов нефти принято рассматривать как совокупность нескольких основных направлений (таблица 1). Наиболее широко применяются механические методы, включающие установку боновых заграждений и использование нефтесборщиков, позволяющих ограничить распространение загрязнения и частично удалить нефть с поверхности воды. Значительное распространение получили и сорбционные материалы, применяемые в различных формах, от матов до гранулированных составов, способных эффективно поглощать нефтепродукты. В ряде случаев используются химические реагенты, например дисперсанты, а также биологические методы, направленные на ускорение разложения углеводородов.

В то же время практика показывает, что ни один из перечисленных подходов не является универсальным. Эффективность механических методов существенно зависит от погодных условий и состояния акватории, а возможности оперативного реагирования остаются ограниченными [4].

Таблица 1

Сравнительная характеристика применяемых технологий ликвидации нефтяных разливов

Метод	Сущность	Где применяется	Преимущества	Ограничения
Боновые заграждения	Ограничение распространения нефтяного пятна с помощью плавучих барьеров	Начальная стадия разлива, прибрежные и защищённые акватории	Быстро разворачиваются, позволяют удержать загрязнение в пределах участка	Теряют эффективность при волнении, течениях и ветре, требуют постоянного контроля
Нефтесборщики (скиммеры)	Сбор нефти с поверхности воды с использованием механических устройств	Удаление значительных объемов нефти при относительно спокойных условиях	Позволяют извлекать нефть для последующей переработки, достаточно высокая производительность	Сильно зависят от погодных условий, хуже работают при тонкой пленке, возникает проблема утилизации смеси
Сорбционные материалы	Поглощение нефти пористыми материалами с последующим сбором	Локальные загрязнения, труднодоступные участки, береговая зона	Обеспечивают высокую степень очистки, удобны в применении, работают даже в сложных условиях	Образуется большой объем загрязнённых отходов, требуется дальнейшая утилизация
Химические методы (диспергенты)	Дробление нефтяной пленки и ускорение её разложения	Открытые акватории, крупные разливы	Быстро уменьшают видимое загрязнение, позволяют обрабатывать большие площади	Возможна токсичность, загрязнение уходит в толщу воды
Биологические методы	Разложение углеводородов с помощью микроорганизмов	Длительное восстановление загрязнённых территорий	Экологически более безопасный подход, способствует восстановлению экосистем	Процессы протекают медленно, сильно зависят от условий среды
Регенерация сорбентов (механически	Извлечение нефти из насыщенного сорбента за счёт механического воздействия	Завершающий этап работ, обращение с использованными сорбентами	Снижает объём отходов, позволяет частично повторно использовать сорбент, извлекаются нефтепродукты	Требуется оборудование, необходимо встраивать в общий процесс ликвидации

По мере насыщения нефтью сорбенты перестают выполнять свою функцию и требуют последующей утилизации как загрязнённые отходы. Это приводит к увеличению объема загрязненных материалов и росту затрат на их обработку.

Как отмечается в современных разработках, отсутствие эффективных решений по извлечению нефтепродуктов из насыщенных сорбентов снижает общую эффективность ликвидационных мероприятий и ограничивает возможность повторного использования материалов.

В последние годы наблюдается переход к более комплексным и ресурсосберегающим подходам. Одним из таких направлений является разработка технологий регенерации сорбционных материалов. Суть данного подхода заключается в извлечении нефтепродуктов из насыщенного сорбента с последующим его повторным использованием. Это позволяет сократить объем отходов и снизить потребность в новых материалах [5,6]. Одним из реализуемых решений является применение механического отжима сорбентов, при котором углеводороды отделяются за счет физического воздействия. Такой подход отличается относительной простотой реализации и отсутствием необходимости использования химических реагентов (рис. 1).

Рис. 1. Схема ликвидации разлива нефти с использованием регенерации сорбционных материалов

Развитие технологий, применяемых при ликвидации разливов нефти, в последние годы в значительной степени связано с необходимостью ускорения работ и одновременного снижения экологических последствий. В этой связи всё большее внимание уделяется решениям, ориентированным не только на удаление загрязнения, но и на более рациональное использование применяемых материалов.

Одним из таких направлений является извлечение нефтепродуктов из уже использованных сорбентов. Подобный подход позволяет сократить объём образующихся отходов и в целом упростить их дальнейшее обращение. При этом

появляется возможность частично возвращать сорбционный материал в работу, что особенно важно при проведении масштабных или продолжительных ликвидационных мероприятий.

Отдельного внимания заслуживает возможность использования подобных решений непосредственно в зоне аварии. Встраивание оборудования в мобильные комплексы позволяет выполнять часть операций на месте, без необходимости дополнительной транспортировки загрязнённых материалов.

В целом можно отметить, что постепенный переход к ресурсосберегающим подходам и более гибким технологическим решениям становится одной из характерных тенденций в развитии методов ликвидации нефтяных разливов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фащук Д.Я. и др. Геоэкологические последствия аварийных морских разливов нефти // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2003. № 5. С. 57-73.

2. Кузнецов А.Н., Кузнецова Е.В. Нефтяное загрязнение побережья Черного моря в районе города Новороссийска и Керченского пролива: многолетняя динамика и оценка способности к самоочищению // Океанологические исследования. 2021. Т. 49. № 1. С. 142-162.

3. Гафурова А.Р., Александров Д.В., Нафикова Э.В. Оценка и прогнозирование миграции нефти и нефтепродуктов в окружающей среде // Современные проблемы охраны труда и окружающей среды. Химки, 2025. С. 78-86.

4. Кальсин Н.А., Насырова Э.С. Мероприятия по ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации. М., 2024. С. 95–97.

5. Александров Д.В. Системный подход к рекультивации нефтезагрязненных территорий с учетом геоэкологической дифференциации // Экология промышленного производства. 2025. № 3(131). С. 20-26.

6. Nasyrova E., Kalsin N., Nafikova E., Chashnikova A. Fallen leaves as a possible decision to improve surface water bodies' quality // Journal of the Geographical Institute Jovan Cvijic. 2025. Vol. 75, No. 2. P. 183-198.

© Александров Д.В., Попов С.С., 2026

УДК 628.3+66.092.097.3

Крюков Н.А., Амосов А.П.

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Российская Федерация

e-mail: n.kryukkov@mail.ru

ДОПИРОВАНИЕ ОКСИДА ЦИНКА (ZnO) МЕТАЛЛАМИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В РАЗЛОЖЕНИИ ВРЕДНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ СТОЧНЫХ ВОД

Аннотация. Настоящая работа посвящена анализу современных стратегий допирования ZnO для повышения его фотокаталитической активности и систематизации данных о применении допированного ZnO для деградации различных загрязнителей сточных вод, в том числе фенола.

Ключевые слова: загрязнение сточных вод, фотокаталитическое разложение, ZnO, допирование, переходные металлы, фенол.

Kryukov N.A., Amosov A.P.

Samara State Technical University, Samara, Russian Federation

DOPING OF ZINC OXIDE (ZNO) WITH TRANSITION METALS TO ENHANCE ITS PHOTOCATALYTIC ACTIVITY IN THE DECOMPOSITION OF HARMFUL WASTEWATER POLLUTION

Abstract. This work is devoted to the analysis of modern strategies for ZnO doping to enhance its photocatalytic activity and to the systematization of data on the application of doped ZnO for the degradation of various wastewater pollutants including phenol.
Keywords: wastewater pollution, photocatalytic degradation, ZnO, doping, transition metals, phenol.

Стойкость и токсичность ряда загрязнителей водной среды требуют поиска новых эффективных методов их удаления, поскольку традиционные технологии водоочистки − адсорбция, химическое осаждение и биологическая очистка − зачастую не справляются с задачей их полного обезвреживания. Технология гетерогенного фотокатализа с использованием полупроводниковых оксидов, в частности оксида цинка (ZnO), зарекомендовала себя как действенный инструмент деградации опасных соединений. Известно, что ZnO привлекателен для исследователей благодаря своей полупроводниковой природе (ширина запрещенной зоны (ШЗЗ) = 3,37 эВ), а также таким свойствам, как химическая устойчивость, безопасность для окружающей среды и экономическая доступность. Установлено, что широкозонность ZnO ограничивает его поглощение ультрафиолетовым диапазоном (менее 5% солнечного спектра), а высокая скорость рекомбинации фотогенерированных зарядов снижает квантовую эффективность процесса. Эти факторы обуславливают необходимость применения длительного интенсивного ультрафиолетового

облучения, что существенно увеличивает стоимость очистки водных ресурсов на основе ZnO. Фотокаталитическая активность материала во многом зависит от его кристаллической структуры, морфологии поверхности, плотности дефектов (например, кислородных вакансий) и условий синтеза. Таким образом, метод изготовления и последующая термическая обработка имеют решающее значение для оптимизации структурных и оптических свойств ZnO. В качестве ключевого метода преодоления этих ограничений рассматривается легирование (допирование) ZnO различными элементами. При правильном легировании с равномерным распределением добавок создается новый энергетический уровень, который значительно улучшает перенос заряда и поглощение света, изменяет морфологию материала и усиливает внутренние дефекты.

В научной литературе принято выделять три основные группы легирующих элементов: неметаллы (C, N, S и др.), переходные (Fe, Co, Cu и др.) и редкоземельные (Ce, Eu, Y и др.) металлы. Отмечается, что введение допантов позволяет сужать эффективную ШЗЗ, создавать примесные уровни и подавлять рекомбинацию, что повышает фотокаталитическую активность материала в видимом свете.

Наибольший интерес исследователей вызывают переходные металлы и выбор конкретного легирующего элемента из группы переходных металлов определяет не только фотокаталитическую активность ZnO, но и его структурные, электрические и магнитные свойства. Различия в ионных радиусах, электронной конфигурации и склонности к образованию вторичных фаз приводят к разным механизмам воздействия на полупроводниковую матрицу. В связи с этим в статье рассматривается сравнительный анализ наиболее изученных допантов − кобальта, меди, серебра и железа. Далее систематизированы данные о влиянии каждого из этих металлов на кристаллическую структуру, оптические свойства и фотокаталитическую эффективность ZnO.

Кобальт (Co). Ион Co^{2+} (0,58 Å) по размеру близок к Zn^{2+} (0,60 Å), что обеспечивает высокую растворимость кобальта в решётке ZnO. При легировании пики на рентгенограмме сдвигаются в область больших углов. Кобальт снижает интенсивность фотолюминесценции (уменьшая рекомбинацию электронов и дырок), но увеличивает дефектное свечение в видимой области. Температура прокаливания регулирует кристалличность и количество дефектов: повышение температуры увеличивает удельную электропроводность и степень кристалличности, однако высокотемпературное прокаливание в кислородсодержащей среде приводит к окислению и росту содержания кислорода. Кобальт создаёт новые 3d-уровни и промежуточные состояния, а за счёт s–d и p–d взаимодействий усиливает поглощение видимого света. Возникают зарядовые переходы нескольких типов (зона-зона, донорные, акцепторные), а также d–d переходы самого допанта. В литературе [1] описаны наночастицы Co–ZnO кубической формы с тремя характерными полосами поглощения в видимой области (655, 612 и 570 нм), соответствующими d–d переходам ионов Co^{2+}. С увеличением концентрации Co наблюдается рост кислородных вакансий. Кроме того, кобальт придаёт ZnO ферромагнитные свойства благодаря 3d-электронам и обменной связи с O-2p, что подтверждено теоретическими расчётами.

Медь (Cu). Ион Cu^{2+} имеет немного меньший радиус (0,58 Å), чем Zn^{2+}, поэтому при легировании он сжимает кристаллическую решётку ZnO, смещая пики рентгенограммы в область больших углов. Медь создаёт в запрещённой зоне 3d-состояния, которые выступают центрами захвата электронов, сужая ширину запрещённой зоны и улучшая поглощение видимого света. Магнитный интерес к Cu–ZnO отсутствует из-за заполненной d-оболочки, однако материал перспективен для фотокаталитической деградации красителей под действием УФ и видимого света. Синтезированные в работе [2] методом осаждения наночастицы ZnO, легированные медью (0–6 % мол.), сохраняют

гексагональную вюрцитную структуру с размером кристаллитов 22–25 нм, что указывает на замещение ионов Zn^{2+} ионами Cu^{2+}. Морфология представляет собой сферические нанокристаллиты. С ростом содержания Cu до 6 % наблюдается увеличение ширины запрещённой зоны с 3,27 до 3,44 эВ. Легирование медью (6 %) значительно повышает фотокаталитическую активность в разложении метилбензола (89,2 % против более низкой у чистого ZnO) и улучшает электрохимические характеристики. Таким образом, модифицированный ZnO перспективен для очистки сточных вод и применения в суперконденсаторах.

Серебро (Ag). Ион Ag^{+} имеет больший радиус, чем Zn^{2+}, поэтому при встраивании в решётку ZnO он увеличивает объём элементарной ячейки и смещает пики рентгенограммы в сторону меньших углов. Однако из-за большого радиуса серебро плохо растворяется в матрице ZnO и преимущественно образует отдельные кристаллы или агрегаты в виде гетеропереходов, а не равномерно замещает цинк. В литературе [3] подтверждено незначительное включение Ag по сдвигу пиков РФА, но отмечено преобладание гетеропереходов, где кристаллы Ag контактируют с ZnO, обеспечивая перенос заряда на границе раздела. В этой же работе исследованы фотокатализаторы Ag/ZnO для разложения фенола под УФ-излучением. Оптимальное содержание Ag на поверхности ZnO составило 0,88 мас.% при концентрации фенола 50 мг/л и дозировке катализатора 0,15 г/л. В этих условиях модифицированный катализатор обеспечил практически полное удаление фенола из питьевой воды за 180 минут, что значительно быстрее, чем при использовании чистого ZnO. Эффективность обусловлена подавлением рекомбинации зарядов и усиленной генерацией активных форм кислорода.

Железо (Fe). Железо создаёт на границе раздела фаз энергетический уровень за счёт взаимодействия d- и sp-электронов и может находиться в степенях окисления II, III и IV, что делает его эффективным центром захвата носителей заряда. Проведенный анализ Раджан и соавторов [4]

продемонтрировали результат, что растворимость Fe в ZnO достигает 10 %. УФ-видимые спектры показывают полосу поглощения в видимой области, обусловленную высокоспиновыми переходами Fe^{3+}. На графиках Таукса зафиксирован сдвиг в сторону высоких энергий из-за sp–d обменного взаимодействия. Методом РФЭС подтверждено включение Fe^{3+} в решётку ZnO (состояния Fe_2O_3), а также показано наличие Fe^{2+} при низких концентрациях, которые окисляются до Fe^{3+} с ростом содержания допанта.

Магний (Mg). Согласно комплексному обзору [5], легирование оксида цинка магнием является одним из наиболее эффективных способов направленного изменения его физико-химических свойств для широкого круга применений. В отличие от других элементов, ионный радиус Mg^{2+} (0.57 Å) близок к радиусу Zn^{2+} (0.60 Å), что позволяет ему замещать цинк в гексагональной решетке вюрцита без значительных структурных искажений при концентрациях до 15–20 мол.%, сохраняя кристаллическую структуру материала. Ключевым оптическим эффектом, детально описанным в обзоре, является систематическое увеличение ширины запрещенной зоны («синий сдвиг») с 3.37 эВ для чистого ZnO до примерно 4.0 эВ для легированных образцов, что сопровождается повышением прозрачности в видимом диапазоне до 85%. Что касается электрических свойств, введение магния может увеличивать концентрацию электронов и улучшать проводимость за счет создания мелких донорных уровней, однако данный эффект сильно зависит от метода синтеза и концентрации легирующей примеси. Настраиваемая ширина запрещенной зоны делает Mg:ZnO перспективным материалом для оптоэлектроники (УФ-светодиоды, фотодетекторы), в качестве прозрачных проводящих оксидов и электрон-транспортных слоев в солнечных элементах, для газовых и биосенсоров, а также в тонкопленочных транзисторах. Это подтверждается в результатах [6], где легирование 1 мас. % Mg дополнительно

повышает его фотокаталитическую активность, сокращая время разложения фенола более чем наполовину: с 3,75-5 ч. до 1,75-2,25 ч.

Заключение.

Несмотря на то, что фотокаталитический потенциал ZnO хорошо изучен, исследования структурных причин повышения эксплуатационных характеристик легированных порошков ZnO остаются ограниченными. В связи с этим перспективным направлением является поиск доступных и технологичных методов синтеза, пригодных для промышленного применения. Особое значение приобретает разработка стабильных светопоглощающих материалов и гетероструктур с эффективным разделением зарядов. Для достижения этой цели необходимо сфокусироваться на управлении свойствами полупроводниковых интерфейсов, контроле направленного движения носителей заряда, а также на теоретическом моделировании, позволяющем заранее оценивать фотокаталитическую эффективность материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Meky A.I. Cube-shaped Cobalt-doped zinc oxide nanoparticles with increased visible-light-driven photocatalytic activity achieved by green co-precipitation synthesis / A.I. Meky, M.A. Hassaan, H.A. Fetouh, A.M. Ismail, A. El Nemr // Scientific Reports. 2023. Vol. 13. P. 19329.

2. Sivakumar S. Studies on photocatalytic performance and supercapacitor applications of undoped and Cu-doped ZnO nanoparticles / S. Sivakumar, Y. Robinson, N.A. Mala // Applied Surface Science Advances. 2022. Vol. 12. P. 100344.

3. Khazaali A.F.G. Zinc oxide (ZnO) enhanced with silver (Ag) is used to improve the photocatalytic degradation of phenol in aqueous solutions / A.F.G. Khazaali, W.A. Alhaidri // South Eastern European Journal of Public Health. 2024. Posted: 02-08-2024.

4. Rajan C.P. Local structural studies through EXAFS and effect of Fe^{2+} or Fe^{3+} existence in ZnO nanoparticles / C.P. Rajan, N. Abharana, S.N. Jha, D. Bhattacharyya, T.T. John // Journal of Physical Chemistry C. 2021. Vol. 125. P. 13523-13533.

5. Bappy N.F. A comprehensive review on Mg-doped ZnO thin film and nanostructure: Properties and applications / N.F. Bappy, S. Subramani // Materials Science and Engineering: B. 2025. Vol. 318. P. 118251.

6. Amosov A.P. ZnO powder combustion synthesis with (Fe, Co, Cu, Mg) monodoping for enhancing photocatalytic activity in phenol degradation / A.P. Amosov, V.A. Novikov, E.M. Kachkin, N.A. Kryukov, A.A. Titov, I.M. Sosnin, D.L. Merson // Letters on Materials. 2024. Vol. 14, № 3. P. 243-249.

© Крюков Н.А., Амосов А.П., 2026

2.6. УТИЛИЗАЦИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ И КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

УДК 338: 502.3

Кирильчук И.О., Асеева А.В.

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск

e-mail: iraida585@mail.ru

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КРИЗИС «МАЛЫХ КАПИЛЛЯРОВ» ЗЕМЛИ: ПРОБЛЕМА ЗАГРЯЗНЕНИЯ РУСЕЛ МАЛЫХ РЕК И РОДНИКОВ ПРОМЫШЛЕННЫМИ И КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ

Аннотация. В статье рассматривается критическое состояние малых рек и родниковых зон в контексте антропогенного воздействия. Анализируются основные источники загрязнения – от несанкционированных свалок коммунальных отходов до промышленных стоков. Особое внимание уделяется последствиям деградации гидрологической сети для экосистем и здоровья населения. Предлагаются комплексные меры по восстановлению и защите данных объектов.

Ключевые слова: малые капилляры, малые реки и родники, промышленные отходы, коммунальные отходы, гидрологическая сеть.

Kirilchuk I.O., Aseeva A.V.
Southwest State University, Kursk

THE ECOLOGICAL CRISIS OF THE EARTH'S "SMALL CAPILLARIES": THE PROBLEM OF POLLUTION OF SMALL RIVERBEDS AND SPRINGS BY INDUSTRIAL AND MUNICIPAL WASTE

Abstract. The article examines the critical condition of small rivers and spring zones in the context of anthropogenic impact. The main sources of pollution are analyzed, from unauthorized municipal waste dumps to industrial wastewater. Special attention is paid to the consequences of the degradation of the hydrological network for ecosystems and public health. Comprehensive measures are proposed to restore and protect these facilities.
Keywords: small capillaries, small rivers and springs, industrial waste, municipal waste, hydrological network.

Малые реки и родники часто называют «капиллярами» гидрологической системы планеты. Именно они формируют сток средних и крупных рек, определяют химический состав воды в бассейнах и поддерживают локальное биоразнообразие. Несмотря на свою стратегическую значимость, эти объекты являются наиболее уязвимыми звеньями природной среды. Из-за небольшого объема воды и низкой скорости течения малые реки обладают слабой способностью к самоочищению. Сегодня мы наблюдаем тревожную тенденцию: превращение естественных водных артерий в сточные канавы и свалки промышленных и твердых коммунальных отходов. [1]

Одной из наиболее острых проблем является захламление малых рек бытовым мусором. В сельской местности и в частном секторе городов береговые зоны зачастую превращаются в стихийные полигоны. [2]

Среди основных загрязнений можно выделить следующие:

- Загрязнение пластиковыми бутылками, полимерной упаковкой и пакетами, все они образуют в руслах заторы, так как пластик не разлагается столетиями, а под воздействием трения и ультрафиолета превращается в микропластик, который проникает в пищевые цепи рыб и птиц. [3]

- Крупногабаритный мусор меняет естественное течение реки, что приводит к заиливанию и изменению гидрорежима.

