

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева
Российское химическое общество им. Д.И. Менделеева
Тульское отделение Российского химического общества им. Д.И. Менделеева
Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)
ТООО Научно-технический центр
ООО «ТУЛЬСКИЙ ДНТ»

ЭКОЛОГИЯ И ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

**IV ВСЕРОССИЙСКАЯ МОЛОДЁЖНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

Сборник докладов

Тула
Издательство ТулГУ
2025

УДК 504(062)
ББК 20.17я431
Э40

Рецензенты:

С. Н. Вольхин, д-р пед. наук, профессор, ректор АНО ДПО
«Академия профессионального развития»;

Е. М. Рылеева, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры охраны труда
и окружающей среды ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет».

Э 40 **Экология и техносферная безопасность** : сборник докладов по материалам
IV всероссийской молодёжной науч.-практич. конференции / под общ. ред.
В. М. Панарина ; техн. ред. Н. Н. Жукова, Л. П. Путилина. – Тула :
Изд-во ТулГУ, 2025. – 180 с.

ISBN 978-5-7679-5701-9

Целью проведения конференции является обмен опытом и укрепление связей между студентами, аспирантами, молодыми учеными для выявления новых направлений в решении теоретических и прикладных вопросов стратегии устойчивого развития и глобальных экологических проблем городов, экологии и охраны окружающей среды, энергии и чистых технологий, техносферной безопасности современного производства. В сборнике представлены материалы по данным направлениям, даны решения некоторых практических задач охраны окружающей среды и техносферной безопасности.

Материалы предназначены для научных сотрудников, преподавателей высших учебных заведений, аспирантов, студентов и специалистов, занимающихся проблемами экологии и техносферной безопасности.

Редакционная коллегия:

*академик РАН В. П. Мешалкин; проф., д.т.н. В. М. Панарин; доц., д.т.н.
А. А. Маслова; проф., д.т.н. Л. Э. Шейнкман, доц., к.т.н. А. Е. Коряков.*

УДК 504(062)
ББК 20.17я431

ISBN 978-5-7679-5701-9

© Авторы докладов, 2025
© Издательство ТулГУ, 2025

СТРАТЕГИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРОДОВ

ТРЕТИЙ ПРИМОРСКИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФОРУМ: УСПЕШНЫЙ ОПЫТ ИНТЕГРАЦИИ ЭКСПЕРТОВ И СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ, ОБУЧЕНИЯ И ПРОСВЕЩЕНИЯ

С.Б. Ярусова¹, А.М. Смышляев², Н.В. Иваненко¹

¹ Владивостокский государственный университет,
г. Владивосток

² Информационно-методический центр «Тихоокеанский Проект»,
г. Владивосток

***Аннотация.** В работе приведен опыт работы Краевой межведомственной комиссии по экологическому образованию, просвещению и воспитанию экологической культуры в Приморском крае в процессе интеграции субъектов экологического образования и просвещения. Проанализированы итоги 3-го Приморского экологического форума экспертов и специалистов в области экологического воспитания, образования и просвещения (15.05.2024 г.).*

К важным формам работы организаций, занимающихся вопросами экологического образования и экологического просвещения, относятся организация экологических мероприятий, информирование населения об экологических проблемах и путях их решения, формирование экологического сознания.

В усилении интеграции всех субъектов экологического образования и просвещения следует отметить в Приморском крае ведущую роль Краевой межведомственной комиссии по экологическому образованию, просвещению и воспитанию экологической культуры в Приморском крае [1].

Комиссия имеет успешный опыт организации Приморских экологических форумов в 2022 г. (15.04.2022 г. и 14.12.2022 г.) и 2024 г. (15.05.2024 г.) и Приморской экологической конференции в 2023 г. Эти крупные экологические мероприятия объединили не только членов Краевой межведомственной комиссии по экологическому образованию, просвещению и воспитанию экологической культуры в Приморском крае. Важно, что в них участвовали и представители региональных органов власти и местного самоуправления, общественных объединений, природоохранных и социально ориентированных некоммерческих организаций, учреждений образования, науки и культуры, государственных и частных предприятий, эксперты и специалисты различного уровня в вопросах экологического воспитания, образования и просвещения, педагоги общего и дополнительного образования Приморского края, экологические инициативные группы и активисты, деятельность которых связана с различными аспектами, касающимися вопросов развития

экологического образования и повышения экологической культуры, а также представители СМИ [2, 3].