- Загрязнение фильтратами. Дождевые воды, проходя через береговые свалки вымывают токсичные вещества (красители, остатки бытовой химии, тяжелые металлы из батареек и т.д.), которые беспрепятственно попадают в воду.

В результате малая река теряет свою эстетическую и рекреационную ценность, превращаясь в источник неприятного запаха и очаг распространения инфекций.

Если коммунальные отходы видны невооруженным глазом, то промышленное загрязнение часто носит скрытый, но куда более разрушительный характер. Малые предприятия, автосервисы, небольшие производства, расположенные в водоохранных зонах, часто пренебрегают строительством очистных сооружений.

Механизмы промышленного загрязнения:

1. Несанкционированные сбросы представляют из себя прямой слив отработанных масел, нефтепродуктов и химических реагентов, где даже небольшая концентрация нефтепродуктов создает на поверхности пленку, блокирующую доступ кислорода, что ведет к гибели аэробных организмов.

2. Загрязнение тяжелыми металлами – смывы с территорий промзон приносят в реки свинец, цинк, медь и кадмий. Эти вещества аккумулируются в донных отложениях и могут десятилетиями отравлять экосистему даже после прекращения сбросов. [4]

3. Тепловое загрязнение включает в себя сброс подогретых

технических вод, который меняет температурный режим реки, провоцируя «цветение» воды и вытеснение холодолюбивых рыб.

Родники традиционно считаются эталоном чистоты, однако их состояние напрямую зависит от экологической обстановки на прилегающей территории. Родник – это выход подземных вод на поверхность, и его «водосборная площадь» часто захламлена.

Деградация малых рек и родников влечет за собой цепную реакцию экологических последствий.

Во-первых, ухудшается качество воды в крупных реках и водохранилищах, которые являются источниками питьевого водоснабжения городов. Очистка такой воды требует огромных финансовых затрат.

Во-вторых, разрушаются уникальные биоценозы, исчезают виды-индикаторы чистой воды (некоторые виды рыб), их место занимают сорные и инвазивные виды.

В-третьих, утрачивается уникальный культурный и природный ландшафт, так как замусоренный родник перестает быть местом притяжения людей, что ведет к социальной деградации территорий. [5]

Указанная проблема загрязнения русел малых рек и родников промышленными и коммунальными отходами, к сожалению, в полной мере актуальна и для Курской области, где разветвленная сеть малых водотоков и многочисленные природные источники являются основой для формирования уникальных экосистем и важными компонентами питьевого водоснабжения. Ежегодно, стремясь купировать негативные последствия, на территории региона проводятся десятки экологических акций и субботников.

Рис. 1. Свалка у родника в городе Курск

Силами волонтеров, муниципальных служб и неравнодушных граждан очищаются километры береговых линий малых рек, в том числе Тускарь и Псёл, и прилегающие к крупным родникам территории.

Рис. 2. Очистка берегов реки Сейм от мусора

Однако, несмотря на регулярность и массовость таких мероприятий, в масштабах всей области проблема остается хронически нерешенной. Ее решение видится не столько в ликвидации уже возникших последствий, сколько в системном недопущении возникновения новых свалок, необходим переход от стратегии «ликвидации последствий» к стратегии «предотвращения». Это требует комплексного подхода, базирующегося на активном развитии экологического просвещения населения, формирования культуры ответственного потребления и целенаправленной поддержке эковолонтерского движения, способного стать движущей силой изменений. [6]

Состояние малых рек и родников – это зеркало экологической культуры общества и эффективности государственного управления. Захламление этих объектов промышленными и коммунальными отходами является преступлением перед будущими поколениями. Спасение «малых капилляров» требует не только инженерных решений и бюджетных вливаний, но и коренного изменения отношения человека к окружающей среде. Только комплексный подход – от личной ответственности каждого гражданина до жесткого контроля над промышленными гигантами – позволит сохранить эти бесценные источники жизни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронин А.В., Киселёва С.П., Рыков С.В. Экологические проблемы использования малых рек // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2007. №3. С. 74-77.

2. Тимофеев Г.П., Тимофеева О.Г. К вопросу разработки системы управления твердыми бытовыми отходами в рамках устойчивого развития региона // Известия Юго-западного государственного университета. Серия: техника и технологии. 2013. № 2-3. С. 286-289.

3. Prelikova E.A., Timofeev G.P., Tsurkan F.V. Monitoring and management of water use in the basin of the transboundary river seim // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. «International Science and Technology Conference «Earth Science», ISTC earthscience 2022. Chapter 1. 2022. Pp. 022042.

4. Тимофеев Г.П., Подколзин П.Л., Д.Е. Гладилин. Глобальные тренды и проблемы достижения углеродной нейтральности // Отходы и ресурсы. 2022. Т. 9. № 4.

5. Калюжная Т.А., Тимофеев Г.П., Протасов В.В. Сравнительный анализ методов очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов // Актуальные проблемы экологии и охраны труда: сборник статей VIII Международной научно-практической конференции: в 2 частях. 2016. С. 228-233.

6. Тимофеев Г.П., Северенчук П.Н., Юшин В.В. Аспекты применения сканирующих пусковых установок для тушения пожаров на энергетически опасных объектах // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2016. № 4 (21). С. 75-81.

© Кирильчук И.О., Асеева А.В., 2026

УДК 544.6

Алашов М.А., Насыров Н.Н., Пережогин Д.Ю.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская федерация

e-mail: Alashov_m@mail.ru

ВЫБРОСЫ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА И УСТАНОВОК

Аннотация. В статье рассмотрены выбросы, образующиеся при работе электрохимических промышленных установок, с акцентом на электролитно-

плазменное полирование, гальваническое никелирование и хромирование. Рассмотрены загрязняющие факторы таких процессов. Составлена таблица, показывающая класс опасности отходов и методы их утилизации.
Ключевые слова: выбросы, электролитно-плазменное полирование, никелирование, хлорирование.

Alashov M.A., Nasyrov N.N., Perezhogin D.U.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

EMISSIONS FROM ELECTROCHEMICAL PRODUCTION AND INSTALLATIONS

Abstract. The article discusses the emissions generated by electrochemical industrial plants, with a focus on electrolytic-plasma polishing, galvanic nickel plating, and chrome plating. The polluting factors of these processes are examined. A table is provided that shows the hazard class of the waste and the methods of its disposal.
Keywords: emissions, electrolyte-plasma polishing, nickel plating, chlorination.

Электрохимические промышленные установки широко используются в современной промышленности для обработки поверхности материалов и нанесения защитных покрытий. Их распространенность связана с высокой технологической точностью, управляемостью процессов и возможностью обработки сложно профильных изделий. Одновременно такие процессы сопровождаются образованием вредных выбросов, которые могут поступать в воздух и оказывать неблагоприятное влияние на здоровье персонала.

К основным источникам загрязнения в электрохимическом производстве относятся открытые ванны, зоны интенсивного газовыделения и участки нагрева

электролитов. Газовыделение вызывает не только образование водорода, кислорода и побочных газов, но и унос капель электролита в виде аэрозоля.

1. Электрохимические промышленные установки и их выбросы

1.1 Электролитно-плазменное полирование

Электролитно-плазменное полирование (ЭПП) – это метод обработки металлических поверхностей, основанный на воздействии парогазовой оболочки, возникающей при повышенных напряжениях в условиях плазменного электролиза [1]. Электролитно-плазменное полирование реализуется за счет электрохимического анодного растворения металла. Роль парогазовой оболочки заключается в отводе гидроксидов металлов, чтобы не позволять им адсорбироваться на поверхности обрабатываемого изделия.

При использовании электролита на основе хлорида аммония основными газообразными продуктами являются кислород и водород, образующиеся при разложении воды. Для анодного растворения процесс записывается уравнением (1). На катоде протекает реакция (2). Теоретически возможно побочное выделение хлора в реакции (3).

$$2H_2O - 4e \rightarrow O_2 \uparrow + 4H \quad (1)$$

$$2H_2O + 2e \rightarrow H_2 \uparrow + 2OH^- \quad (2)$$

$$2Cl^- - 2e \rightarrow Cl_2 \uparrow \quad (3)$$

1.2 Никелирование

Гальваническое никелирование один из наиболее распространенных процессов нанесения металлических покрытий, применяемых для повышения коррозионной стойкости и износостойкости.

В процессе никелирования деталь служит катодом, а из электролита на ее поверхности осаждается металлический никель. Одновременно протекают побочные реакции, приводящие к выделению газов и образованию аэрозоля электролита. Катодное осаждение никеля описывается уравнением (5), побочно

на катоде может выделяться водород в реакции (6), а на аноде возможно выделение кислорода в реакции (7).

$$Ni^{2+} + 2e \rightarrow Ni \quad (5)$$

$$2H + 2e \rightarrow H_2 \uparrow \quad (6)$$

$$2H_2O - 4e \rightarrow O_2 \uparrow + 4H \quad (7)$$

1.3 Хромирование

Гальваническое хромирование в промышленной практике осуществляется преимущественно из водных растворов хромовой кислоты H_2CrO_4 или её ангидрида CrO_3 в присутствии катализирующих анионов (чаще всего сульфата). В таких электролитах хром присутствует в виде ионов CrO_4^{2-} и $Cr_2O_7^{2-}$, соответствующих степени окисления Cr(VI). На катоде одновременно протекают три основных процесса: восстановление Cr(VI) до металлического хрома, восстановление Cr(VI) до Cr(III) и выделение водорода.

Катодное восстановление ионов Cr(VI) до металла записывают реакцией (8), но часть Cr(VI) восстанавливается только до Cr(III) и осаждается в электролите, это описывается реакцией (9), что приводит к накоплению трехвалентного хрома в электролите. На катоде также возникает реакция выделения водорода (10), и возможно частичное анодное окисление Cr^{3+} обратно до Cr(VI), что обеспечивает регенерацию активной формы хрома в ванне.

$$H_2CrO_4 + 6H^+ + 6e^- \rightarrow Cr^0 + 4H_2O \quad (8)$$

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O \quad (9)$$

$$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2 \uparrow \quad (10)$$

2. Методы утилизации

Отходы электролитно-плазменного полирования, никелирования и хромирования относятся к классам опасности (II–IV). Утилизация отходов

классифицируется федеральным классификационным каталогом отходов (ФККО). Соответствующие коды и методы утилизации приведены в таблице 1.

Таблица 1

Классы опасности и методы утилизации электролитов

Код ФККО	Наименование вида отхода	Класс опасности	Метод утилизации
3 63 943 11 10 4	Электролит электролитно-плазменного полирования на основе хлорида аммония отработанный	III (умеренно опасные отходы)	Переработка с получением белого пигмента (перспективный метод, позволяющий использовать отход в качестве вторичного сырья)
3 63 411 11 10 3	Электролит никелирования отработанный	III (умеренно опасные)	Извлечение никеля (ценное вторичное сырьё) с получением оксида, гидроксида и фосфата никеля для производства пигментов
3 63 485 23 32 4	Отходы механической очистки нейтрализованных гальванических стоков никелирования, меднения	IV (малоопасные)	Гидрометаллургическая переработка: выщелачивание никеля кислотами/аммиаком с последующим осаждением.
3 63 441 00 00 0	Электролиты хромирования отработанные	II (высокоопасные)	Электролиз в мембранном электролизёре для селективного выделения хрома

3. Результаты и их обсуждение

Проведенный анализ показывает, что для ЭПП при электролите на основе хлорида аммония идет выброс водорода, аэрозолей раствора хлорида аммония и возможное выделение хлора. Для никелирования опасность представляют аэрозоли никельсодержащего электролита и побочное выделение водорода. В хромировании соединения шестивалентного хрома являются сильными окислителями и обладают канцерогенными свойствами. В рассмотренных случаях механизм загрязнения воздуха рабочей зоны напрямую связан с

газовыделением на электродах и уносом капель раствора с поверхности ванны или зоны обработки.

Идентификация и классификация отходов, образующихся при ЭПП, никелировании и хромировании, осуществляется в соответствии с ФККО [6]. ФККО определяет класс опасности отхода и метод утилизации.

Местная вытяжная вентиляция, укрытие рабочих ванн и герметизация зон интенсивного выделения аэрозолей требуется по ГОСТ 12.1.005–88. К дополнительным средствам защиты относятся использование спецодежды, а также ограничение временя пребывания персонала у промышленных установок [3].

Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.3532–18 прямо указывают на обязательность соблюдения предельно допустимых концентрации при проектировании оборудования, вентиляции и контроле качества производственной среды.

4. Выводы

1. Показана актуальность применения электрохимических установок в целях повышения эксплуатационных свойств изделий.

2. Определенны загрязняющие факторы электрохимического оборудования. Выведены уравнения, показывающие химический процесс загрязнения воздуха.

3. Составлена таблица с кодами ФККО, классом опасности и методами утилизации отходов ЭПП, никелирования и хромирования.

4. Проведен анализ опасности электрохимического оборудования. Определенны нормативные документы необходимые для определения и создания безопасности вокруг электрохимического оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плотников Н.В., Смыслов А.М., Таминдаров Д.Р. К вопросу о модели электролитно-плазменного полирования поверхности // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2013. Т. 17, № 4. С. 90-95

2. Кравченко В.М., Кубрак П.Б., Яскельчик В.В. Изучение процесса никелирования алюминиевого сплава Д16 с химическим подслоем цинка // Инновационные материалы и технологии – 2022: материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых, Минск, 23–24 марта 2022 г. Минск: БГТУ, 2022. С. 287-290.

3. Карамышева Д.В. Загрязнение атмосферного воздуха от процесса хромирования гальванического цеха ОАО «Муромский радиозавод» // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2015. № 1 (23). С. 10-13.

4. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны: межгосударственный стандарт. Введ. 1989-01-01.

5. ГН 2.2.5.3532-18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны: гигиенические нормативы: утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 13 февраля 2018 г. № 25.

6. Федеральный классификационный каталог отходов: утвержден приказом Росприроднадзора от 22.05.2017 № 242: (ред. от 20.12.2024).

© Алашов М.А., Насыров Н.Н., Пережогин Д.Ю., 2026

УДК 504.054:662.76

Алексеева К.Р., Янгирова З.З.

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация

e-mail: khairulina71karina@mail.ru

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПИРОЛИЗА ШИН: ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И УТИЛИЗАЦИЯ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Аннотация. Накопление изношенных шин является одной из острых проблем в области обращения с отходами. На сегодняшний день существует несколько способов утилизации данного вида отхода, один из них пиролиз. Данный метод является одним из перспективных и позволяет получить ценные продукты, но при этом пиролиз сопряжен с экологическими рисками. В статье проведен анализ воздействия пиролиза шин на компоненты окружающей среды, проанализирован качественный и количественный состав выбросов, а также рассмотрены пути утилизации побочных продуктов процесса. Показано, что при соблюдении технологических режимов и использовании систем очистки пиролиз является экологически более безопасной альтернативой сжиганию и захоронению шин.

Ключевые слова: пиролиз шин, выбросы загрязняющих веществ, пиролизный газ, пиролизное масло, твердый остаток, замкнутый цикл.

Alekseeva K.R., Yangirova Z.Z.
Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF TIRE PYROLYSIS: IMPACT OF THE PROCESS ON THE ENVIRONMENT AND BY-PRODUCT DISPOSAL

Abstract. The accumulation of worn tires is a pressing issue in waste management. Several methods for recycling this type of waste currently exist, one of which is pyrolysis. This method is promising and produces valuable products, but it is associated with environmental risks. This article analyzes the impact of tire pyrolysis on environmental components, examines the qualitative and quantitative composition of emissions, and discusses recycling options for the process's by-products. It has been shown that, when process conditions are followed and cleaning systems are used, pyrolysis is an environmentally safer alternative to incineration and landfilling of tires.
Keywords: tire pyrolysis, pollutant emissions, pyrolysis gas, pyrolysis oil, solid residue, closed-loop cycle.

Каждый год во всем мире образуется более 1,5 млрд изношенных шин. Основная их часть подлежит захоронению на полигонах, что приводит к угрозе возникновения пожаров, сопровождающихся выделением продуктов разложения, таких как сажа, сернистые и азотистые соединения, диоксины и др. Все эти вещества являются высокотоксичными и даже при кратковременном вдыхании у человека может появится аллергическая реакция, раздражение дыхательных путей и повреждение слизистых. Еще одним из традиционных методов утилизации является сжигание шин в цементных печах, что так же приводит к выбросам вредных веществ (выбросы SO_2, NO_x, диоксинов).

Наиболее экологичным методом утилизации шин является пиролиз. Это процесс термического разложения шины в условиях отсутствия кислорода при

температуре 400-700 °С. В результате на выходе образуются три фракции: газ (10-20 %), жидкое топливо (40-50 %) и твердый остаток (30-40 %). Но экологичность метода пиролиза зависит от нескольких факторов, а именно от герметичности установки, полноты сжигания пиролизных газов и образованием и дальнейшей утилизации вторичных продуктов, образующихся в процессе пиролиза.

Рассмотрим экологические аспекты пиролиза шин, а именно влияние процессов на окружающую среду и утилизацию побочных продуктов.

Основные выбросы в атмосферу при пиролизе:

- летучие органические соединения: бензол, толуол, этилбензол, ксилолы;

- полициклические ароматические углеводороды: нафталин, фенантрен, бенз(а)пирен;

- сера и её соединения: H_2S, SO_2, меркаптаны (до 0,3 % от массы исходной серы шины);

- хлорорганические соединения: диоксины и фураны при наличии в шинах хлорированных добавок;

- твердые частицы (сажа, зола) - при разгерметизации реактора.

В случае оснащения пиролизной установки дожигателем газа, выбросы летучих органических соединений и полициклических ароматических углеводородов снижаются на 99 %, а диоксины не образуются.

В водные объекты и почву могут попасть такие побочные продукты пиролиза, как пиролизное масло, шлам очистных сооружений, технический углерод. Пиролизное масло состоит из фенолов, анилинов и др., и разлив одного литра такого масла может загрязнять до 1000 м^3 воды, а концентрация фенолов в воде может превышать более 0,1 мг/л. При мокрой очистке газов образуется шлам, который содержит цинк - до 5 г/кг, кадмий - до 15 мг/кг. При неправильном складировании технического углерода (сажи) выщелачиваются

тяжелые металлы (цинк, сера). Водная вытяжка из сажи имеет pH 7,5-9,0, а содержание сульфатов может достигать до 200 мг/л [1].

Рассмотрим основные продукты пиролиза шин и их характеристики. Образующийся в процессе пиролиза пиролизный газ (выход 10-20 %) имеет теплоту сгорания примерно 30-40 МДж/м3, и поэтому его часто применяют для обеспечения энергией самой пиролизной установки, то есть выделяемый в процессе газ используется для работы этого процесса, образуя тем самым замкнутый цикл. Благодаря этому возвращается до 40 % потребляемой электроэнергии. Однако помимо ценных углеводородов газ содержит токсичные примеси: сероводород (H_2S), карбонилсульфид (COS), аммиак (NH_3), диоксид углерода (CO_2), оксид углерода (CO_2), метан (CH_4), этилен (C_2H_4) и др.

Пиролизное масло (выход 40-50 %) - жидкость темно-коричневого или черного цвета с резким запахом, состоящая из углеводородов с примесями в виде сероорганических соединений (0,5-1,5 %). Ориентировочный выход масла из 1 тонны шин примерно 400-500 кг. Масло может использоваться как топливо для нагрева пиролизной установки или подвергаться глубокой очистки для получения нефтепродуктов.

Твердый остаток пиролиза (технический углерод, сажа) - это черный порошкообразный материал, состоящий из углерода (83-99 %), золы (оксиды кремния, кальция и др. 8-18 %), цинка (2,5-3,8 %), серы (0,5-2 %), кремния (примерно 1,6 %). Так как твердый остаток состоит преимущественно из углерода, его можно использовать для получения сорбентов. Также может использоваться как добавка в резиновые смеси и строительные материалы [2].

Таким образом, пиролиз шин представляет собой технологический компромисс между экологической безопасностью и экономической эффективностью. По сравнению с захоронением пиролиз позволяет уменьшить объем шин на полигонах, исключить выбросы продуктов сжигания в атмосферу,

а также получить вторичные продукты, тем самым образовав замкнутый цикл с минимальным воздействием на окружающую среду.

Но помимо положительных аспектов пиролиз так же может создавать и риски, они связаны с выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, образованием стойких свободных радикалов в саже, загрязнением сточных вод (при барометрической конденсации). Но эти риски можно минимизировать путем обеспечения герметизации установки и обязательного дожигания образующего пиролизного газа. Кроме того установка современных систем газоочистки (каталитические реакторы, фильтры, скрубберы и др.) может позволить снизить концентрации загрязняющих веществ до уровней ниже предельно допустимых [3].

Таким образом, пиролиз шин является технологией, способной значительно снизить экологическую нагрузку от отработанных шин по сравнению с захоронением и неконтролируемым сжиганием. А при условии правильного проектирования, оснащения эффективными системами очистки и соблюдения технологического регламента данный метод может рассматриваться как экологически безопасная и экономически целесообразная технология, позволяющая решать проблему одного из самых сложных для утилизации видов отходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захарян Е.М. Пиролиз шин. Особенности процесса и состав продуктов реакции (обзор) / Е.М. Захарян, А.Л. Максимов // Журнал прикладной химии. 2021. Т. 94, вып. 10-11. С. 12-18.

2. Кузнецова Т.С. Исследование влияния подготовки материала автомобильных шин на процесс термического разложения в рамках пиролизной переработки / Т.С. Кузнецова, А.А. Пономарева, Е.Ю. Колесников // Управление техносферой. 2024. Т. 7, вып. 2. С. 285-301.

3. Яцун А.В. Современные технологии переработки изношенных автомобильных шин // Интернет-журнал Отходы и ресурсы. 2025. Т. 12, № 4. С. 1-10.

© Алексеева К.Р., Янгирова З.З., 2026

УДК 628.477

Гуршева К.А., Осипова В.Ю.
Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Российская Федерация
e-mail: uvenos16@gmail.com

ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматриваются основные причины кризиса переработки пластиковых отходов в мире. 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.

Gursheva K.I., Osipova V.Yu.
Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russian Federation

CHALLENGES OF PLASTIC WASTE RECYCLING AND WAYS TO SOLVE THEM

Abstract. The article highlights modern approaches to ecosystem restoration, focusing on bioremediation as a key area of environmental engineering. The main methods, their effectiveness, and successful examples of implementation in various environments are presented. 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 processing, pyrolysis, circular economy, extended producer responsibility.

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 ПЭТ и ПЭВП, перерабатываются сравнительно легко, тогда как реактопласты и многослойные материалы практически не поддаются механической переработке – а именно они составляют значительную долю современной упаковки. Пустые полки законодательства, отсутствие раздельного сбора и слабая инфраструктура замыкают этот порочный круг.

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 делают проблему управления пластиковыми отходами одной из приоритетных задач экологической и промышленной политики XXI века. Поиск эффективных решений требует анализа как технологических возможностей, так и экономических механизмов и законодательных инструментов.

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 1 приведена сводная характеристика основных типов пластика.

Таблица 1

Типы пластика и возможности их переработки

Код	Тип пластика	Примеры	Перерабатываемость
PET	Полиэтилентерефталат	Бутылки для воды, упаковка для салатов	Высокая (фиброволокно, новые бутылки)
HDPE	Полиэтилен высокой плотности	Канистры, флаконы для шампуня	Высокая (трубы, ящики)
PVC	Поливинилхлорид	Окна, игрушки, пленка для мяса	Низкая (выделяет токсины)
LDPE	Полиэтилен низкой плотности	Пакеты, термоусадочная пленка	Средняя (после очистки)
PP	Полипропилен	Контейнеры для еды, стаканчики	Средняя (автодетали, кашпо)
PS	Полистирол	Лотки для мяса, одноразовая посуда	Низкая (хрупок, мало рынка)
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.

Традиционная механическая переработка - дробление, мойка и грануляция - экономически оправдана лишь для чистых однородных фракций. Каждый цикл термической обработки необратимо снижает молекулярную массу полимера, ухудшая его механические характеристики. Это делает механи ческий рецикл неприменимым для загрязнённого или смешанного сырья. На смену ему приходят химические методы, позволяющие восстанавливать исходные мономеры и получать пластик, не уступающий первичному (таблица 2) [4].

Таблица 2

Сравнение методов переработки пластиковых отходов

Метод	Процессы	достоинства	недостатки
Механический	Плавка и переформовка	Дешево, низкий углеродный след	Деградация 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, многослойные 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 ПЭТ 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 требует одно временного применения трёх групп инструментов. Экономические и законодательные инструменты. 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% ПЭТ-тары. Запреты на наиболее проблемные одноразовые изделия, введённые Европейским союзом с 2021 года, существенно сократили объём не поддающегося переработке мусора [1].

Технологические инновации. Промышленный пиролиз и сольволиз позволяют перерабатывать загрязнённые многослойные материалы, недоступные для механических линий. Развитие ферментативного гидролиза ПЭТ открывает перспективу бесконечного цикла для самого распространённого вида пластиковой упаковки.

Дизайн для переработки (Design for Recycling). Упаковка, изначально не пригодная для вторичной переработки, никогда не попадёт в цикл вне зависи мости от усилий потребителей. Ключевые принципы: переход на мономате риалы, отказ от тёмных красителей, применение съёмных клеёв для этикеток, исключение многослойных комбинаций пластик - алюминий - бумага [3].

Кризис переработки пластика является не технологическим, а системным: несовершенство экономических стимулов и инфраструктурные пробелы блокируют применение уже существующих решений. Проблема не имеет единственного ответа - 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 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.

© Гуршева К.А., Осипова В.Ю., 2026

УДК 504.064:661.183

Александров Д.В., Ростовщикова А.Э.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация

e-mail: alexandrovdv@uust.ru

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОБРАЩЕНИЮ С НЕФТЕСОРБЕНТАМИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ МЕХАНИЧЕСКОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ

Аннотация. В статье рассматриваются современные подходы к ликвидации разливов нефти на водных объектах с акцентом на проблему обращения с отработанными нефтесорбентами. Показано, что традиционные методы утилизации насыщенных сорбционных материалов сопровождаются значительными экономическими и экологическими издержками. Проведен анализ существующих технологических решений, включая механические способы извлечения нефтепродуктов, и выявлены их ограничения, связанные с мобильностью и применимостью в полевых условиях. Обоснована перспективность механической регенерации сорбентов как направления повышения ресурсной эффективности экологических работ. Представлено описание технологического подхода, основанного на механическом отжиме сорбционного материала, позволяющего снизить объем отходов и обеспечить частичное повторное использование сорбентов.

Ключевые слова: нефтесорбенты, разливы нефти, механический отжим, регенерация сорбентов.

Alexandrov D.V., Rostovshchikova A.E.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

MODERN APPROACHES TO THE MANAGEMENT OF OIL SORBENTS IN OIL SPILL RESPONSE AND PROSPECTS FOR THEIR MECHANICAL REGENERATION

Abstract. This article examines current approaches to oil spill response on water bodies, with a focus on the management of spent oil sorbents. It is demonstrated that conventional disposal methods for saturated sorption materials entail considerable economic and environmental costs. An analysis of existing technological solutions is conducted, including mechanical methods of petroleum product recovery, and their limitations with respect to mobility and field applicability are identified. The prospects of mechanical sorbent regeneration are substantiated as a means of improving the resource efficiency of environmental remediation operations. A description is provided of a technological approach based on the mechanical wringing of sorption material, which enables a reduction in waste volume and facilitates the partial reuse of sorbents.
Keywords: oil sorbents, oil spills, mechanical wringing, sorbent regeneration.

Загрязнение водных объектов нефтью и нефтепродуктами остаётся одной из актуальных экологических проблем, обусловленных интенсификацией добычи и транспортировки углеводородов [1]. Даже локальные разливы способны формировать устойчивые очаги загрязнения, оказывающие длительное негативное воздействие на водные экосистемы и прибрежные зоны, что определяет необходимость развития эффективных технологий их локализации и ликвидации.

Среди применяемых методов очистки водной поверхности широкое распространение получили сорбционные технологии. Сорбенты различной

природы обеспечивают эффективное извлечение углеводородов посредством адсорбции и абсорбции, однако их использование неизбежно сопровождается накоплением насыщенных нефтесорбентов, обращение с которыми представляет самостоятельную технологическую и экологическую проблему.

Обращение с отработанными сорбентами – транспортировка, хранение и утилизация – существенно увеличивает затраты на аварийно-восстановительные работы, а содержащиеся в них нефтепродукты безвозвратно выводятся из оборота. Применяемые методы утилизации (захоронение, термическая обработка, переработка) зависят от стационарной инфраструктуры и сами по себе несут дополнительную экологическую нагрузку. Регенерация сорбентов непосредственно в зоне аварии на практике не реализована ввиду низкой мобильности существующих решений.

Таким образом, между высокой эффективностью сорбционных методов очистки и низкой ресурсной эффективностью обращения с отработанными материалами складывается выраженное противоречие, разрешение которого требует разработки технологий, обеспечивающих извлечение нефтепродуктов и регенерацию сорбентов в полевых условиях.

Ликвидация разливов нефти сочетает механические, физико-химические и сорбционные методы [2]. Боновые заграждения и нефтесборщики эффективны на этапе локализации, однако при работе с тонкими плёнками и эмульсиями их применение недостаточно, что обусловливает использование сорбентов. Последние обеспечивают высокую степень извлечения углеводородов, включая остаточные фракции, но насыщенные материалы по завершении очистки требуют дальнейшего обращения.

Среди технологий регенерации наибольший интерес представляют механические методы, основанные на физическом воздействии и не требующие применения химических реагентов. Сравнительная характеристика основных

подходов к обращению с отработанными нефтесорбентами приведена в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительный анализ методов обращения с нефтесорбентами

Метод	Сущность	Преимущества	Ограничения
Захоронение	Размещение насыщенных нефтепродуктами сорбентов на специализированных полигонах с изоляцией от окружающей среды	Технологическая простота, минимальные требования к оборудованию, возможность быстрого удаления отхода из зоны аварии	Не устраняет загрязнение как таковое, требует значительных площадей, риск вторичного загрязнения при нарушении изоляции, отсутствие возврата ресурсов
Термическая утилизация	Сжигание сорбентов с окислением углеводородов при высоких температурах	Существенное снижение объёма отходов, уничтожение органических загрязнителей	Высокие энергозатраты, образование выбросов (CO_2, NOx, токсичные соединения), необходимость очистки дымовых газов, потеря углеводородного ресурса
Переработка	Обработка сорбентов на специализированных предприятиях с извлечением отдельных компонентов или подготовкой к дальнейшей утилизации	Возможность частичного возврата нефтепродуктов или вторичного использования материалов	Ограниченная доступность инфраструктуры, высокая стоимость, необходимость транспортировки, технологическая сложность
Химическая регенерация	Извлечение нефтепродуктов с использованием растворителей или химических реагентов	Повышенная степень извлечения углеводородов, возможность восстановления сорбционной способности	Использование химических реагентов, образование вторичных отходов, необходимость дополнительной очистки, усложнение технологического процесса
Механическая регенерация (отжим)	Извлечение нефтепродуктов за счёт механического воздействия (сжатие, прессование, валковая обработка)	Отсутствие реагентов, возможность применения в полевых условиях, снижение объёма отходов, частичное восстановление сорбента, возврат нефтепродуктов	Ограниченная степень извлечения по сравнению с химическими методами, зависимость эффективности от типа сорбента и параметров давления, необходимость специализированного оборудования

Среди рассмотренных методов механическая регенерация сорбционных материалов представляется наиболее перспективной: она не требует реагентов, допускает извлечение нефтепродуктов и обеспечивает частичное

восстановление сорбента. Тем не менее существующие технические решения имеют ряд ограничений, сдерживающих их широкое применение в полевых условиях [3].

К системным недостаткам действующих подходов относятся: высокие затраты на транспортировку, хранение и утилизацию отработанных сорбентов; зависимость от стационарной инфраструктуры, обусловливающая разрыв между этапами сбора и обработки загрязнения; безвозвратная потеря нефтепродуктов при традиционных способах утилизации; а также дополнительное экологическое воздействие – выбросы при термической обработке и применение химических реагентов [4].

Устранение указанных недостатков возможно за счёт организации регенерации сорбентов непосредственно в зоне аварии, что позволяет сократить логистические издержки, снизить объём вторичных отходов и повысить оперативность проводимых работ. Ключевым условием при этом является формирование замкнутого технологического цикла, охватывающего не только сбор загрязнения, но и переработку насыщенных материалов с возвратом нефтепродуктов в хозяйственный оборот.

Одним из практических решений в рамках данного подхода является устройство механического отжима нефтесорбентов. Его работа основана на создании давления, вытесняющего углеводороды из насыщенного материала с последующим их сбором. После обработки сорбент частично восстанавливает сорбционные свойства и может быть использован повторно.

Конструктивно устройство включает узел отжима, систему подачи материала и ёмкость для сбора извлечённых нефтепродуктов. Валковый или прессующий механизм с регулируемым усилием обеспечивает адаптацию режима работы к различным типам сорбентов. Компактность конструкции делает возможным применение устройства как в составе мобильных комплексов, так и на стационарных объектах (рис. 1).

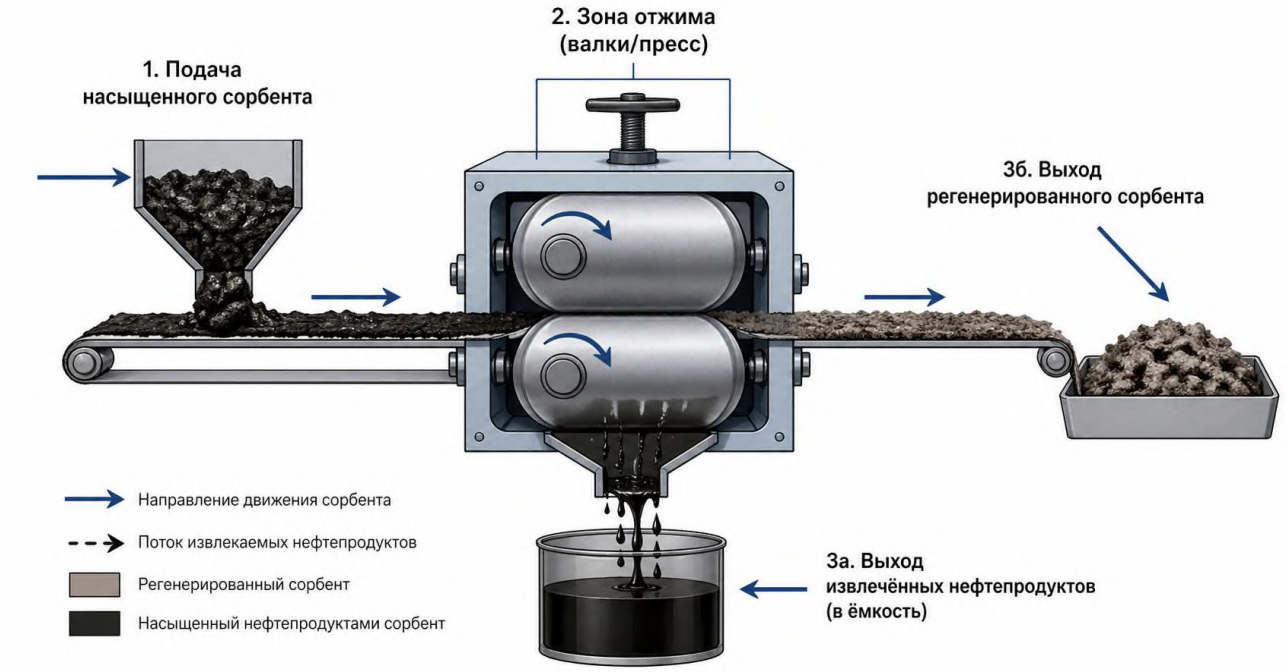


Рис. 1. Схема процесса механической регенерации нефтесорбентов

К основным преимуществам технологии относятся: отсутствие химических реагентов, простота эксплуатации и сокращение объёма образующихся отходов. Вместе с тем эффективность извлечения нефтепродуктов определяется параметрами механического воздействия и свойствами сорбционного материала, что требует экспериментального обоснования оптимальных режимов работы.

Применение механической регенерации позволяет снизить затраты на утилизацию, сократить расход сорбентов и вернуть часть нефтепродуктов в хозяйственный оборот. Отказ от термических и химических методов обработки дополнительно уменьшает экологическую нагрузку на окружающую среду [6].

Технология применима в нефтегазовой отрасли, аварийно-спасательных формированиях и на объектах обращения с нефтесодержащими отходами. Использование мобильных установок обеспечивает возможность реализации полного цикла работ непосредственно в зоне аварии, без вывоза загрязнённых материалов.

Перспективы развития данного направления связаны с совершенствованием конструктивных решений, повышением степени извлечения нефтепродуктов, расширением номенклатуры применяемых сорбентов и внедрением средств автоматизации, в том числе с возможностью интеграции в системы управления ликвидацией разливов.

Таким образом, механическая регенерация сорбционных материалов представляет собой перспективное направление, обеспечивающее переход к ресурсосберегающей модели обращения с отработанными нефтесорбентами и повышение экологической эффективности аварийно-восстановительных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров Д.В., Нафикова Э.В., Асылбекова А.А. [и др.] Пространственный анализ разливов нефти и нефтепродуктов на территории Республики Башкортостан с использованием геоинформационных систем // Экология и промышленность России. 2025. Т. 29, № 10. С. 60-66.

2. Кальсин Н.А., Насырова Э.С. Мероприятия по ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации: Материалы IX международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Москва, 19–20 марта 2024 года. Москва: Академия Государственной противопожарной службы, 2024. С. 95-97.

3. Мельникова А.С., Кострюкова Н.В. Регенерация нефтесорбентов: современные подходы и перспективы повторного использования // Наука, образование, производство для противодействия техногенным угрозам и решения экологических проблем (Техносферная безопасность-2025): материалы XXII Международной научно-практической конференции, Уфа, 06 мая 2025 года. Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2025. С. 341-347.

4. Александров Д.В., Нафикова Э.В. Обзор восстановления нефтезагрязненных почв в контексте масштабов, источников, мониторинга и

технологий рекультивации // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2025. Т. 21, № 4. С. 140-150.

5. Nasyrova E., Kalsin N., Nafikova E., Chashnikova A. Fallen leaves as a possible decision to improve surface water bodies' quality in Belaya River basin (Russia) // Journal of the Geographical Institute Jovan Cvijic, SASA. 2025. Vol. 75, No. 2. P. 183-198.

© Александров Д.В., Ростовщикова А.Э., 2026

УДК 678.5.067

Хайруллина Л.Б., Якубовский Ю.Е.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Российская федерация

e-mail: hairullina.1964@mail.ru

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Аннотация. В статье рассмотрены исследования по развитию технологий изготовления композиционных материалов на основе вторичного полимерного сырья. Вопросы по решению утилизации полимерных отходов являются актуальной задачей современного мира. Предлагается, за счет повышения пластичности композиционного материала на основе вторичного полимерного сырья, путем введения пластификатора в процесс его изготовления и природных наполнителей (песок, древесные опилки) получать новую продукцию, необходимую для нужд народного хозяйства. Рассматривается технология создания «геотерморешетки» для укрепления мерзлых грунтов, стабилизирующей температурное поля укрепляющей грунтовой поверхности.

Это дает существенное снижение затрат на последующие ремонты при эксплуатации подъездных дорог на этапе освоения и разработки нефтегазовых месторождений, и снижение экологической нагрузки путем переработки вторичных термопластичных полимеров.

Ключевые слова: полимерные отходы, «геотерморешетки», грунты, пластифицирующая композиция, композиты, пластификатор.

Khairullina L.B., Yakubovsky Yu.E.
Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation

MODIFIED TECHNOLOGIES FOR MANUFACTURING COMPOSITE MATERIALS BASED ON SECONDARY POLYMERS

Abstract. The article discusses research on the development of technologies for the manufacture of composite materials based on recycled polymer raw materials. Issues related to the disposal of polymer waste are an urgent task in the modern world. It is proposed to obtain new products necessary for the needs of the national economy by increasing the plasticity of composite materials based on recycled polymer raw materials, by introducing plasticizer into the manufacturing process and natural fillers (sand, sawdust). The technology of creating a «geothermal grid» for strengthening frozen soils, stabilizing the temperature fields of the reinforcing soil surface, is considered. This results in a significant reduction in the cost of subsequent repairs during the operation of access roads during the development and exploitation of oil and gas fields, as well as a reduction in the environmental impact through the recycling of secondary thermoplastic polymers.

Keywords: polymer waste, geothermal grids, soils, plasticizing composition, composites, plasticizer.

Технические решения по вопросам утилизации полимерных отходов в современных условиях являются актуальными и наиболее эффективными на сегодняшний день. Проблемы накопления полимерных отходов охватывают не только отдельные производства, регионы или страны, но и всю планетарную экосистему. Закономерности их развития, способствуют распространению частиц полимерного сырья в биосфере и приводят к загрязнению воздушной и водной сред, разрушению почвенного покрова, изменению климата, уменьшению биоразнообразия и к другим необратимым последствиям. Деятельность человека стала мощным фактором влияния на процессы в биосфере. И, такое антропогенное негативное воздействие приводит к глобальным изменениям всей экосистемы в целом [1,2].