В работе 3-го Приморского экологического форума экспертов и специалистов в области экологического воспитания, образования и просвещения (15.05.2024 г.) приняли участие более 130 представителей научного сообщества, независимых экспертов и эко-активистов в вопросах экологического воспитания, образования и просвещения, преподавателей и специалистов высших, средних и дошкольных образовательных учреждений Приморского края, студентов высших и средних учебных заведений, руководителей и специалистов органов исполнительной и законодательной власти Приморского края, органов местного самоуправления и средств массовой информации.

На экофоруме представлено около 30 докладов, касающихся: мер по повышению уровня экологического образования, экологического просвещения и экологической культуры в Приморском крае; основных итогов реализации экологических проектов; грантовой поддержки социально ориентированных некоммерческих организаций, реализующих экологические проекты в Приморском крае; проблем и перспектив развития системы безопасного обращения с отходами производства и потребления, а также популяризации раздельного сбора твердых коммунальных отходов; исследовательской работы со школьниками; сохранения диких животных; основных итогов экологической акции: «Месячник экологического воспитания, образования и просвещения в Приморском крае» и др. [4].

Ежегодно в мероприятиях Краевой межведомственной комиссии по экологическому образованию, просвещению и воспитанию экологической культуры в Приморском крае принимают активное участие ученые из ВВГУ, ДВФУ и академических институтов ДВО РАН [5]. Третий экофорум не стал исключением – представители Владивостокского государственного университета и Дальневосточного федерального университета выступили с докладами, затрагивающими вопросы профессиональной подготовки бакалавров и магистров экологического профиля в вузах Дальнего Востока, оценки экологической компетентности студентов среднего профессионального образования, доступности экологической информации для населения, развития проекта «Вузэкофест» и образования студентов в области устойчивого развития, практик «зеленых» вузов России и др. В работе Приморских экофорумов принимают участие и непосредственно студенты региональных вузов.

Результаты своей работы представили Краевое методическое объединение педагогических работников Приморского края (КМО) (деятельность сообщества; образовательные практики, образовательные экологические события в Приморском крае) и Приморское краевое отделение Российской экологической академии.

Свой собственный экопросветительский опыт традиционно осветили Ботанический сад-институт ДВО РАН, ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, Детский технопарк «Кванториум», ОИАК РГО, КГУП «Приморский экологический оператор», ФГБОУ «ВДЦ «Океан», Приморский океанариум.

В рамках Третьего экофорума в целях предоставления возможности предпринимателям малого и среднего бизнеса поделиться опытом, результатами, и способами внедрения в своих организациях программ устойчивого развития, в том числе в рамках ESG-повестки», впервые прошел круглый стол «Бизнес и устойчивое развитие».

Организация подобных мероприятий обеспечивает эффективную коммуникацию представителей науки, образования, бизнеса и власти, а также способствует выработке решений, реализация которых позволит сформировать систему непрерывного экологического обучения, воспитания и просвещения в Приморском крае и повысить экологическую культуру его граждан.

Список литературы

1. Положение о Краевой межведомственной комиссии по экологическому образованию, просвещению и воспитанию экологической культуры. Утв. постановлением Правительства Приморского края от 16.08.2021 N 540-пп (в ред. Постановления Правительства Приморского края от 06.03.2024 N 144-пп).

2. Ярусова С.Б. К вопросу о повышении эффективности интеграции специалистов в области экологического образования и экопросвещения / С.Б. Ярусова, А.М. Смышляев, Т.С. Вишкова, Н.В. Иваненко, С.Ю. Гатауллина // Экология родного края: проблемы и пути их решения: материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 2. (г. Киров, 24-25 апреля 2023 г.). – Киров: Вятский государственный университет, 2023. – С.411-415.

3. Ярусова С.Б. О формировании системы всеобщего непрерывного экологического образования, просвещения и воспитания в Приморском крае / С.Б. Ярусова, А.М. Смышляев, Н.В. Иваненко, С.Ю. Гатауллина // Образование-2030. Учиться и действовать. Сборник статей IX Всероссийской конференции по экологическому образованию [Электронный ресурс]. – М.: Неправительственный экологический фонд имени В.И. Вернадского, 2023. – С.375-380.

4. Программа Третьего Приморского форума экспертов и специалистов в области экологического воспитания, обучения и просвещения, 15 мая 2024 г., г. Владивосток. – Владивосток: Приморская автономная некоммерческая организация «Информационно-методический Центр «Тихоокеанский Проект», 2024. 7 с.