С целью, сокращения образования полимерных отходов, предлагается развитие модифицированных технологий получения композитных материалов на основе вторичных полимерных отходов. В дальнейшем, такие материалы идут на изготовление новой продукции. Такие исследования проводятся в Тюменском индустриальном университете. Раннее были опубликованы результаты экспериментальных исследований поучения полимер песчаных композитных материалов на основе вторичного сырья, которые показали, что за счет введения пластификатора происходит увеличение пластичности материала, почти в четыре раза [2].

Для решения задач перехода на модифицированные технологии, необходимо производство композиционных материалов с добавлением малотоннажной химии (модификаторов, пластификаторов, присадок) для снижения их жесткости (или увеличения пластичности) при переработке вторичных полимеров и сыпучего наполнителя (песок, древесные опилки и др.) [3].

В настоящее время, нами ведутся разработки технологии получения композиционных материалов на основе вторичных термопластичных полимеров

с добавлением пластифицирующих композиций, которые позволят решать вопросы укрепления грунта в зоне многолетних мерзлых территорий. Это решает проблемы строительства дорог, гражданских, промышленных зданий, работ обустройства нефтяных и газовых месторождений и другие задачи по укреплению многолетних мерзлых грунтов. Предлагается технология изготовления «геотерморешетки», стабилизирующей температурное поля укрепляющей грунтовой поверхности. Одной из основных требуемых характеристик к составу композитного материала теплоизоляционного покрытия на основе вторичных полимеров является способность создавать температурное поле при укреплении поверхности грунта. Теплоизоляция грунта не позволяет смены температурного поля с плюса на минус или наоборот. Здесь, кроме задач несущей способности грунта, рассматриваются проблемы экологической безопасности по утилизации полимерных отходов и проблемы теплозащиты с помощью соответствующего наполнителя.

Результатами использования данной разработки являются уменьшение энергозатрат и смягчение требований к сырью, т.е. есть возможность ввода теплоизоляционных наполнителей для решения проблем производства «геотерморешетки» из вторичных термопластичных полимеров для укрепления зон многолетних мерзлых грунтов.

«Геотерморешетки», из вторичных полимеров, при укреплении грунтовой поверхности принимают рельеф местности и выдерживают низкие температуры, характерные для заполярных районов. Основное преимущество, которое дает использование вторичного полимерного материала с теплоизоляционными наполнителями, снижение затрат на ремонт при интенсивной эксплуатации подъездных дорог на этапе освоения и разработки месторождений. «Геотерморешетки» имеет ячеистую структуру, которая заполняется термоизоляционным материалом, что создает армированный и теплоизоляционный устойчивый слой. При таяние мерзлого грунта,

«геотерморешетки» армируют грунт, обладают теплоизоляционными свойствами, повышая устойчивость к нагрузкам и предотвращая пучение грунта. Ячеистая структура удерживает грунт, препятствуя его эрозии ветром и водой, что способствуют отводу талых вод и атмосферных осадков, предотвращая их накопление в грунте. Все это способствует формированию устойчивой поверхности, пригодной для строительства дорог, площадок, зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). URL: https://rosstat.gov.ru (дата обращения: 04.04.2026).

2. Хайруллина Л.Б. Влияние полимерных отходов на гомеостатические механизмы водных экосистем / Л.Б. Хайруллина, Н.Л. Мамаева. // Экосистемы. 2024. № 39. С. 16 -26.

3. Якубовский Ю.Е. Решение вопросов экологической безопасности через переработку вторичных термопластов / Ю.Е. Якубовский, Л.Б. Хайруллина, Е.В. Дубровский. // Экология и промышленность России. 2024. Т. 28. № 12. С. 4-7.

4. Пат. 2837456 Рос. Федерация, МПК C08L33/04 C08K/34 C08J11/06. Пластификатор для переработки вторичных полимеров нефтехимии/ Якубовский Ю.Е., Хайруллина Л.Б., Глумов И.С., Дубровский Е.Г.; заявитель и патентообладатель ТИУ; опубл. 31.03.2025

© Хайруллина Л.Б., Якубовский Ю.Е., 2026

УДК 630.86:674.05

Мышкин К.Е., Кальсин Н.А.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: kalsin.nikita@bk.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИОРИТЕТОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СТАТИСТИКИ

Аннотация. В статье представлены результаты анализа динамики механической переработки древесных отходов в России за 2023-2025 гг. Исследованы объемы производства древесно-стружечных плит, древесноволокнистых плит и топливных пеллет. На примере предприятия «Ультраплай» в г. Уфа показан региональный вклад в переработку отходов.
Ключевые слова: древесные отходы, механическая переработка, пеллеты, ДСП, утилизация отходов

Myshkin K.E., Kalsin N.A.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

PRIORITIZATION OF MECHANICAL PROCESSING OF WOOD WASTE BASED ON THE ANALYSIS OF PRODUCTION STATISTICS

Abstract. The article presents the results of an analysis of the dynamics of mechanical processing of wood waste in Russia for 2023-2025. The production volumes of chipboard, fiberboard, and fuel pellets have been studied. Using the example of the Ultraplay enterprise in Ufa, the regional contribution to waste recycling is shown.
Keywords: wood waste, mechanical processing, pellets, chipboard, waste disposal.

Проблема образования и переработки отходов деревообработки является одной из актуальных задач лесопромышленного комплекса России. Ежегодно в стране образуется от 68 до 94 млн. $м^3$ древесных отходов, и, несмотря на позитивные тренды, уровень их глубокой переработки не превышает 48-58 %. Оставшиеся объемы идут на захоронение, или сжигаются, нанося ущерб окружающей среде. В то же время данные отходы могут быть использованы в качестве вторичных ресурсов для получения новых материалов и продуктов, в соответствии с концепциями биоэкономики [1,2].

В работе использован метод анализа статистических данных. Исходной базой послужили официальные публикации Росстата из раздела «Окружающая среда» за период 2023-2025 гг., а также аналитические обзоры отраслевых агентств [3]. Для триангуляции данных использовались региональные показатели предприятия «Ультраплай» как типичного представителя плитной промышленности, а также публикации журнала «Леспроминформ». Анализировались абсолютные объемы производства и индексы физического объема. Выбор продуктов (ДСП, OSB, ДВП, пеллеты) обусловлен тем, что в структуре механической переработки они являются конечными продуктами, напрямую потребляющими вторичное сырье.

На основе обработанных данных Росстата и отраслевых источников установлено, что механическая переработка древесных отходов в России демонстрирует выраженную положительную динамику, однако с признаками структурной нестабильности в отдельных сегментах (рис. 1).

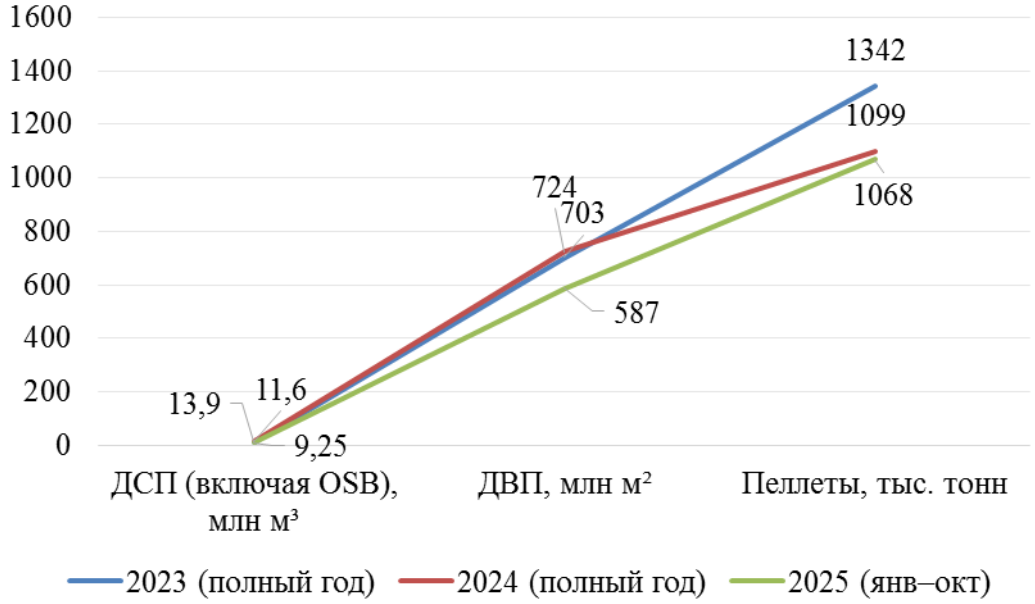


Рис. 1. Динамика производства основных продуктов механической переработки древесных отходов в России

В 2024 году производство ДСП достигло 13,9 млн. м^3, что на 20,9 % выше уровня 2023 года (11,6 млн. м^3), согласно рис. 1. Это самый высокий прирост за последние пять лет. Объём производства ДВП также увеличился – с 703 млн. м^3 в 2023 году до примерно 724 млн. м^3 в 2024 году (рост ~3 %). Данные тенденции прямо указывают на увеличение доли вторичного сырья в балансе плитных производств. В 2025 году зафиксировано замедление: за январь-октябрь выпущено около 9,5 млн. м^3 ДСП, что ниже аналогичного периода прошлого года. Тем не менее, общий тренд остаётся восходящим. Это даёт основание считать оптимизацию процессов измельчения и классификации частиц одним из главных приоритетов исследований: именно качество щепы и стружки определяет прочностные характеристики плит и снижает расход связующих материалов.

По данным рис. 1 рассчитаны индексы производства по видам продукции из древесных отходов. Наиболее яркий рост продемонстрировало производство ДВП в I квартале 2024 года – индекс составил 132 % – рост на 32 % к

аналогичному периоду 2023 года. По ДСП пиковое значение также пришлось на 2024 год (+12 % в I квартале и +20,9 % по году в целом). Однако сегмент топливных пеллет показал противоположную динамику: в 2024 году зафиксировано спад на 18,1 %. Примечательно, что за 10 месяцев 2025 года выпуск пеллет вырос на 19,7 % по сравнению с тем же периодом 2024 года, что демонстрирует высокую волатильность, связанную с санкционными ограничениями и переориентацией экспорта на внутренний рынок и азиатские направления. Для научных исследований можно выделить второй приоритет – разработка энергоэффективных и недорогих технологий прессования биотоплива с регулируемой зольностью и теплотворной способностью, а также создание мобильных линий гранулирования, адаптированных к разному типу отходов таких как кора, опилки, горбыль. Также важно соответствие методов контроля качества пеллет международным стандартам для экспортных поставок.

В качестве типового объекта рассмотрено предприятие «Ультраплай», как пример регионального вклада в механическую переработку древесных отходов. Согласно информации Ассоциации производителей машин и оборудования лесопромышленного комплекса [4], годовая мощность завода «Ультраплай» составляет 700 тыс. $м^3$ OSB и 850 тыс. $м^3$ ДСП. Общий объём переработки древесного сырья и отходов превышает 1,5 млн. $м^3$ в год. Предприятие использует щепу, стружку и опилки, поступающие с лесопильных производств Башкортостана и соседних регионов. Фактически это один из крупнейших региональных драйверов механической утилизации отходов. На его примере виден третий приоритет: разработка и внедрение систем «умного» дробления и сепарации с автоматическим контролем фракционного состава, позволяющих перерабатывать даже низкосортную древесину и отходы лесосеки.

В зарубежной литературе [5] акцент смещён в сторону торрефикации для повышения энергетической плотности пеллет. В России, согласно обзору журнала «Леспроминформ» за 2024 год [6], основное внимание сосредоточено

на замещении импортных связующих в плитах и снижении энергозатрат при сушке щепы. Соответственно, отечественные приоритеты сдвинуты в сторону ресурсоэффективности и технологической независимости.

Таким образом, проведен анализ эмпирических данных за 2023-2025 гг. в ходе которого установлено, что производство ДСП/OSB выросло на 20,9% в 2024 году, что подтверждает доминирующую роль механических методов переработки отходов. Выявлена высокая волатильность пеллетного сегмента, требующая исследований по стабилизации качества и расширению внутреннего рынка. На примере «Ультраплай» показан региональный потенциал переработки свыше 1,5 млн. $м^3$ отходов в год. Определены три ключевых приоритета научных исследований: оптимизация измельчения и классификации для плитного производства; энергоэффективное прессование биотоплива с регулируемыми свойствами; интеллектуальная сепарация и дробление сложных потоков отходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кальсин Н.А. Перспективы использования растительных отходов в биоэкономике / Н.А. Кальсин, А.С. Мельникова, А.А. Чашникова // Вестник евразийской науки. 2025. Т. 17. № 3. С. 17.

2. Кальсин Н.А. Современные решения по применению опавшей листвы урбанизированной территории / Н.А. Кальсин, Э.С. Насырова, А.А. Чашникова // Обращение с отходами: современное состояние и перспективы: сборник статей Международной научно-практической конференции, Уфа, 19 декабря 2024 года. Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2024. С. 125-128.

3. Ассоциация «ЛЕСТЕХ», информация о компании «Ультраплай» – [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://alestech.ru/factory/764-kronospan-baskortostan (Дата обращения: 04.04.2026).

4. Alakangas E., Oakey J. Biomass and agricultural residues for energy generation // Fuel Flexible Energy Generation: Solid, Liquid and Gaseous Fuels. 2016. С. 59-96.
5. Никольская В.Н. Из чего же делаются российские двери // ЛесПромИнформ. 2024. №6 (184). С. 12-17.

© Мышкин К.Е., Кальсин Н.А. , 2026

УДК 658.567.1

Гутаров Г.А., Сергеев А.В.
Российский государственный университет туризма и сервиса, г. Пушкино, Российская Федерация
e-mail: ADSL524317@yandex.ru

УТИЛИЗАЦИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ НА ОСНОВЕ УПРЕЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. Статья посвящена переработке твёрдых коммунальных отходов в России. Показано, что традиционные методы (захоронение и сжигание) приводят к загрязнению грунтовых вод фильтратом и выбросам диоксинов. Рассмотрены упреждающие технологии. На примере российской установки Фролова, перерабатывающей отходы при 2000 °C без кислорода, продемонстрировано полное исключение синтеза диоксинов. Проанализирован опыт томского комплекса «Сибирь», где сортировка и компостирование вдвое сокращают объём захоронения. Сделан вывод: превентивный подход в 5–10 раз экономичнее традиционного.

Ключевые слова: коммунальные отходы, диоксины, установка Фролова, комплекс «Сибирь», предотвращение загрязнений, фильтрат, ресурсосбережение, вторичное сырьё, индустриальный симбиоз.

Gutarov G.A., Sergeev A.V.
Russian State University of Tourism and Service, Pushkino, Russian Federation

DISPOSAL AND COMPLEX RECYCLING OF MUNICIPAL WASTE BASED ON PREVENTIVE TECHNOLOGIES

Abstract. The article addresses municipal solid waste processing in Russia. Traditional methods (landfilling and incineration) lead to groundwater contamination by leachate and dioxin emissions. Preventive technologies are examined. Using the example of the Russian Frolov detonation unit, which processes waste at 2000 °C without oxygen, the complete elimination of dioxin synthesis is demonstrated. The experience of the “Sibir” complex in Tomsk, where sorting and composting reduce landfilling by half, is analyzed. The conclusion is that a preventive approach is 5–10 times more cost-effective than traditional methods.
Keywords: municipal waste, dioxins, Frolov installation, Siberia complex, pollution prevention, leachate, resource conservation, secondary raw materials, industrial symbiosis.

В России долгое время преобладал подход, ориентированный на борьбу с последствиями захоронения и сжигания отходов. После заполнения полигона возникает необходимость его рекультивации. При обнаружении выбросов устанавливаются фильтры. При загрязнении грунтовых вод предпринимаются попытки их очистки, что требует значительных затрат. Этот подход является реактивным, а не превентивным.

Но есть другой путь – не ждать, пока проблема появится, а сделать так, чтобы её не было вовсе. Речь идёт о ресурсосберегающих, упреждающих технологиях. Как отмечается в исследованиях по ресурсосбережению, затраты на предотвращение загрязнений в 5-10 раз ниже, чем на ликвидацию их последствий [1].

Ежегодно образуются миллионы тонн смешанных коммунальных отходов, если полигоны переполнены, строить новые опасно и дорого, а обычное сжигание на мусоросжигательных заводах (МСЗ) выделяет диоксины – одни из самых ядовитых веществ на планете.

На полигонах твёрдых коммунальных отходов в процессе разложения органической фракции образуется фильтрат – токсичная жидкость, содержащая тяжёлые металлы, органические загрязнители и патогенные микроорганизмы. Фильтрат просачивается в грунтовые воды, вызывая их загрязнение на десятилетия. Традиционный подход предполагает либо строительство нового полигона за пределами города, либо очистку уже загрязнённых вод. Оба варианта требуют значительных капитальных и эксплуатационных затрат. [2].

Альтернативой полигонам являются мусоросжигательные заводы (МСЗ). Сжигание позволяет сократить объём отходов, однако при горении пластиковых отходов в присутствии кислорода образуются диоксины и фураны. Данные соединения относятся к стойким органическим загрязнителям, обладают высокой токсичностью и способностью накапливаться в живых организмах. Согласно исследованиям, диоксины оказывают канцерогенное, иммунотоксическое и репротоксическое действие.

Самые современные фильтры на МСЗ не дают 100% гарантии. Часть диоксинов попадает в атмосферу, а затем – в почву, воду, а затем в организм человека. Кроме того, после сжигания остаётся токсичная зола, которую всё равно нужно где-то утилизировать. Поэтому, МСЗ не решают проблему, а усугубляют её.[4]

Для устранения выявленных недостатков традиционных методов в статье рассмотрена технология, исключающая сам механизм образования диоксинов. Такой подход позволяет предотвратить загрязнение окружающей среды на этапе переработки отходов.

Примером упреждающей технологии в России служит разработка учёных из Института химической физики имени Н.Н. Семенова РАН под руководством С. Фролова [3]. Они создали установку, перерабатывающую отходы методом импульсной детонации (управляемого взрыва). Данный метод отличается от горения отсутствием кислорода в реакционной зоне.

Технологический процесс включает следующие этапы. Отходы загружают в герметичный реактор, где обрабатываются перегретым паром температурой до 2000 °С. Ключевым условием является, полное отсутствие кислорода внутри реактора.

Отходы не горят, а разлагаются на молекулярном уровне. Пластик, резина, органика – всё распадается на простые компоненты: водород, угарный газ, небольшое количество инертных остатков.[5]

Диоксины в процессе переработки отходов не образуются, поскольку для их синтеза необходимо одновременное выполнение трёх условий:

- наличие хлора (он есть в пластике, например, в ПВХ);
- температура в определённом диапазоне (300-600 °С);
- наличие кислорода.

В установке Фролова кислород отсутствует, поэтому диоксины не могут образоваться физически. В отличие от методов улавливания токсичных соединений при сжигании (например, с помощью фильтров), данный подход предотвращает сам синтез диоксинов на стадии переработки отходов.

На выходе получается синтез-газ (смесь водорода и CO). Его можно сжигать в газовых турбинах для выработки электроэнергии или перерабатывать

в жидкое топливо (по технологии газ-жидкость). Инертный твёрдый остаток не токсичен, его можно использовать, в строительстве.[6]

Рассмотренный опытный образец перерабатывает 100 кг отходов в час. По оценкам специалистов, промышленная установка окупается за 2-3 года. Она предотвращает необходимость строить новые полигоны, которые десятилетиями будут загрязнять землю и воду. Одна такая установка может обслуживать город с населением 100-200 тысяч человек.

Ещё одним примером внедрения упреждающих технологий в России является комплекс по переработке отходов «Сибирь» в Томской области, запущенный в сентябре 2025 года. Мощность комплекса составляет до 250 тысяч тонн отходов в год [4].

Технологическая цепочка КПО «Сибирь» [4]:

1. Глубокая сортировка. Из отходов извлекаются полезные фракции: пластик (ПЭТ, ПНД, ПВД), стекло, чёрные и цветные металлы, макулатура.

2. Компостирование органики. Пищевые и растительные отходы перерабатываются в биореакторах в технический грунт, используемый для рекультивации полигонов.

3. Производство альтернативного топлива (RDF). Остаточные фракции с высокой теплотворной способностью (смешанные пластики, текстиль) преобразуются в гранулы для цементных заводов и ТЭЦ.

В результате, объём отходов, направляемых на полигон, сокращается вдвое. Снижается потребность в добыче первичного сырья, уменьшается образование фильтрата, продлевается срок службы существующих полигонов.

Таким образом, для предотвращения экологического ущерба от ТКО необходимо внедрять технологии, исключающие образование диоксинов и фильтрата на этапе переработки. Установка Фролова демонстрирует такой подход (отсутствие кислорода и диоксинов, отходы переходят в энергию). КПО «Сибирь» показывает масштабируемое решение (сортировка, компостирование,

RDF-топливо), позволяющее вдвое сократить захоронение. Превентивный подход, по разным оценкам, в 5-10 раз экономически выгоднее традиционного. Россия располагает научными и промышленными наработками для системного перехода от ликвидации отходов к их ресурсосберегающей переработке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шубов Л.Я. О технологической модели экологически безопасного управления твердыми бытовыми отходами / Л.Я. Шубов, О.Н. Борисова, И.Г. Доронкина // Экологические системы и приборы. 2016. № 7. С. 13-36.
2. Шубов Л.Я. Стратегия оптимизации комплексного управления твердыми бытовыми отходами в Российской Федерации / Л.Я. Шубов, О.Н. Борисова, И.Г. Доронкина // Экология промышленного производства. 2017. № 4 (100). С. 16-25.
3. Борисова О.Н. Предпосылки для рационального ресурсосбережения – создание экотехнопарков / О.Н. Борисова // Славянский форум. 2018. № 2 (20). С. 124129.
4. Шубов Л.Я. Сжигание ТКО: корректировка мнений / Л.Я. Шубов, О.Н. Борисова, И.Г. Доронкина // Твердые бытовые отходы. 2017. № 11 (137). С. 32-35.
5. Борисова О.Н. Оптимизация системы селективного сбора / О.Н. Борисова, И.Г. Доронкина // Твердые бытовые отходы. 2017. № 3 (129). С. 44-47.
6. Шубов Л.Я. Технологии обращения с отходами: преимущества и недостатки, мифы и реалии / Л.Я. Шубов, О.Н. Борисова, И.Г. Доронкина // Твердые бытовые отходы. 2011. № 10 (64). С. 10-15.

© Гутаров Г.А., Сергеев А.В., 2026

УДК 628.4.032(470.325)

Вендин Д.Н., Ховрах Е.Ю.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Российская Федерация

e-mail: 1953213@bsuedu.ru

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЛИГОНОВ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В статье представлен анализ современной системы обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО) на территории Белгородской области. Рассмотрены вопросы образования отходов, функционирования полигонов и мусоросортировочных комплексов, а также проблемы накопленного экологического ущерба. Особое внимание уделено реализации федерального проекта «Комплексная система обращения с ТКО» и перспективам рекультивации объектов размещения отходов. Выявлены ключевые проблемы в организации вывоза отходов и предложены направления совершенствования территориальной схемы обращения с ТКО.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, полигоны ТКО, утилизация, рекультивация, сортировка отходов, Белгородская область, накопленный экологический ущерб.

Vendin D.N., Khovrakh E.Yu.

Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

ANALYSIS OF THE MUNICIPAL SOLID WASTE DISPOSAL SYSTEM AND PROSPECTS FOR LANDFILL RECLAMATION IN THE BELGOROD REGION

Abstract. The article presents an analysis of the modern municipal solid waste (MSW) management system in the Belgorod region. The issues of waste generation, the functioning of landfills and waste sorting complexes, as well as the problems of accumulated environmental damage are considered. Special attention is paid to the implementation of the federal project «Integrated MSW Management System» and the prospects for the reclamation of waste disposal facilities. Key problems in the organization of waste removal have been identified and directions for improving the territorial MSW management scheme have been proposed.

Keywords: municipal solid waste, MSW landfills, disposal, reclamation, waste sorting, Belgorod region, accumulated environmental damage.

Введение. Проблема утилизации твердых коммунальных отходов (ТКО) остается одной из наиболее острых экологических и социально-экономических задач для регионов Российской Федерации [3]. Ежегодно в Белгородской области образуется около 4,4 млн. м³ ТКО, при этом основным способом обращения с отходами продолжает оставаться их захоронение на полигонах [1].

Несмотря на активную фазу «мусорной реформы», регион сталкивается с рядом системных проблем: исчерпание емкости действующих полигонов, наличие объектов накопленного вреда окружающей среде, недостаточная эффективность сортировки и переработки вторичных ресурсов, а также нарушения графиков вывоза отходов.

Целью работы является анализ текущего состояния системы утилизации ТКО в Белгородской области и обоснование приоритетных направлений по рекультивации полигонов и развитию инфраструктуры переработки отходов.

Материалы и методы. Исследование основано на данных Государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Белгородской области в 2024 году» [1], Территориальной схемы обращения с отходами [2], а также информации Министерства жилищно-коммунального хозяйства Белгородской области. Нормативно-правовая база анализа включает федеральное законодательство в сфере обращения с отходами [3] и охраны окружающей среды [4]. Применялись методы статистического анализа, систематизации и сравнительной оценки.

Результаты и обсуждение:

1. Образование и сортировка ТКО. По состоянию на 2024 год на территории области образуется 4 437,2 тыс. м³ ТКО в год [1]. Сортировка бытовых отходов организована на трех объектах: мусоросортировочном заводе в г. Белгороде, комплексе в г. Алексеевка и автоматизированном комплексе в Губкинском городском округе. Их суммарная производительность составляет 363,0 тыс. тонн в год, что позволяет направлять на обработку 67,1 % образующихся ТКО (при плановом показателе федерального проекта 61,6 %). При этом доля ТКО, направленных на утилизацию, составила 6,2 % (план – 5,3 %), а на захоронение – 93,8 % [1]. Несмотря на достижение целевых показателей, абсолютное большинство отходов продолжает размещаться на полигонах, что соответствует общероссийской тенденции доминирования захоронения над переработкой [5].

2. Проблемы эксплуатации полигонов и вывоза ТКО. В 2024 году в области обострилась проблема систематического нарушения графиков вывоза ТКО, что связано с работой подрядчика регионального оператора – ООО «Еврологистик». Роспотребнадзором было объявлено 25 предостережений и проведено 7

внеплановых проверок, по результатам которых наложено штрафов на сумму более 4,8 млн. рублей. Вследствие этого в ноябре 2024 года был расторгнут договор с транспортной компанией, и вывоз отходов был передан новым подрядчикам. Подобные логистические сбои создают прямые риски для санитарно-эпидемиологического благополучия населения [6].

3. Ликвидация объектов накопленного вреда. В рамках федерального проекта «Чистая страна» в 2024 году завершена рекультивация несанкционированной свалки в границах г. Белгорода, а годом ранее – в г. Грайвороне. Ведутся работы по включению бывшего полигона в Губкинском городском округе в государственный реестр объектов накопленного вреда окружающей среде (ГРОНВОС) для последующей рекультивации в рамках федерального проекта «Генеральная уборка». Кроме того, проектно-сметная документация разрабатывается для объектов в Алексеевском, Волоконовском, Прохоровском и Белгородском районах.

4. Перспективы развития системы обращения с отходами. В 2024 году актуализирована Территориальная схема обращения с отходами, предусматривающая сокращение числа мест размещения отходов и увеличение объемов переработки [1, 2]. В рамках обновления парка специализированной техники приобретено 159 единиц коммунальной техники, закуплено 1213 контейнеров. Для дальнейшего снижения экологической нагрузки необходимо:

- строительство новых межмуниципальных полигонов, соответствующих современным экологическим стандартам;
- развитие системы раздельного накопления отходов;
- увеличение мощностей по утилизации вторичных материальных ресурсов.

Выводы:

1. В Белгородской области достигнуты плановые показатели федерального проекта «Комплексная система обращения с ТКО» по доле отходов, направляемых на обработку (67,1 %) и утилизацию (6,2 %).

2. Ключевыми проблемами остаются высокая доля захоронения отходов (93,8 %), наличие объектов накопленного вреда и логистические сбои в системе вывоза ТКО.

3. Приоритетными направлениями являются рекультивация исчерпавших ресурс полигонов, внедрение раздельного сбора отходов и строительство современных мусоросортировочных комплексов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Белгородской области в 2024 году». Белгород: Правительство Белгородской области, 2025. 196 с.

2. Постановление Правительства Белгородской области от 26 сентября 2016 г. № 350-пп «Об утверждении территориальной схемы обращения с отходами на территории Белгородской области» (в ред. от 28.10.2024).

3. Федеральный закон от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» (ред. от 01.03.2023) // КонсультантПлюс: справочно-правовая система.

4. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (с изм. и доп.) // КонсультантПлюс: справочно-правовая система.

5. Вендин Д.Н. Отходы производства и потребления как угроза экологической безопасности / Д.Н. Вендин, М.А. Жегулина, Е.Ю. Ховрах // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и на сопредельных территориях: материалы XI Международной научной конференции (Белгород, 15–17 октября 2025 г.). Белгород: Белгородский

государственный национальный исследовательский университет, 2025. С. 440-443.

6. Федеральный закон от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».

© Вендин Д.Н., Ховрах Е.Ю., 2026

СЕКЦИЯ 3. ESG-ТРАНСФОРМАЦИЯ КОМПАНИЙ РАЗЛИЧНЫХ СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ В УСЛОВИЯХ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

УДК 338.2:504.064

Колесенков А.Н.

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань, Российская Федерация

e-mail: kt.rsreu@yandex.ru

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОГО ИНДЕКСА ESG-УСТОЙЧИВОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ К КЛИМАТИЧЕСКИМ И ТЕХНОГЕННЫМ РИСКАМ

Аннотация. В статье представлен авторский подход к количественной оценке устойчивости промышленных предприятий к климатическим и техногенным рискам на основе модифицированной ESG-методологии. Разработан комплексный индекс, интегрирующий экологические, социальные и управленческие параметры с учетом специфики производственной деятельности в условиях возрастающих климатических угроз. Предложена многоуровневая система показателей, включающая 47 индикаторов, сгруппированных по трем кластерам устойчивости. Внедрение предложенного инструмента позволяет проводить сравнительный анализ предприятий отрасли, выявлять критические уязвимости производственных систем и обосновывать приоритеты инвестиционных программ модернизации. Разработанный индекс может быть использован регуляторами для формирования требований к раскрытию нефинансовой отчетности, кредитными организациями при оценке ESG-рисков заемщиков и самими компаниями для стратегического планирования.

Ключевые слова: ESG, индекс устойчивости, климатические риски, техногенные угрозы, техносферная безопасность, управление рисками, промышленные предприятия.

Kolesenkov A.N.
Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin, Ryazan, Russian Federation

DEVELOPMENT OF A COMPREHENSIVE ESG INDEX-INDUSTRIAL ENTERPRISES' RESILIENCE TO CLIMATE AND MAN-MADE RISKS

Abstract. The article presents the author's approach to quantifying the resilience of industrial enterprises to climate and man-made risks based on a modified ESG methodology. A comprehensive index has been developed that integrates environmental, social and management parameters, taking into account the specifics of production activities in the face of increasing climate threats. A multilevel system of indicators is proposed, which includes 47 indicators grouped into three clusters of sustainability. The implementation of the proposed tool makes it possible to conduct a comparative analysis of industry enterprises, identify critical vulnerabilities in production systems and justify the priorities of investment modernization programs. The developed index can be used by regulators to form requirements for disclosure of non-financial statements, by credit institutions when assessing borrowers' ESG risks, and by companies themselves for strategic planning.
Keywords: ESG, sustainability index, climate risks, man-made threats, technosphere safety, risk management, industrial enterprises.

Введение. Современный этап развития мировой экономики характеризуется беспрецедентным усилением давления на промышленный

сектор со стороны климатических изменений и усложнением профиля техногенных угроз. Интенсификация экстремальных погодных явлений, к которым относятся волны жары, наводнения, засухи и штормовые ветры, создает дополнительные нагрузки на инфраструктуру производственных объектов, многие из которых были спроектированы и построены в прошлом столетии без учета современных климатических реалий. Одновременно с этим старение основных фондов, износ оборудования и применение устаревших технологий повышают вероятность аварийных ситуаций с серьезными экологическими и социальными последствиями [1].

В этих условиях традиционные подходы к управлению рисками, рассматривающие экологические, социальные и управленческие аспекты изолированно, демонстрируют недостаточную эффективность. Возникает объективная потребность в интегрированных инструментах оценки, способных отразить комплексную устойчивость предприятия к множественным взаимосвязанным угрозам. Существующие рейтинговые методологии и стандарты раскрытия информации фокусируются преимущественно на аспектах отчетности и не предоставляют готовых алгоритмов для количественного измерения адаптационного потенциала конкретных производственных площадок [2].

Актуальность разработки специализированного индекса ESG-устойчивости для промышленных компаний обусловлена ужесточением регуляторных требований в области устойчивого развития. Европейский механизм трансграничного углеродного регулирования создает прямые финансовые стимулы для снижения углеродоемкости экспортно-ориентированных производств. Национальные проекты в области экологии и цифровой трансформации промышленности формируют дополнительный контекст, требующий от компаний не только декларирования целей, но и

предоставления верифицируемых данных о прогрессе в достижении показателей устойчивости.

Промышленные предприятия функционируют в среде, где климатические и техногенные риски проявляются не изолированно, а в виде каскадных эффектов, усиливающих взаимное воздействие [3].

Существующие практики оценки устойчивости предприятий страдают рядом системных недостатков. Во-первых, преобладает качественный характер оценок, основанный на экспертных суждениях и чек-листах, что затрудняет сопоставление результатов между различными организациями и отслеживание динамики во времени. Во-вторых, наблюдается фрагментарность подходов, когда экологические аспекты рассматриваются отдельно от социальных и управленческих, хотя в реальности эти компоненты тесно взаимосвязаны. В-третьих, большинство методик не учитывают отраслевую специфику и географическое расположение предприятий, что приводит к некорректным сравнениям компаний из разных секторов экономики [4].

Теоретическая часть

Предложенная система показателей была сформирована на основе анализа факторов, влияющих на устойчивость промышленных предприятий к климатическим и техногенным рискам.

Первый кластер, обозначенный как экологическая устойчивость, включает 18 показателей, характеризующих воздействие предприятия на окружающую среду и эффективность природоохранной деятельности. В этот кластер вошли показатели удельных выбросов парниковых газов, потребления воды и энергии, образования отходов, а также индикаторы, отражающие внедрение технологий и программ по снижению экологического следа.

Второй кластер, названный социально-производственной устойчивостью, содержит 16 показателей, описывающих состояние производственной инфраструктуры, безопасность труда и социальную ответственность бизнеса.

Сюда отнесены показатели износа основных фондов, частоты производственного травматизма, инвестиций в модернизацию оборудования, подготовки персонала в области промышленной безопасности и программ социальной поддержки работников.

Третий кластер, определенный как управленческая устойчивость, объединяет 13 показателей, отражающих качество системы управления рисками, прозрачность деятельности и стратегическое планирование. В этот кластер включены показатели наличия политик в области устойчивого развития, частоты проведения аудитов системы управления, раскрытия нефинансовой отчетности и интеграции ESG-факторов в систему вознаграждения менеджмента.

Для каждого показателя были установлены целевые значения, соответствующие международному опыту, и пороговые значения, ниже которых функционирование предприятия признается неудовлетворительным. Нормализация исходных данных осуществлялась по формуле линейного масштабирования, преобразующей фактические значения в интервал от нуля до единицы.

Расчет комплексного индекса осуществлялся по формуле взвешенной геометрической свертки, которая равняется произведению показателей в степени их весовых коэффициентов. Выбор геометрической, а не арифметической свертки обусловлен необходимостью учета компенсационного эффекта между показателями и предотвращения ситуации, когда высокие значения одних показателей маскируют критически низкие значения других [5].

Алгоритм расчета индекса реализован в виде программной процедуры, включающей следующие шаги. На первом этапе производится сбор и верификация исходных данных из официальных отчетов предприятий, баз данных государственных органов и открытых источников. Второй этап предполагает проверку данных на полноту и непротиворечивость, при необходимости осуществляются запросы уточняющей информации. Третий этап

включает нормализацию показателей и применение корректирующих коэффициентов, учитывающих отраслевую специфику и климатические условия региона. Четвертый этап представляет собой расчет частных индексов по кластерам и агрегирование их в общий индекс устойчивости. Пятый этап заключается в интерпретации результатов и формировании рекомендаций по повышению устойчивости предприятия.

Научная новизна проведенного исследования заключается в следующем. Впервые предложена концепция комплексного индекса ESG-устойчивости, интегрирующая параметры климатической адаптации и техногенной безопасности в единую оценочную систему, что позволяет преодолеть фрагментарность существующих подходов. Разработана оригинальная структура индекса, включающая три кластера устойчивости с дифференциацией по 47 частным показателям, причем для каждого показателя обоснованы пороговые значения и шкалы оценки, адаптированные к условиям российской промышленности. Предложен модифицированный метод взвешенной свертки с нелинейной функцией полезности, учитывающий эффект насыщения при достижении показателей устойчивости предельных значений. Обоснована необходимость введения корректирующих коэффициентов, отражающих влияние отраслевой принадлежности и климатической зоны расположения предприятия на общий уровень рисков.

Разработанный комплексный индекс ESG-устойчивости обеспечивает возможность сравнительного анализа предприятий отрасли по уровню устойчивости к климатическим и техногенным рискам.

Система показателей поддерживает диагностику уязвимостей производственных систем через детальный анализ отдельных компонентов индекса. Выявление показателей с критически низкими значениями позволяет приоритизировать инвестиционные проекты и направлять ресурсы на устранение наиболее значимых рисков. Динамическое отслеживание изменений

индекса во времени обеспечивает мониторинг прогресса в реализации стратегий устойчивого развития и своевременную корректировку планов мероприятий.

Заключение

В ходе проведенного исследования решена актуальная научная задача разработки комплексного индекса ESG-устойчивости промышленных компаний к климатическим и техногенным рискам. Предложенная методика интегрирует 47 частных показателей в единую систему оценки, охватывающую экологические, социально-производственные и управленческие аспекты деятельности предприятий. Применение модифицированного метода взвешенной геометрической свертки с нелинейной функцией полезности обеспечило адекватное отражение компенсационных эффектов между показателями и предотвратило маскирование критических уязвимостей высокими значениями отдельных индикаторов.

Внедрение разработанной методики в практику управления промышленными предприятиями будет способствовать повышению их адаптационного потенциала к климатическим изменениям, снижению техногенных рисков и обеспечению долгосрочной устойчивости в условиях возрастающей неопределенности внешней среды [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондрашова Т.И., Аксенов А.А., Пасичняк В.Е., Колесенков А.Н. EcoRating - платформа для оценки экологической устойчивости городских территорий с визуализацией показателей на интерактивной ГИС-карте // Выставка инноваций - 2025 (осенняя сессия): сборник статей 40-й Всероссийской выставки-сессии студенческих инновационных проектов, Ижевск, 10 ноября 2025 года. – Ижевск: Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, 2026. С. 56-62.

2. Пылькин А.Н., Тишкина В.В. Информационная система формирования управленческих решений по улучшению текущего состояния объекта управления // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2025. № 91. С. 76-86.

3. Колесенков А.Н. Технология поддержки принятия управленческих решений на основе оперативного мониторинга пожарной обстановки // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2015. № 9. С. 157-163.

4. Кабанов А.А., Федоров И.А. Архитектура системы управления цифровыми двойниками производств как основа интеграции различных моделей их представлений // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2022. № 82. С. 162-176.

5. Kolesenkov A.N., Kostrov B.V., Ruchkin V.N. Emergencies monitoring and preventing // Proceedings - 2013 2nd Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO 2013, Budva, 15–20 июня 2013 года. Budva, 2013. P. 263-265.

6. Евдокимова Е.Н., Куприянова М.В., Соловьева И.П., Симикова И.П. Математическое моделирование процесса цифровизации экономических систем // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2022. № 81. С. 65-71.

© Колесенков А.Н., 2026

УДК 005.35:005.334:504

Бакирова Р.Р.

Уфимский филиал Финансового университета при Правительстве РФ, г. Уфа, Российская Федерация

e-mail: RRBakirova@fa.ru

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ESG-РЭНКИНГОВ КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ ГОТОВНОСТИ КОМПАНИЙ К РАСКРЫТИЮ ТЕХНОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ РИСКОВ

Аннотация. В условиях природных и техногенных рисков исследована ESG-трансформация нефтегазового, химического, горнодобывающего, металлургического и банковского секторов на основе ESG-рэнкинга RAEX (2025) с применением корреляционного анализа связи с ROA. Выявлена сильная отрицательная связь в химической отрасли, умеренная – в нефтегазовой и отсутствие значимой связи в остальных. Санкционные ограничения сократили выборку, однако выявлена неоднородность готовности отраслей к раскрытию рисков. Лидеры сочетают прозрачность с эффективностью. Предложены направления интеграции нефинансовой отчётности в риск-менеджмент.

Ключевые слова: ESG-трансформация, природные риски, техногенные риски, ESG-рэнкинг, корреляционный анализ, раскрытие информации.