5. Ярусова С.Б. Интеграция научных и образовательных учреждений как механизм повышения эффективности научно-исследовательской деятельности студентов / С.Б. Ярусова, С.Ю. Гатауллина, Н.В. Иваненко // Устойчивое развитие: традиции местного самоуправления и современность (к 160-летию со Дня рождения земского деятеля, ученого, академика В.И. Вернадского) [Электронный ресурс]: матер. III Междунар. науч.-практ. конф. (30-31 мая 2023 г.). – Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2023. – С.196-202.

ЗАБОЛЕВАНИЯ И ПОВРЕЖДЕНИЯ ГОРОДСКОЙ АРБОРИФЛОРЫ И ИХ ПРИЧИНЫ

Студент направления подготовки 05.04.06 экология и природопользование

М.О. Гостева,

Научный руководитель к.п.н., доцент А.В. Гапоненко
Российский государственный социальный университет,
г. Москва

Аннотация. Являясь составляющими элементами экологического каркаса урбоэкосистемы, травянистая растительность, кустарники и деревья выполняют важную роль в стабилизации условий окружающей среды городов. Однако, в урбоэкосистемах на растения осуществляется сильное антропогенное воздействие вследствие загрязнения воздушной, водной среды и почв, изменения микроклимата (в первую очередь температурного режима, инсоляции и режима осадков), переуплотнения почв и образования техногрунтов, увеличения количества автотранспорта с двигателями внутреннего сгорания, образования большого количества бытовых отходов. Всё это приводит к ухудшению состояния растительности и снижению устойчивости растений к заболеваниям. Поэтому выявление причин поражений арборифлоры городов и основных видов заболеваний позволяет разработать комплекс мероприятий по профилактике заболеваний городских растений.

Ключевые слова: арборифлора, дендрофлора города, урбоэкосистема, фитопатология, антропогенное воздействие, зеленые насаждения.

Растения в городах выполняют санитарно-гигиеническую, рекреационную, эстетическую функции, тем самым обеспечивая жителям городов благоприятные экологические условия для комфортного проживания [7, 9]. Однако сами растения подвергаются значительному негативному антропогенному воздействию. В первую очередь страдает арборифлора, произрастающая вдоль оживлённых автодорог и в заводских районах. Выхлопные газы автомобилей, загрязняющие вещества, выделяемые в атмосферу различными производствами и ТЭЦ снижают иммунитет, вызывают повышение количества заболеваний и сокращают срок жизни растений. Существенное воздействие на арборифлору оказывает субстрат, в котором они растут. В городах отсутствует полноценный почвенный слой. Речь идёт, как правило о техногрунтах, включающих строительные отходы, цемент, ТКО, закопанные в землю в ходе строительства зданий и сооружений. Кроме того, происходит утрамбовка почв строительной техникой вплоть до глубоких горизонтов, изменение естественного уровня грунтовых вод вследствие прокладки дренажа вокруг зданий; засыпка участков по окончании строительства неплодородным спрессованным грунтом из котлованов, запечатывание и вытаптывание почв и др. Загрязняют почву и нефтепродукты, попадающие в почву вследствие протечек из транспорта. Существует также ряд других химических и физических экологических факторов, негативно воздействующих на растения [5].

Изучением вопроса экологического состояния деревьев и кустарников начали заниматься еще с 19 века, но настоящую актуальность он приобрел сейчас - в веке новых технологий, активно развивающейся промышленности, быстро

растущего населения и повышающегося антропогенного давления на природу. Несмотря на то, что зеленые насаждения важны и нужны городам, исследованиями их состояния и структуры охвачено не более 15 % городов России [9]. Данное исследование арборифлоры проводилось с целью выявления факторов, влияющих на снижение иммунитета растений на территории городского округа Подольск.

Объектом исследования являются представители арборифлоры. Предметом - причины заболеваний растений.