Bakirova R.R.
Ufa Branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation, Ufa, Russian Federation

STATISTICAL ANALYSIS OF ESG RANKINGS AS A TOOL FOR ASSESSING COMPANIES' READINESS TO DISCLOSE TECHNOGENIC AND NATURAL RISKS

Abstract. In the context of natural and technogenic risks, the ESG transformation of the oil and gas, chemical, mining, metallurgical, and banking sectors is studied based on the RAEX ESG ranking (2025) using correlation analysis of the relationship with ROA. A strong negative correlation was found in the chemical sector, a moderate one in oil and gas, and no significant relationship in the others. Sanctions reduced the sample, yet heterogeneity in sectors' readiness to disclose risks was revealed. Leaders combine transparency with efficiency. Directions for integrating non-financial reporting into risk management are proposed.
Keywords: ESG transformation, natural risks, technogenic risks, ESG ranking, correlation analysis, disclosure.

Выпуск стандартов IFRS S1 «Общие требования к раскрытию информации об устойчивом развитии» и IFRS S2 «Раскрытие информации, связанной с климатом» (ISSB, 2023) принципиально изменил подход к корпоративной отчётности. Информация о климатических и иных экологических рисках, а также о социальных и управленческих факторах (ESG) должна теперь раскрываться непосредственно в финансовой отчётности, интегрируясь с традиционными бухгалтерскими показателями. Для российских публичных компаний, работающих в условиях энергоперехода, санкционных ограничений и растущих требований к прозрачности, переход к новым стандартам становится не только

вопросом соответствия глобальным трендам, но и фактором конкурентоспособности при привлечении капитала [3,4].

ESG-рэнкинги, в частности итоговый рэнкинг RAEX 2025 года (145 компаний из России, Казахстана, Узбекистана и Монголии), выступают независимым индикатором качества управления ESG-рисками и открытости нефинансовой информации. Однако остаётся открытым вопрос: отражаются ли различия в ESG-позициях на реальных финансовых результатах компаний?

Цель настоящего исследования – на основе статистического анализа ESG-рэнкинга RAEX 2025 оценить готовность компаний различных секторов к раскрытию информации о техногенных и природных рисках в контексте требований IFRS S1/S2. Основной метод – дескриптивный и корреляционный анализ связи между компонентами ESG-рейтинга (E-rank, S-rank, G-rank) и показателем ROA.

Концептуальная основа – теория стейкхолдеров [1], предполагающая, что ESG-раскрытие снижает информационную асимметрию и способствует улучшению финансовых результатов. Зарубежные исследования противоречивы: одни подтверждают положительную связь с ROA/ROE [1,4], другие – нейтральную/отрицательную [4]. Для российского рынка Батаева и др. (2021) на панельных данных 50 компаний за 2010-2019 гг. доказали значимое положительное влияние ESG-балла на ROA, ROC и ROE при доминировании экологического компонента; в секторе материалов связь оказалась сильнее, чем в коммунальных услугах [3].

Настоящая работа развивает указанный подход, используя более свежие данные ESG-рэнкинга RAEX 2025, но сфокусирована на парных корреляциях и дескриптивных статистиках в разрезе четырёх конкретных отраслей. Мы проверяем гипотезу о том, что улучшение ESG-позиций (т.е. снижение рангов) положительно связано с ROA, причём сила связи варьируется по секторам.

Исходным массивом служит итоговый ESG-рэнкинг RAEX по состоянию на 24 декабря 2025 года [2]. Для каждой компании публикуются: общий ESG-ранг (место в общем списке всех отраслей), а также отдельные ранги по компонентам E (экология), S (социум) и G (корпоративное управление). Чем меньше числовое значение ранга, тем выше фактическая ESG-эффективность и полнота раскрытия информации.

Финансовый показатель – рентабельность активов (ROA, %) – собран из отчётности компаний за 2025 гг. (база данных «СПАРК», а также официальные сайты компаний). В силу введённых антисанкционных ограничений (нераскрытие чувствительной информации) число наблюдений по секторам оказалось значительно ниже исходного количества компаний в рэнкинге. Это ограничение будет подробно обсуждаться.

Из общего числа компаний были выделены четыре сектора, наиболее подверженные техногенным и природным рискам (таблица 1). Другие отрасли не рассматривались из-за малого числа компаний или отсутствия публичных данных по ROA.

Для каждого сектора рассчитаны среднее арифметическое, медиана, минимальное и максимальное значение ранга, коэффициент осцилляции и коэффициент вариации, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1

Дескриптивные статистики по компонентам ESG-рэнкинга 2025*

	ESG - рэнк	*E - рэнк*	*S - рэнк*	*G - рэнк*
Интегрированные нефтегазовые компании (10 компаний)				
Среднее	67,3	66,6	69,1	66,7
Медиана	46,5	38	40	75,5
Минимум	10 (Татнефть)	11 (НОВАТЭК)	10 (НОВАТЭК)	4 (Татнефть)
Максимум	140 (Сургутнефтегаз)	134 (Русснефть)	144 (Сургутнефтегаз)	133 (Сургутнефтегаз)
Коэффициент осцилляции, %	193,2	184,7	193,9	193,4

Окончание табл. 1

Коэффициент вариации, %	75,1	78,5	79,8	59,4
Химическая промышленность (12 компаний)				
Среднее	61,8	69,4	41,3	75,9
Медиана	56	76,5	29,5	62
Минимум	2 (ФосАгро)	4 (СИБУР Холдинг)	1 (ФосАгро)	12 (Уралкалий)
Максимум	124 (Тольяттиазот)	114 (Куйбышев Азот)	121 (Нижнекамскшина)	144 (Тольяттиазот)
Коэффициент осцилляции, %	197,3	158,5	290,3	173,9
Коэффициент вариации, %	75,1	62,5	91,4	64,4
Горнодобывающая промышленность и металлургия (17 компаний)				
Среднее	42,0	47,8	36,7	49,9
Медиана	29,0	28,0	29,0	35,0
Минимум	1 (Норникель)	2 (Норникель)	2 (Норникель)	2 (Ноникель)
Максимум	128 (Полиметалл)	123 (Полиметалл)	100 (Русолово)	137 (Полиметалл)
Коэффициент осцилляции, %	302,4	253,3	267,0	270,3
Коэффициент вариации, %	90,2	86,4	86,3	81,1
Банки (14 банков)				
Среднее	90,8	74,0	100,1	91,3
Медиана	102,5	78,0	114,5	106,5
Минимум	3 (Сбербанк)	1 (Сбербанк)	8 (Сбербанк)	9 (Сбербанк)
Максимум	139 (Банк «Санкт-Петербург»)	129 (Банк «Санкт-Петербург»)	141 (Новикомбанк)	139 (Банк «Санкт-Петербург»)
Коэффициент осцилляции, %	149,8	173,0	132,8	142,4
Коэффициент вариации, %	46,8	54,1	40,0	44,4

[*]*Примечание:* n – фактическое число компаний в выборке по сектору. Минимальное значение ранга соответствует лучшей позиции.

Результаты по нефтегазовому сектору указывают на значительную неоднородность: вариация общего ESG-ранга достигает 75,1 %, причём сильнее всего различаются позиции по социальной составляющей (79,8 %). Наибольший

размах зафиксирован именно для итогового ESG-ранга. К числу лидеров относятся Татнефть и НОВАТЭК. Такой разброс отражает различия в полноте и качестве раскрытия информации о техногенных угрозах – авариях, разливах, выбросах.

Химическая промышленность отличается резкой поляризацией по социальному рангу: коэффициент вариации составляет 91,4 %, осцилляция – 290,3% при невысокой медиане (29,5). Подобное соотношение говорит о том, что несколько компаний, в частности ФосАгро и СИБУР, обладают передовыми социальными практиками, тогда как остальные заметно отстают по уровню раскрытия.

В горнодобывающей промышленности и металлургии средние ранги оказались самыми низкими, то есть лучшими среди всех обследованных секторов (ESG-средняя 42,0). Коэффициент вариации остаётся высоким (90,2%), однако медиана (29,0) приближается к минимальным значениям. Это свидетельствует о том, что большинство компаний уже достигли довольно высокой ESG-прозрачности, а среднюю картину заметно ухудшают единичные организации с низкими позициями.

Банковский сектор имеет наихудшие средние ранги (ESG=90,8), но самый низкий коэффициент вариации (46,8%). Это означает, что банки довольно однородны по уровню раскрытия ESG-информации, но в целом уступают промышленным компаниям, что согласуется с выводами аналитиков RAEX о более низкой транспарентности финансового сектора в вопросах устойчивого развития.

По результатам корреляционного анализа вычислены парные коэффициенты линейной корреляции Пирсона (r) между ROA и каждым из рангов (ESG, E, S, G) (таблица 2).

Таблица 2

Парные коэффициенты корреляции Пирсона между ROA и компонентами ESG-рэнкинга**

Отрасли	Число наблюдений	ESG	E - рэнк	S - рэнк	G - рэнк
Интегрированные нефтегазовые компании	6	-0,500	-0,277	-0,565	-0,508
Химическая промышленность	7	-0,784	-0,671	-0,737	-0,853
Горнодобывающая промышленность и металлургия	12	0,009	0,219	0,257	-0,248
Банки	10	-0,110	-0,327	0,249	-0,156

****Примечание:** Учитывая малый объём выборок, коэффициенты не являются статистически значимыми на стандартных уровнях ($p < 0,05$); они отражают лишь направление и силу связи в доступных данных.

Для нефтегазового сектора обнаружена умеренная отрицательная связь общего ESG-ранга с ROA. Наиболее сильно негативно коррелируют S- и G-ранг. Это означает, что компании с лучшими социальными практиками (безопасность труда, отношения с местными сообществами) и более высоким качеством корпоративного управления (независимость совета директоров, прозрачность) склонны демонстрировать более высокую рентабельность активов. Экологический ранг (E) даёт лишь слабую отрицательную связь, что, возможно, объясняется высокими капитальными затратами на природоохранные мероприятия, которые окупаются не сразу. Однако из-за крайне малой выборки (6 наблюдений) эти результаты следует рассматривать как предварительные и нерепрезентативные для всей отрасли.

В химической промышленности (n=7) выявлена очень сильная отрицательная корреляция по всем компонентам (общий ESG r = –0,784, G-rank r=–0,853), что потенциально указывает на прямую связь управления экологическими и техногенными рисками с финансовой эффективностью при ключевой роли риск-менеджмента и комплаенса. Однако при n=7 коэффициент не достигает статистической значимости, а высокая чувствительность к

выбросам не позволяет считать результаты доказанными – они отражают лишь возможный тренд.

В горнодобывающей промышленности и металлургии (n=12) корреляции ESG-компонент с ROA близки к нулю (общий ESG r = 0,009); слабые положительные E (0,219) и S (0,257) указывают на возможную обратную связь («эффект экономии» на природоохранных расходах), но статистически неотличимы от шума; G-rank даёт слабую отрицательную связь (–0,248). Доминирующее влияние на ROA оказывают конъюнктура сырьевых цен, затраты на энергию и логистику, а не качество ESG-раскрытия. Результат согласуется с выводами Батаевой и др.[3], которые для сектора «материалы» при большем числе наблюдений и контрольных переменных получили положительный эффект ESG в регрессионном анализе.

В упомянутых исследованиях было установлено, что общий ESG-балл имеет положительное и статистически значимое влияние на показатели эффективности [3,4]. Наши корреляционные результаты по нефтегазовому и химическому секторам качественно согласуются с этими выводами – отрицательные коэффициенты подтверждают, что улучшение ESG-позиций ассоциируется с более высокой ROA.

Главное ограничение исследования обусловлено дефицитом данных. Из-за него возникает смещение в выборке: компании, не раскрывающие ESG-показатели или публикующие неполную отчётность по МСФО, выпадают из анализа, и это не позволяет распространять выводы на отрасль в целом. Стандарты IFRS S1 и S2 ориентируют организации на отражение в отчётности физических и переходных климатических рисков и их взаимосвязи с финансовыми результатами. Однако даже в отраслях с повышенной экологической нагрузкой корреляционная связь между полнотой ESG-раскрытия и рентабельностью активов остаётся неустойчивой. Это указывает на сохраняющийся разрыв между системами нефинансовой и финансовой отчётности. Рэнкинги RAEX вместе с такими статистиками, как коэффициент вариации и осцилляции, дают возможность описать готовность

компаний к информированию о техногенных рисках. Однако при массовом отсутствии сведений корреляционный анализ, не учитывающий смещение отбора, оказывается малоинформативным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Plumlee M., Brown D., Hayes R.M., Marshall S.R. Voluntary environmental disclosure quality and firm value: Further evidence // Journal of Accounting and Public Policy. 2015. Vol. 34, No. 4. P. 336-361.

2. RAEX публикует итоговый ESG-рэнкинг 2025 года. // RAEX: [сайт]. 2025. 24 дек. URL: https://raex-rr.com/news/press-reliz/esg_ranking_final_2025 (дата обращения: 24.03.2026).

3. Батаева Б.С., Кокурина А.Д., Карпов Н.А. Влияние раскрытия ESG-показателей на финансовые результаты российских публичных компаний // Управленец. 2021. № 6. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/... (дата обращения: 11.04.2026).

4. Голева О.И. Влияние ESG-факторов на финансовые показатели деятельности компаний (обзор российских и зарубежных исследований) / О.И. Голева, М.Я. Агапов // Финансы и кредит. 2026. Т. 33, № 3. С. 76-99.

5. Кузьмина О.Ю., Шишкина В.В. Влияние ESG-трансформации на ключевые показатели деятельности нефтегазовых компаний России в условиях геополитической напряженности // Экономика и управление инновациями. – 2026. № 1 (36). С. 73-82.

© Бакирова Р.Р., 2026

УДК 330.341:620.9:004

Латфуллина Г.Э., Уразбахтина Л.Р.

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Российская Федерация

e-mail: gulnazlatf@yandex.ru

СТРАТЕГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПАНИЙ В УСЛОВИЯХ ESG-ТРАНСФОРМАЦИИ: МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ К ПРИРОДНЫМ И ТЕХНОГЕННЫМ РИСКАМ

Аннотация. В статье исследуются механизмы стратегической адаптации энергетических компаний к природным и техногенным рискам в контексте ESG-трансформации. Акцент сделан на интеграции нефинансовых критериев в стратегическое управление, развитие динамических способностей и формирование проактивных моделей устойчивости. Рассмотрены подходы к сценарному планированию, перераспределению инвестиционных ресурсов и корпоративному контролю в условиях каскадных угроз. Выявлено, что ESG-трансформация становится ядром стратегической устойчивости, обеспечивающим долгосрочную конкурентоспособность в высокорисковой среде.

Ключевые слова: стратегическая устойчивость, ESG-трансформация, энергетические компании, природные и техногенные риски, адаптационные механизмы, стратегическое управление.

Latfullina G.E., Urazbakhtina L.R.

Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russian Federation

STRATEGIC SUSTAINABILITY OF ENERGY COMPANIES IN THE CONTEXT OF ESG TRANSFORMATION: MECHANISMS OF ADAPTATION TO NATURAL AND MAN-MADE RISKS

Abstract. The article examines the mechanisms of strategic adaptation of energy companies to natural and man-made risks in the context of ESG transformation. The focus is on the integration of non-financial criteria into strategic management, the development of dynamic abilities and the formation of proactive sustainability models. Approaches to scenario planning, redistribution of investment resources, and corporate control in the context of cascading threats are considered. It has been revealed that ESG transformation is becoming the core of strategic sustainability, ensuring long-term competitiveness in a high-risk environment.

Keywords: strategic sustainability, ESG transformation, energy companies, natural and man-made risks, adaptation mechanisms, strategic management.

В современной парадигме корпоративного управления энергетический сектор сталкивается с двойным давлением, которое фундаментально меняет логику стратегического планирования. С одной стороны, усиливаются требования институциональных инвесторов, регуляторов и гражданского общества к интеграции экологических, социальных и управленческих критериев в операционную и финансовую деятельность. С другой стороны, отрасль функционирует в условиях прогрессирующей эскалации природных и техногенных рисков, проявляющихся в учащении климатических аномалий, деградации критической инфраструктуры, повышении частоты производственных инцидентов и усложнении логистических цепочек. В этих

условиях традиционные модели стратегического управления, ориентированные преимущественно на финансовую эффективность и краткосрочную рентабельность, демонстрируют системную ограниченность. Стратегическая устойчивость энергетических компаний перестаёт быть производной от успешного преодоления отдельных кризисов и превращается в комплексную организационную способность, формируемую через осознанную ESG-трансформацию. Данный процесс предполагает не просто добавление нефинансовых метрик к существующим системам отчётности, а глубокую перестройку стратегических контуров, механизмов распределения ресурсов и архитектуры корпоративного управления, что требует применения современных инструментов стратегического анализа и цифровизации управленческих процессов в условиях новой экономической реальности [1].

Сущность стратегической устойчивости в контексте рассматриваемой проблематики раскрывается через призму теории динамических способностей, согласно которой долгосрочная конкурентоспособность определяется умением организации распознавать внешние изменения, переконфигурировать внутренние активы и непрерывно адаптировать бизнес-модель. Природные и техногенные риски в энергетике обладают свойством каскадности: климатический стресс провоцирует физические повреждения инфраструктуры, что ведёт к операционным сбоям, финансовым потерям, репутационным издержкам и ужесточению регуляторного контроля. В таких условиях ESG-трансформация выполняет функцию стратегического буфера, трансформируя внешние угрозы в управляемые параметры планирования. Интеграция экологических критериев позволяет компаниям оценивать уязвимость активов к изменению климата, моделировать сценарии декарбонизации и корректировать инвестиционные портфели в пользу низкоуглеродных и ресурсоэффективных технологий. Социальные индикаторы обеспечивают учёт человеческого капитала, стабильности в регионах присутствия и качества взаимодействия с

локальными сообществами, что снижает вероятность социальной напряжённости, способной парализовать реализацию проектов. Управленческие критерии, в свою очередь, формируют основу для прозрачности, этичного принятия решений и эффективного корпоративного контроля, без которых невозможна согласованная адаптация к многофакторным рискам. При этом важно избегать фрагментарного подхода к ESG-факторам, поскольку достижение любой из целей устойчивого развития требует выполнения двух обязательных условий: обеспечения эффективного взаимодействия государства, бизнеса и гражданского общества и применения комплексного подхода к рассмотрению экономических, социальных и экологических аспектов, отражающих её специфику [3].

Механизмы стратегической адаптации реализуются через несколько взаимосвязанных контуров. Первым и наиболее значимым выступает сценарное стратегическое планирование, выходящее за рамки традиционных прогнозных моделей. В условиях высокой неопределённости энергетические компании переходят к разработке множественных сценариев развития, учитывающих различные траектории климатических изменений, регуляторных ограничений, технологических сдвигов и вероятности техногенных инцидентов. Стратегические комитеты и советы директоров используют эти сценарии для стресс-тестирования инвестиционных программ, оценки устойчивости бизнес-моделей и формирования резервных стратегий. ESG-метрики выступают здесь не вспомогательными показателями, а входными параметрами, определяющими допустимые границы риска и приоритеты стратегической аллокации капитала. Второй механизм связан с трансформацией инвестиционного портфеля и перераспределением финансовых ресурсов. Стратегическое управление в условиях ESG-трансформации требует отказа от проектов с высоким экологическим и социальным бэклогом в пользу активов, обеспечивающих долгосрочную устойчивость и соответствие растущим требованиям

ответственного финансирования. Это приводит к изменению структуры капитальных вложений, увеличению доли инвестиций в модернизацию инфраструктуры, внедрение технологий замкнутого цикла, развитие распределённой генерации и программы повышения энергоэффективности. Стратегический фокус смещается с максимизации текущей отдачи на минимизацию системных рисков и обеспечение непрерывности создания стоимости в долгосрочной перспективе. В российской практике нефтегазового и энергетического сектора данный процесс находит конкретное воплощение в виде приоритетных направлений корпоративных стратегий, среди которых выделяются цифровизация с целью сокращения выбросов, увеличение доли газового бизнеса, развитие возобновляемых источников энергии, актуализация внутренней структуры управления, включение климатических показателей в ключевые показатели эффективности руководства, а также интеграция ESG-требований в цепочки поставок и договорные отношения с подрядчиками [4].

Третий адаптационный механизм касается организационной архитектуры и корпоративного управления. Стратегическая устойчивость требует преодоления функциональной разобщённости, при которой экологические, социальные и операционные вопросы находятся в зонах ответственности различных подразделений без единого координационного центра. Успешные компании выстраивают кросс-функциональные стратегические платформы, интегрирующие департаменты управления рисками, корпоративной стратегии, охраны труда и экологии, финансов и коммуникаций. Такая структура обеспечивает единое понимание риск-ландшафта, согласованность стратегических решений и оперативную реакцию на возникающие угрозы. Важным элементом становится трансформация корпоративной культуры, где ESG-принципы перестают восприниматься как внешнее давление и становятся внутренней ценностью, определяющей поведение менеджмента и линейного персонала. Стратегическое управление в этих условиях опирается на механизмы

вовлечения, обучения и мотивации, связывающие компенсацию руководителей с достижением долгосрочных ESG-целей и устойчивостью бизнес-процессов. Четвёртый механизм адаптации связан с развитием систем стратегического контроля и раннего предупреждения. В условиях природно-техногенных рисков традиционные системы контроля, ориентированные на ретроспективный анализ финансовых результатов, оказываются неэффективными. Стратегическое управление требует перехода к проактивным моделям, способным идентифицировать слабые сигналы деградации устойчивости до их трансформации в полномасштабные кризисы. Это достигается через формирование комплексных мониторинговых контуров, отслеживающих динамику экологических индикаторов, состояние критической инфраструктуры, уровень социальной напряжённости, изменения в регуляторной среде и рыночные предпочтения инвесторов. Стратегический контроль приобретает непрерывный характер, обеспечивая регулярную валидацию стратегических гипотез и своевременную корректировку планов. Интеграция ESG-данных в системы стратегического управления рисками позволяет выявлять скрытые корреляции между операционными показателями, устойчивостью активов и долгосрочной финансовой стабильностью, что формирует основу для обоснованного принятия стратегических решений. Эмпирические данные показывают, что ESG-факторы оказывают существенное влияние на финансовую устойчивость компаний топливно-энергетического комплекса: экологические и социальные риски снижают показатели рентабельности, тогда как масштаб ESG-деятельности тесно связан со структурой капитала и уровнем долговой нагрузки, а объём экологических инвестиций демонстрирует положительную корреляцию с рыночной капитализацией, что позволяет рассматривать их как фактор повышения долгосрочной инвестиционной привлекательности [5].

Несмотря на очевидную необходимость ESG-интеграции, реализация адаптационных механизмов сопряжена со значительными стратегическими вызовами. Одним из ключевых ограничений остаётся противоречие между краткосрочными финансовыми обязательствами и долгосрочными инвестициями в устойчивость. Акционеры и аналитики часто оценивают эффективность компаний на квартальной и годовой основе, тогда как окупаемость проектов по снижению природно-техногенных рисков и декарбонизации измеряется десятилетиями. Стратегическое управление вынуждено балансировать между давлением рынка и необходимостью сохранения стратегической гибкости. Дополнительным барьером выступает фрагментация регуляторной среды и отсутствие унифицированных стандартов измерения ESG-эффективности, что осложняет сопоставимость компаний, повышает транзакционные издержки и создаёт риски гринвошинга. Качество и достоверность данных также остаются критическим фактором: стратегические решения, основанные на неполных или искажённых метриках, способны привести к ошибочной аллокации ресурсов и потере конкурентных позиций. Наконец, организационная инерция и сопротивление изменениям внутри крупных энергетических корпораций замедляют внедрение новых управленческих практик, требуя последовательной работы по трансформации корпоративной культуры и перестройке систем мотивации. В данном контексте преодоление указанных ограничений возможно лишь при условии осознания ESG-трансформации как неотъемлемой части стратегического управления, а не как изолированного направления отчётности или маркетинга. Финансовые рынки и инструменты зелёного финансирования выступают важным драйвером данного процесса, поскольку развитие ESG-критериев инвестиционной деятельности, стандартизация нефинансовой отчётности и внедрение прозрачных механизмов оценки экологических и социальных проектов позволяют компаниям привлекать целевой капитал на более выгодных условиях,

снижая средневзвешенную стоимость капитала и укрепляя доверие со стороны институциональных инвесторов [2].

Стратегическая устойчивость достигается последовательной интеграцией ESG-критериев на всех этапах стратегического цикла. Энергетические компании, выстроившие эффективные механизмы адаптации к природным и техногенным рискам, получают существенные преимущества: расширенный доступ к долгосрочному капиталу, укрепление деловой репутации и снижение стоимости финансирования. В условиях глобального энергоперехода именно ESG-ориентированная устойчивость становится ключевым дифференциатором, позволяющим не только нивелировать каскадные угрозы, но и извлекать выгоду из структурных изменений рынка. Долгосрочная конкурентоспособность сектора будет зависеть от готовности менеджмента инвестировать в адаптационные инструменты и формировать гибкие организационные структуры, способные к непрерывному развитию. Таким образом, ESG-трансформация представляет собой не конечный результат, а непрерывный стратегический процесс, требующий регулярного пересмотра приоритетов, укрепления управленческих компетенций и формирования культуры ответственного лидерства, ориентированного на создание устойчивой ценности в условиях высокой неопределённости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегическое управление устойчивым развитием экономики в новой реальности: монография / Р.И. Акмаева, Н.В. Афанасьева, А.В. Бабкин [и др.]; под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина. Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. 752 с.

2. Устойчивое развитие (ESG): финансы, экономика, промышленность: материалы IV Национальной науч.-практ. конф. с межд. участ. (Санкт-

Петербург, 19–20 октября 2023 г.) / под науч. ред. Е.А. Синцовой [и др.]; С.-Петерб. ун-т технол. упр. и экон. – Санкт-Петербург: Астерион, 2023. – 510 с.

3. Марголин А.М. Риски, вызовы и механизмы ESG-трансформации систем управления / А.М. Марголин, И.В. Вякина // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2022. № 3. URL: https://clck.ru/3TNrnz (дата обращения: 30.04.2026).

4. Рябова М.И. Особенности стратегий российских нефтегазовых компаний в условиях энергетического перехода // Вестник МГИМО. 2023. № 1. URL: https://clck.ru/3TNrn7 (дата обращения: 30.04.2026).

5. Фатеева Т.Н. Влияние ESG-трансформации на финансовую устойчивость и рыночную стоимость российских компаний топливно-энергетического комплекса: анализ интегрированной отчетности / Т.Н. Фатеева, А.В. Шершкина // Экономические науки. 2026. № 2 (255).

© Латфуллина Г.Э., Уразбахтина Л.Р., 2026

УДК 336.7

Уразбаева В.Р., Кальсин Н.А.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Российская Федерация
e-mail: kalsin.nikita@bk.ru

ESG-ТРАНСФОРМАЦИЯ КРЕДИТНОГО ПОРТФЕЛЯ В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОМОБИЛЬНОСТИ

Аннотация. В статье представлен анализ интеграции ESG-принципов в российский банковский сектор: авторы исследуют стратегии крупнейших финансовых институтов, включая Сбербанк, ВТБ и Совкомбанк. Особое внимание уделяется нормативно-правовым основам, таксономии ESG-банкинга и барьерам (санкции, нехватка унификации данных), с которыми сталкиваются банки. На основе анализа отчетности и проектов выявлено постепенное

формирование комплексных ESG-стратегий в России, а также предложены пути совершенствования регулирования.
Ключевые слова: ESG, устойчивое финансирование, зеленые облигации, зеленые кредиты, зеленый переход, зеленое кредитование.

Urazbaeva V.R., Kalsin N.A.
Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation

ESG-TRANSFORMATION OF THE LOAN PORTFOLIO IN THE FIELD OF ELECTRIC MOBILITY

Abstract. The article presents an analysis of the integration of ESG principles into the Russian banking sector: the authors explore the strategies of major financial institutions, including Sberbank, VTB and Sovcombank. Particular attention is paid to the regulatory framework, ESG banking taxonomy, and barriers (sanctions, lack of data unification) faced by banks. Based on the analysis of reports and projects, the gradual formation of integrated ESG strategies in Russia has been revealed, and ways to improve regulation have been proposed.
Keywords: ESG, sustainable financing, green bonds, green loans, green transition, green lending.

Глобальная климатическая повестка и международные обязательства по достижению углеродной нейтральности к 2050-2060 годам формируют новый тренд в развитии финансового сектора - ESG-трансформацию банковской деятельности, данный тренд также наблюдается в сфере образования [1]. Российская банковская система, исторически ориентированная на кредитование сырьевых отраслей, сталкивается с необходимостью пересмотра подходов к формированию кредитного портфеля. Актуальность исследования обусловлена

возрастающим давлением со стороны регуляторов, инвесторов и международных партнеров, требующих раскрытия нефинансовой отчетности и снижения углеродного следа. При этом российские банки находятся в специфических условиях: сохраняется зависимость экономики от экспорта углеводородов, в то же время формируется запрос на финансирование «зеленых» проектов, включая развитие электромобильной инфраструктуры и возобновляемой энергетики. Настоящее исследование направлено на выявление текущих практик, проблем и перспектив замещения «коричневых» кредитов «зеленым» финансированием в деятельности ведущих российских банков.

Для достижения поставленной цели использовался комплекс методов. Проведен контент-анализ публичной отчетности и ESG-стратегий трех крупнейших российских банков - ПАО «Сбербанк», ПАО «Банк ВТБ» и ПАО «Совкомбанк» - за период 2022-2025 гг; выполнен сравнительный анализ структуры кредитных портфелей указанных банков с выделением доли кредитования «коричневых» (угольная, нефтегазовая отрасли) и «зеленых» (электромобильность, зарядная инфраструктура, ВИЭ) секторов; проанализированы нормативно-правовые акты Банка России и инициативы в области регулирования ESG-банкинга. Отдельное внимание уделено изучению санкционных ограничений, влияющих на возможность раскрытия информации и привлечения иностранного «зеленого» капитала.

Анализ структуры кредитных портфелей крупнейших российских банков выявил противоречивую динамику. Доля кредитования угольной и нефтегазовой отраслей сохраняется на высоком уровне - совокупный объем «коричневых» кредитов в портфелях топ-10 банков составляет порядка 15-20% от корпоративного кредитования. При этом наблюдается постепенное ужесточение условий финансирования для наиболее углеродоемких проектов. В Сбербанке с 2023 года действует внутренняя методика оценки углеродного следа заемщика, что влияет на стоимость кредита. ВТБ внедрил систему «ESG-кошелька»,

позволяющую клиентам получать более выгодные условия при соответствии критериям устойчивости.

С другой стороны, темпы роста «зеленого» кредитования демонстрируют положительную динамику. Совкомбанк, интегрировавший ESG-принципы после приобретения «Хоум Банка», запустил линейку продуктов для финансирования электромобилей и зарядной инфраструктуры. Объем выданных «зеленых» кредитов в 2024 году вырос на 40% по сравнению с 2023 годом, но доля таких кредитов в общем портфеле не превышает 3-5%.

Важным результатом анализа является выявление ключевых барьеров для ESG-трансформации. Во-первых, санкционные ограничения 2022-2025 гг. привели к тому, что Банк России продлил до конца 2026 года право кредитных организаций не раскрывать чувствительную информацию, в том числе о структуре собственности и финансовой отчетности по МСФО [2]. Это создает дефицит прозрачных данных для оценки реального прогресса в замещении «коричневых» кредитов. Во-вторых, отсутствие унифицированной национальной таксономии «зеленых» проектов затрудняет сравнение показателей разных банков и создает риски «гринвошинга». В-третьих, сохраняется проблема ограниченного предложения банковских проектов в сфере электромобильности, что связано как с недостаточным развитием соответствующей инфраструктуры, так и с высокой капиталоемкостью таких проектов.

Сравнительный анализ международного опыта показывает, что российские банки существенно отстают от европейских и китайских аналогов по доле «зеленых» кредитов в портфелях. В ЕС под влиянием требований Таксономии ЕС и стресс-тестов ЕЦБ доля устойчивого финансирования в крупнейших банках достигает 15-25 %. Китайские банки, поддерживаемые государственными программами развития «новой энергетики», также демонстрируют опережающую динамику. В свою очередь, российские банки

сохраняют потенциал для развития за счет нишевых сегментов – финансирования производства электромобилей (проекты «Москвич», «Evolute»), развития зарядной инфраструктуры (совместные программы с ПАО «Россети») и реализации механизмов концессии, к которым Банк России применяет пониженный риск-вес.

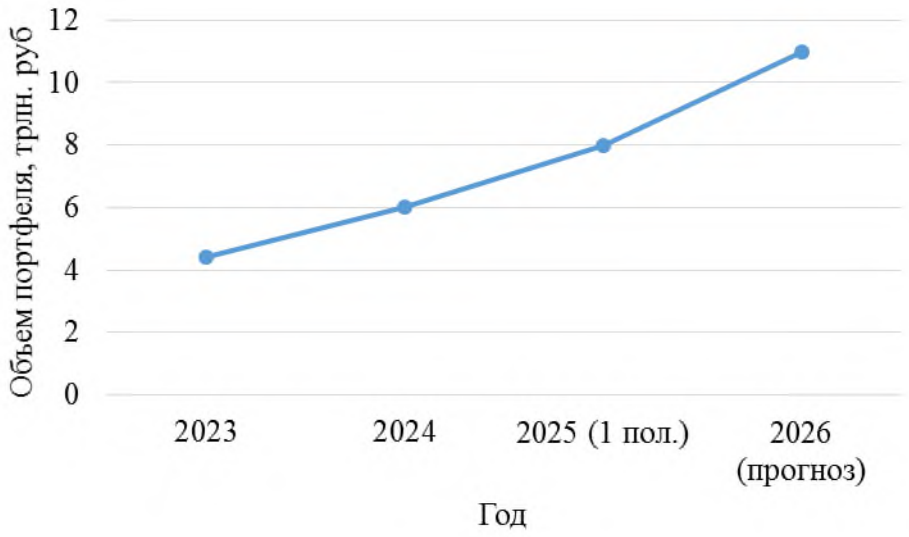


Рис. 1. Динамика роста ESG-кредитного портфеля в России (2023-2026 гг.) [3-6]

Как видно на рис. 1 за период с 2023 по 2026 год (прогноз) наблюдается устойчивый восходящий тренд роста ESG-кредитного портфеля российских банков. За период 2023–2025 гг. объем вырос в 1,5 раза, достигнув 8 трлн. руб. к середине 2025 года [5]. Прогнозируемый рост до 11 трлн. руб. к 2026 [6] году свидетельствует об ускорении темпов роста кредитного порфтеля. Данная динамика объясняется регуляторными стимулами Банка России – снижение риск-весов по «зеленым» проектам на 10-50 процентных пунктов, формированием национальной таксономии зеленых проектов (7 приоритетных направлений) и растущим спросом со стороны корпоративных заемщиков на ESG-продукты.

Таким образом, в работе выполнен анализ текущего состояния ESG-трансформации кредитных портфелей российских банков, выявлены основные

стратегии замещения «коричневых» кредитов «зеленым» финансированием, а также определены ключевые барьеры и перспективные направления развития. Полученные результаты свидетельствуют о постепенном формировании комплексных ESG-стратегий в российском банковском секторе. Для ускорения процесса замещения углеродоемких активов необходима разработка национальной таксономии «зеленых» проектов, создание системы налоговых и регуляторных стимулов, а также внедрение передовых инструментов оценки климатических рисков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахметова Э.Т., Нафикова Э.В. ESG-политики вузов России // Экологические чтения–2024: сборник материалов XV Национальной научно-практической конференции, Омск, 04–05 июня 2024 года. Омск: Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, 2024. С. 796-802.

2. Меры поддержки банков в 2026 году: временное продление и интеграция в регулирование: пресс-релиз от 02.12.2025 / Центральный банк Российской Федерации. – URL: https://www.cbr.ru/press/PR/?file=639002647276728259BANK_SECTOR.htm (дата обращения: 02.04.2026).

3. ESG-портфель российского банковского сектора: бремя первых: исследование / Аналитическое кредитное рейтинговое агентство (АКРА). Москва, 2024. URL: https://clck.su/VAgPc (дата обращения: 24.04.2026).

4. Финансирование в повестке: откуда взять деньги на ESG-проекты?: аналитический обзор / Национальное рейтинговое агентство. Москва, 2025. URL: https://rusbonds.ru/rb-docs/analytics/NRA_Analytics_26_02_2025_1_.pdf (дата обращения: 24.04.2026).

5. «Эксперт РА»: ESG-кредитование растет, но его структура меняется // Ведомости: сетевое издание. 2025. 4 декабря. URL:

https://www.vedomosti.ru/esg/green_finance/news/2025/12/04/1160368-ekspert-ra-struktura-menyaetsya (дата обращения: 24.04.2026).

6. «Эксперт РА»: Устойчивые финансы пошли в рост / АО «Эксперт РА». – Москва, 2025. URL: https://raexpert.ru/researches/publications/kommersant_dec16_2025/ (дата обращения: 24.04.2026).

© Уразбаева В.Р., Кальсин Н.А., 2026

УДК 338.48:504.064

Усов Е.С., Стрельцова Я.А.

Национальный университет ИТМО, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

e-mail: wertigo157@mail.ru

ESG-ТРАНСФОРМАЦИЯ МАССОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ, СОЦИАЛЬНЫЕ И УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Аннотация. В статье рассмотрены теоретические и практические аспекты внедрения ESG-принципов в организацию массовых мероприятий. Проанализированы экологические, социальные и управленческие факторы, определяющие устойчивость событийной индустрии в условиях природных и техногенных рисков. На основе российского и зарубежного опыта выделены ключевые направления ESG-трансформации: декарбонизация, ресурсосбережение, социальная ответственность и корпоративное управление. Сформулированы практические рекомендации по интеграции ESG-критериев в ивент-менеджмент.

Ключевые слова: ESG-трансформация, массовые мероприятия, устойчивое развитие, событийная индустрия, экологическая ответственность, природные и техногенные риски.

Usov E.S., Streltsova Ya.A.
ITMO University, Saint Petersburg, Russian Federation

ESG-TRANSFORMATION OF MASS EVENTS: ENVIRONMENTAL, SOCIAL AND GOVERNANCE ASPECTS

Abstract. The article discusses theoretical and practical aspects of implementing ESG principles in the organization of mass events. Environmental, social and governance factors determining the sustainability of the event industry under natural and man-made risks are analyzed. Based on Russian and foreign experience, key areas of ESG transformation are identified: decarbonization, resource conservation, social responsibility and corporate governance. Practical recommendations for integrating ESG criteria into event management are formulated.
Keywords: ESG-transformation, mass events, sustainable development, event industry, environmental responsibility, natural and man-made risks.

В условиях нарастания глобальных экологических вызовов и усиления техногенной нагрузки событийная индустрия сталкивается с необходимостью системной трансформации. Проведение крупных деловых, культурных и спортивных мероприятий сопряжено с высокими рисками для окружающей среды и общества: рост углеродных выбросов, образование значительных объемов отходов, повышенное потребление энергоресурсов, а также социальные риски, включая неравенство доступа и безопасность участников. ESG-трансформация становится стратегическим инструментом устойчивого развития, обеспечивая сбалансированный учет экологических, социальных и управленческих факторов при принятии решений [1].

Целью работы является анализ применения ESG-подхода к организации массовых мероприятий, выявление ключевых факторов устойчивости и

разработка практических рекомендаций для компаний-организаторов в условиях природных и техногенных рисков.

Экологическая составляющая массовых мероприятий охватывает широкий круг вопросов – от углеродного следа до управления отходами и ресурсоэффективности. Крупные события генерируют значительные выбросы CO_2. Только транспортная логистика и энергопотребление площадок ответственны за 60-70 % суммарного углеродного следа. В связи с этим декарбонизация мероприятий становится приоритетной задачей. Развитие «зеленых» стандартов и оптимизация логистических маршрутов позволяют снизить углеродный след на 20-30 % уже на начальных этапах трансформации [2].

Зарубежный опыт подтверждает эффективность таких мер: при подготовке крупных международных событий всё чаще применяются национальные экологические планы, предусматривающие переход на светодиодное освещение, «умные» системы управления энергопотреблением и кейтерингом, а также приоритет местных поставщиков. В российской практике показателен Петербургский международный экономический форум, где организован раздельный сбор мусора, сокращён бумажный документооборот и используется вторсырьё для сувенирной продукции.

Практические шаги по ресурсосбережению требуют системного подхода к организационному регламентированию. Как показано в исследованиях уже на подготовительном этапе мероприятия целесообразно внедрять такие меры, как установка аэраторов на краны, отказ от избыточных декораций, переход на электронный документооборот и предварительный опрос участников о пищевых предпочтениях для минимизации отходов [3]. При организации питания приоритет следует отдавать многоразовой посуде и продукции местных производителей, что одновременно сокращает логистический след и поддерживает региональную экономику. Внедрение инфраструктуры

раздельного сбора отходов и компостирования органической фракции позволяет перевести мероприятие на принципы циркулярной экономики, существенно снижая экологический след.

Социальный аспект ESG-трансформации предполагает учет интересов всех заинтересованных сторон - участников мероприятий, местных сообществ, персонала и подрядчиков. Массовые мероприятия обладают потенциалом как позитивного, так и негативного воздействия на социальную сферу. С одной стороны, они создают временные рабочие места, способствуют развитию туристической инфраструктуры и привлекают инвестиции в регионы. С другой - могут усиливать социальное неравенство, ограничивать доступ к городским пространствам и создавать неудобства для жителей.

Особое значение социальная ответственность приобретает в контексте обеспечения безопасности участников в условиях природных и техногенных рисков. Пандемия COVID-19 и участившиеся экстремальные погодные явления актуализировали необходимость разработки протоколов быстрого реагирования, обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия и доступности мероприятий для маломобильных групп населения. Современный ивент-менеджмент должен обеспечивать инклюзивность – физическую, информационную и экономическую доступность событий [1].

Внедрение социальных ESG-факторов также включает повышение квалификации персонала, соблюдение трудовых прав временных работников, прозрачность взаимодействия с поставщиками и благотворительные инициативы. Как показывают исследования, компании, активно реализующие социальные программы, получают конкурентное преимущество за счет повышения лояльности участников и укрепления деловой репутации [4].

Таблица 1

Меры ESG-трансформации массовых мероприятий

Мера	Источник
E (Экология)	
Организация раздельного сбора отходов (пластик, бумага, стекло, алюминий, органические отходы); установка контейнеров с четкой маркировкой	Стрельцова, Усов, Петров
Предварительный опрос участников о пищевых предпочтениях и выбор многоразовой посуды для сокращения пищевых отходов	Стрельцова, Усов, Петров
Использование полиграфической и мерчевой продукции из переработанных или перерабатываемых материалов (бумага с сертификацией FSC, хлопковые ланьярды, отказ от ламинирования)	Стрельцова, Усов, Петров
Отказ от лишних декораций (например, воздушных шаров), установка аэраторов на краны, переход на электронный документооборот	Стрельцова, Усов, Петров
Комплексная переработка промышленных и коммунальных отходов, компостирование органической фракции, передача пригодных материалов местным сообществам	Стрельцова, Усов, Петров
S (Социальная ответственность)	
Обеспечение инклюзивности участников: физическая, информационная и экономическая доступность, учет потребностей маломобильных групп	Семенова
Повышение квалификации персонала и волонтеров, соблюдение трудовых прав временных работников, прозрачность взаимодействия с поставщиками	Семенова; Измайлов, Пупенцова
Поддержка местных сообществ: создание временных рабочих мест для жителей региона, закупки у местных производителей, развитие туристической инфраструктуры	Замятина, Тишков
Благотворительные инициативы и социальные программы, повышающие лояльность участников и укрепляющие деловую репутацию	Замятина, Тишков
G (Корпоративное управление)	
Внедрение процессной модели управления экологизацией на основе цикла непрерывного улучшения PDCA (Plan-Do-Check-Act) на четырех временных горизонтах: стратегическом, тактическом, операционном и аналитическом	Стрельцова, Усов, Петров
Разработка и публикация публичной нефинансовой отчетности (ESG-отчета) с раскрытием экологических, социальных и управленческих показателей	Семенова ; Измайлов, Пупенцова
Формирование ESG-стратегии, утверждение экологической миссии и ключевых показателей эффективности (KPI), назначение ответственных за ESG-трансформацию	Измайлов, Пупенцова

Окончание табл. 1

Применение национального стандарта ГОСТ Р ИСО 20121-2014, основанного на международном стандарте ISO 20121 и включающего требования к инклюзивности, ответственному руководству и прозрачности	ISO 20121:2012/2024
Цифровизация ESG-процессов: онлайн-калькуляторы углеродного следа, платформы для автоматизированной оценки устойчивости, системы big data для мониторинга потребления ресурсов	Измайлов, Пупенцова

Источник: составлено авторами на основе данных

Управленческий аспект является интегрирующим элементом ESG-трансформации, обеспечивающим системность и последовательность внедрения экологических и социальных принципов. Качественное корпоративное управление подразумевает прозрачность отчетности, эффективный риск-менеджмент и вовлеченность высшего руководства в повестку устойчивого развития. Применительно к массовым мероприятиям управленческие факторы реализуются через разработку ESG-стратегий, внедрение систем мониторинга и оценки результативности, а также формирование публичной нефинансовой отчетности.

Особую значимость имеет использование процессного подхода, позволяющего интегрировать экологические требования в каждый этап жизненного цикла события, обосновывая применение цикла непрерывного улучшения PDCA в управлении экологизацией мероприятий, выделяя четыре временных горизонта управления: стратегический, тактический, операционный и аналитический [3]. На стратегическом уровне утверждаются экологическая миссия и ключевые показатели эффективности, на тактическом - детализируются планы управления отходами и выбора «зеленых» поставщиков, на операционном - осуществляется контроль раздельного сбора и экопросвещение гостей в реальном времени, на аналитическом - публикуется ESG-отчет и актуализируются стандарты для последующих событий.

Международные и национальные стандарты, в частности ГОСТ Р ИСО 20121-2014, разработанный на основе ISO 20121 и вобравший в себя лучшие мировые практики, остаются эталоном ответственного управления событиями. Этот стандарт применяется площадками, стремящимися соответствовать ESG-критериям, и содержит конкретные требования к инклюзивности, соблюдению этических норм и прозрачности [5]. Цифровизация выступает катализатором управленческих изменений: онлайн-калькуляторы углеродного следа, платформы для автоматизированной оценки устойчивости мероприятий и системы big data для мониторинга потребления ресурсов позволяют организаторам принимать обоснованные решения и оперативно корректировать стратегию в условиях неопределённости [2].

Проведенный анализ позволяет сформулировать следующие выводы. Во-первых, ESG-трансформация массовых мероприятий является объективной необходимостью, продиктованной усилением природных, социальных и техногенных рисков. Во-вторых, экологическая устойчивость мероприятий достигается комплексом мер, включающих декарбонизацию, ресурсо- и энергосбережение, управление отходами и переход к циркулярной модели организации событий. В-третьих, социальная ответственность проявляется в обеспечении инклюзивности, поддержке местных сообществ и повышении уровня безопасности участников. В-четвертых, качественное корпоративное управление создает организационный фундамент для системной ESG-трансформации, опираясь на процессный подход, международные и национальные стандарты, цифровые инструменты и прозрачную отчетность. Практическая реализация рассмотренных принципов, включая предложенную в работе процессную модель PDCA и механизмы взаимодействия со стейкхолдерами, позволяет перевести событийную индустрию на траекторию устойчивого развития и внести вклад в достижение национальной цели «Экологическое благополучие».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенова Н.Н. ESG-трансформация российских компаний в интересах устойчивого развития // Экономика. Налоги. Право. 2023. № 3. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/esg-transformatsiya-rossiyskih-kompaniy-v-interesah-ustoychivogo-razvitiya (дата обращения: 23.04.2026).

2. Измайлов М.К., Пупенцова С.В. ESG-трансформация в России как инструмент стратегического развития // Экономика и экологический менеджмент. 2024. № 4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/esg-transformatsiya-v-rossii-kak-instrument-strategicheskogo-razvitiya (дата обращения: 25.04.2026).

3. Стрельцова Я.А. Управление экологизацией мероприятий через организационные механизмы / Я.А. Стрельцова, Е.С. Усов, Ю.В. Петров // Научный журнал «Менеджер». 2026. № 1 (115). С. 35-53.

4. Замятина М.Ф., Тишков С.В. ESG-факторы в стратегиях компаний и регионов России и их роль в региональном инновационном развитии // Вопросы инновационной экономики. 2022. № 1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/esg-faktory-v-strategiyah-kompaniy-i-regionov-rossii-i-ih-rol-v-regionalnom-innovatsionnom-razvitii (дата обращения: 27.04.2026).

5. ГОСТ Р ИСО 20121-2014. Системы менеджмента устойчивого развития. Требования и практическое руководство по менеджменту устойчивости событий. Москва: Стандартинформ, 2015. 34 с.

© Усов Е.С., Стрельцова Я.А., 2026

УДК 330.15

Кирянина В.А.[1], Марьясин Д.А.[2], Яценко Н.В.[1]

[1]Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва, Российская Федерация

[2]МГИМО МИД России, г. Москва, Российская Федерация

email: 1132226300@rudn.ru

РЫНКИ УГЛЕРОДНЫХ И ПРИРОДНЫХ ЕДИНИЦ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ, ПРОБЛЕМ И ПЕРСПЕКТИВ В РОССИИ

Аннотация. Проведён сравнительный анализ углеродного рынка России и формирующихся глобальных рынков биоразнообразных кредитов. Выявлен структурный дисбаланс российского углеродного рынка: предложение углеродных единиц многократно превышает спрос при отсутствии жёстких ограничений на выбросы. Глобальный кризис доверия к углеродным кредитам обусловлен системными проблемами (отсутствие дополнительности, непостоянство, утечки). В противовес этому рынки кредитов биоразнообразия, основанные на территориально-привязанных результато-ориентированных подходах (кейс Terrasos), демонстрируют высокий потенциал.

Ключевые слова: углеродные единицы, кредиты биоразнообразия, климатические проекты, парниковые выбросы, рыночные механизмы, верификация результатов, рекультивация земель.

Kiryanina V.A.[1], Maryasin D.A.[2], Yatsenko N.V.[1]

[1]Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russian Federation

[2]MGIMO University of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

CARBON AND NATURAL MARKETS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF MECHANISMS, PROBLEMS, AND PROSPECTS IN RUSSIA

Abstract. A comparative analysis of the Russian carbon market and emerging global biodiversity credit markets is conducted. A structural imbalance of the Russian carbon market is revealed: supply of carbon units far exceeds demand due to the absence of stringent emission caps. The global trust crisis in carbon credits stems from systemic issues (lack of additionality, non-permanence, leakage). In contrast, biodiversity credit markets based on place-based, outcome-oriented approaches (the Terrasos case) demonstrate high potential.

Keywords: carbon units, biodiversity credits, climate projects, greenhouse gas emissions, market mechanisms, outcome verification, land reclamation.

Формирование рыночных механизмов регулирования выбросов парниковых газов стало одним из ключевых трендов глобальной климатической политики последнего десятилетия. Российская Федерация, следуя международным обязательствам в рамках Парижского соглашения и принятой в 2021 году Стратегии социально-экономического развития с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года, приступила к созданию национальной системы углеродного регулирования. Ключевым элементом этой системы стал запуск рынка углеродных единиц, призванного стимулировать реализацию

климатических проектов, направленных на сокращение (предотвращение) выбросов или увеличение поглощения парниковых газов [1].

Нормативной основой для функционирования рынка выступил Федеральный закон от 2 июля 2021 г. № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов», а также подзаконные акты, включая Постановление Правительства РФ № 790, утвердившее правила создания и ведения реестра углеродных единиц [3]. Углеродная единица, определённая как верифицированный результат реализации климатического проекта, эквивалентный 1 тонне CO_2, получила статус нового экономического инструмента, потенциально способного к обращению на организованных торгах и последующей цифровизации. К августу 2024 года в реестре было зарегистрировано 35 климатических проектов, а в обращение выпущено более 32,7 млн углеродных единиц.

Однако, как показывают исследования последних лет, формирование российского углеродного рынка столкнулось с системными проблемами. Главная из них – значительный дисбаланс между растущим предложением углеродных единиц и крайне низким спросом на них [2]. Причинами этого являются отсутствие жёстких ограничений на выбросы для большинства компаний, а также недостаточная интеграция российских единиц в международные механизмы.

Российский рынок углеродных единиц представляет собой экономический механизм сокращения выбросов парниковых газов, основанный на добровольной реализации климатических проектов. Его архитектура включает национальный реестр углеродных единиц, систему верификации результатов климатических проектов и инфраструктуру биржевых торгов. К августу 2025 года в реестре зарегистрировано 68 климатических проектов с общим потенциалом выпуска свыше 91 млн. углеродных единиц, при этом 34,3 млн. единиц уже находятся в обращении. Параллельно в рамках Сахалинского климатического эксперимента (с 2022 года) апробируется механизм

квотирования выбросов, где единицы выполнения квот торгуются на биржевых аукционах [2].

С начала 2021 года рынок столкнулся с системным кризисом доверия. В первом полугодии 2025 года 95% совокупного спроса сформировали региональные регулируемые организации – участники Сахалинского эксперимента, тогда как добровольный спрос со стороны корпоративных покупателей остается минимальным [1].

Глобальный контекст усугубляет проблему. На добровольных углеродных рынках мира зафиксирована «девальвация доверия»: анализ показывает, что менее 16% углеродных кредитов представляют реальные сокращения выбросов. Методологии проектов систематически переоценивают поглощение углерода, а принцип дополнительности часто нарушается – проекты реализуются и без продажи кредитов. В результате качественные офсеты на глобальном рынке стали дефицитом, а низкокачественные кредиты, особенно в сегменте избегания выбросов (лесные проекты, возобновляемая энергетика), фактически превратились в «мусорные» активы, подрывая доверие инвесторов и регуляторов [4].

Мировое сообщество прошло длительный путь в поисках эффективных рыночных инструментов охраны природы – от глобальных углеродных единиц до локальных банков местообитаний и национальных программ платежей за экосистемные услуги. Анализ этой эволюции дает не только успешные кейсы для подражания, но и четкое понимание системных ошибок, которые необходимо учитывать при проектировании новых инструментов [1].

Рынок углеродных кредитов, возникший как реакция на Киотский протокол, был построен на идее стандартизации: тонна эквивалента CO_2 стала глобальной единицей измерения, сделавшей сокращение выбросов товаром. Однако к середине 2020-х годов этот рынок столкнулся с беспрецедентным кризисом доверия. Исследования показывают, что большинство проектов не обеспечивают заявленного сокращения выбросов, а ключевые проблемы носят системный характер и не могут быть решены точечными реформами [4].

Аналитики выделяют системные проблемы углеродного рынка: отсутствие дополнительности (additionality) – проекты реализуются и без финансирования; непостоянство результатов (permanence) – леса гибнут в пожарах; утечки (leakage) – защита одной территории ведёт к вырубке другой; двойной учет, когда снижение выбросов засчитывают и продавец, и покупатель [4].

Закономерным результатом стало разочарование бизнеса: компании все меньше полагаются на углеродные единицы как на инструмент реализации климатических обязательств. Исследователи призывают отказаться от схем, не связанных с активным удалением CO_2 из атмосферы, и вместо «нейтрализации» выбросов переходить к модели «вкладов», где компании инвестируют в климатические решения без права считать себя углеродно-нейтральными [1].

Ключевой урок, извлеченный из этого кризиса, заключается в фундаментальном различии подходов. Как показано в таблице 1, биоразнообразие, в отличие от углерода, не взаимозаменяемо – уникальный видовой состав, почвенные условия и гидрологический режим конкретного участка нельзя просто «заменить» аналогичным проектом за сотни километров. Именно это различие делает необходимым создание инструментов, привязанных к конкретной территории и конкретному результату [4].

Таблица 1

Сравнительный анализ углеродных и кредитов биоразнообразия

Параметр	Углеродные кредиты	Кредиты биоразнообразия (на примере Terrasos)
Базовая единица	1 тонна CO_2-эквивалента	10 м² территории под охраной (30 лет)
Взаимозаменяемость	Глобальная	Локальная
Главный риск	Непостоянство (лес сгорел)	Утрата уникального местообитания
Верификация	Дистанционное зондирование + полевые замеры	Фотоловушки, ГИС, биоакустика, учет видов

Таким образом, эволюция природно-ориентированных механизмов привела к пониманию необходимости территориально-привязанных решений,

которые и стали основой формирующихся рынков кредитов биоразнообразия [5].

Кредиты биоразнообразия представляют собой инновационные финансовые инструменты, предназначенные для финансирования измеримых результатов в области сохранения и восстановления экосистем [4]. В отличие от углеродных единиц, они решают принципиально иную задачу: не глобальное сокращение выбросов, а сохранение уникальных местообитаний, видового состава и экологических связей на конкретной территории. Ключевая проблема, которую решают такие рынки, – отсутствие экономических стимулов для долгосрочной охраны биоразнообразия. Традиционные механизмы (государственные ООПТ, гранты) не справляются с масштабом угроз: чрезмерной эксплуатацией ресурсов, утрата местообитаний и изменение климата требуют привлечения частных инвестиций [5].

Наиболее зрелый пример территориально-привязанного подхода демонстрирует колумбийская компания Terrasos, основанная в 2014 году. Она разработала и внедрила Протокол выпуска добровольных единиц биоразнообразия, создав сеть специализированных банков местообитания – частных ООПТ, которые компании могут взять под свою «опеку». Базовая единица – Tebu (Terrasos Biodiversity Unit) – эквивалентна площади 10 квадратных метров территории, находящейся под долгосрочной охраной. Стандартный срок проекта составляет 30 лет, что сопоставимо с финансированием инфраструктурных проектов. Цена кредита зависит от экологической ценности территории: для розничных покупателей она составляет около 25 долларов США за 10 м² на 30 лет, при оптовых продажах цена за гектар варьируется от 12 000 до 17 000 долларов [5].

Ключевая особенность методологии Terrasos – результат-ориентированный подход. Кредиты поступают в продажу только после того, как независимые аудиторы подтвердят, что проект движется по плану и достигает

целей по сохранению биоразнообразия. На местах работают егеря и специалисты, ведущие учет животных с помощью фотоловушек и биоакустического анализа. Юридическая защита обеспечивается нотариально заверенными охранными обязательствами, а средства направляются в целевые фонды, гарантирующие использование средств на природоохранные цели на протяжении всего срока проекта. Прозрачность операций обеспечивается использованием блокчейн-платформы для фиксации всех транзакций и статусов кредитов [5].

Систематический анализ схем кредитов биоразнообразия по всему миру показывает стремительное развитие рынка: проекты охватывают значительные площади, а цены варьируются в широком диапазоне в зависимости от типа местообитания и методологии [4]. По прогнозам, глобальный рынок кредитов биоразнообразия в 2025 году оценивался в 740 млн. долларов, а к 2032 году достигнет 12,41 млрд. долларов при среднегодовом темпе роста 49,4% [6]. Это создает окно возможностей для интеграции подобных механизмов в российскую практику рекультивации нарушенных земель.

Таким образом, проведенный сравнительный анализ демонстрирует, что глобальный кризис доверия к углеродным рынкам, усугубленный структурным дисбалансом спроса и предложения в России, создает запрос на альтернативные механизмы финансирования природоохранной деятельности. Рынки кредитов биоразнообразия, основанные на территориально-привязанных решениях и результат-ориентированном подходе, предлагают методологию, свободную от фундаментальных проблем взаимозаменяемости, присущих углеродным единицам. Успешный опыт Terrasos в Колумбии подтверждает жизнеспособность модели, а прогнозируемый рост глобального рынка открывает для России окно возможностей. Интеграция принципов кредитов биоразнообразия в формирующуюся систему рекультивации нарушенных земель позволит не только привлечь внебюджетное финансирование, но и

создать прозрачные механизмы верификации долгосрочных экологических результатов, избежав ошибок, накопленных углеродным рынком [4-6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Burova A. et al. Transition to a low-carbon economy and its implications for financial stability in Russia // Emerging Markets Review. 2025. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1566014125001748 (дата обращения: 26.02.2026).
2. Kostikova E.G. Russian carbon market: legal framework, problems of development and digitalization // Current Issues of the State and Law. 2025. T. 9. № 2. C. 196-207.
3. Government Resolution No. 790 validating the Regulation for creating and maintaining a register of carbon units, as well as conducting transactions with carbon units in the register of carbon units [Электронный ресурс] // leap.unep.org. – URL: https://leap.unep.org/en/countries/ru/national-legislation/government-resolution-no-790-validating-regulation-creating-and (дата обращения: 26.02.2026).
4. Jones F.C., Smith E., Wang L. et al. Biodiversity credits schemes: a comparative analysis // Journal of Cleaner Production. 2025. Vol. 523. P. 146382. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652625017329 (дата обращения: 26.02.2026).
5. Terrasos. Interview in OPIS by Dow Jones: Eduardo del Valle, Manager of the Aguadulce Habitat Bank at Terrasos [Электронный ресурс]. 2025. URL: https://www.terrasos.co/en/interview-in-opis-by-dow-jones-eduardo-del-valle-manager-of-the-aguadulce-habitat-bank-at-terrasos/ (дата обращения: 26.02.2026).
6. Stratistics MRC. Biodiversity Credit Market Forecasts to 2032 [Электронный ресурс]. 2025. URL: https://www.gii.tw/report/smrc1876689-biodiversity-credit-market-forecasts-global.html (дата обращения: 26.02.2026).

© Кирянина В.А., Марьясин Д.А., Яценко Н.В., 2026

При подготовке электронного издания использовались следующие программные средства:

- Adobe Acrobat − текстовый редактор;
- Microsoft Word – текстовый редактор.

Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, репродукции или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.

Научное издание

**НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО
ДЛЯ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ
ТЕХНОГЕННЫМ УГРОЗАМ
И РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ
(ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ-2026)**

***Материалы
XXIII Международной научно-практической конференции
(г. Уфа, 15 мая 2026 г.)***

Научное электронное издание сетевого доступа

*За достоверность информации, изложенной в статьях,
ответственность несут авторы.
Статьи публикуются в авторской редакции*

Подписано к использованию 25.09.2026 г.
Гарнитура «Times New Roman». Объем 11,12 Мб.
Заказ 216.

*ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»
450008, Башкортостан, г. Уфа, ул. Карла Маркса, 12.*

Тел.: +7-908-35-05-007
e-mail: red@uust.ru