Изучением причин, динамики и признаков болезней растений, распространения возбудителей, нанесенного ими вреда, потерей фитоценозов вследствие заболеваемости, влияния факторов окружающей среды на возникновение и динамику заболеваний, а также разработкой методов их предупреждения с 19 века занимается фитопатология, а изучением болезней деревьев и кустарников – лесная фитопатология. Больше всего исследований посвящено болезням, вызванным грибами, как макромицетами, имеющими большое плодовое тело, так и микроскопическими грибами – микромицетами [8]. Наиболее распространенные макромицеты, встречаемые повсеместно в парках, скверах городов, на растениях селитебных территорий, т.е. практически везде, где есть зрелые и относительно старые растения, являются трутовики. Они относятся к экологической группе ксилотрофов, являясь паразитами и сапротрофами с многолетними сидячими плодовыми телами. Развитие трутовиков в стволах деревьев приводит к проникновению гифов гриба в клетки древесины, нарушению естественного тока воды, способствует повышению температуры дерева, и в целом ослабляет иммунитет своего хозяина, делая дерево более восприимчивым к другим заболеваниям и вредителям, что в конечном итоге приводит к его скорой гибели. Распространению трутовиков способствуют раны на деревьях, вызванные природными или антропогенными повреждениями покровов, например, во время снегоуборки, обламывание ветвей у растений, находящихся в селитебных и рекреационных зонах, вдоль прогулочных дорожек, а также не удаление пней и поваленных деревьев, на которых вырастают плодовые тела трутовиков, поставляющих споры в экосистему [2].

Чаще всего в Подольском городском округе встречаются трутовик обыкновенный (*Fomes fomentarius*), трутовик берёзовый (*Piptoporus betulinus*), трутовик окаймлённый (*Fomitopsis pinicola*), трутовик серно-желтый (*Laetiporus sulphureus*), трутовик чешуйчатый (*Cerioporus squamosus*).

К повсеместно встречаемым микромицетам относится мучнистая роса (*Erysiphales*), часто поражающая конский каштан (*Aesculus*), клён остролистный (*Acer platanoides*), липу мелколистную (*Tilia cordata*) и крупнолистную (*Tilia platyphyllos*) [8], клён ясенелистный (*Acer negundo*) [13], акацию (*Acacia*), бузину разных видов (*Sambucus*), жимолость обыкновенную (*Lonicera xylosteum*) [8].

Липы (*Tilia*) в городах, вследствие неправильной посадки и ухода, часто болеют тиростромозом *Thyrostroma compactum* (или *Stigmina compacta*). Причина заражения спорами гриба – неправильная стрижка [8].

Вязы (*Ulmus*) сегодня в Подольске встречаются гораздо реже, чем 50-60 лет назад. Причина – голландская болезнь вяза или графийоз ильмовых (*Ophiostoma ulmi*). Возбудитель этой болезни – аскомицет рода Офиостома (*Ophiostoma*). Переносчиками являются жуки-короеды: заболонник большой ильмовый (*Scolytus scolytus*), заболонник струйчатый (*Scolytus multistriatus*), реже – заболонник пигмей (*Scolytus pygmaeus*) [3, 8].

Также часто на деревьях различных видов обнаружены ржавчинные грибы (*Ferrugo* и *robigo*), парша (*Favus*). Хвойные поражаются болезнью шютте (*Schutte*), вызываемой различными видами [3, 8]. В Подольском городском округе зафиксированы шютте елей (*Picea*) и лиственниц (*Larix*), расположенных в селитебных зонах.

Кроме грибов, большой ущерб растениям наносят насекомые-вредители, поедая листовые пластинки, древесину, подгрызая корни и перенося возбудителей болезней. Наиболее часто встречаются галловые четырехногие клещи (*Eriophyoidea*), вязовые листовые клещи (*Aceria multistriata*), березовый галловый клещик (*Eriophyes laevis* Lionotus Nal.), вязовый мешетчатый клещик (*Eriophyes ulmicola*), розанная орехотворка (*Diplolepis rosae*), которые образуют патологические образования – галлы [3]. Осоко-вязовая (*Colopha compressa* Koch), злаково-вязовая (*Tetraneura ulmi*), смородинно-вязовая (*Eriosoma ulmi*) тля вызывает усыхание листьев и побегов, а из-за её сахаристых выделений листья чернеют и покрываются плесенью.

К постоянно присутствующим листогрызущим вредителям, вызывающим минирование листьев, когда ткань листа выедается изнутри между нетронутым с обеих сторон эпидермисом и образуются пустые полости – мины, можно отнести: лиственничную чехликовую моль (*Coleophora laricella*), горностаевую черемуховую (*Yponomeuta evonymellus*), полосатого ольхового пилильщика (*Hemichroa crocea*), жимолостную белокрылку (*Aleyrodes lonicerae*).

Скелетирование листьев, когда полностью выгрызается мякоть листа, остаются только прожилки и лист становится похожим на скелет, вызывают тополевый (*Chrysomela populi*) и ольховый (*Agelastica alni*) листоеды – личинки и взрослые особи [3]. К сожалению, в большом количестве в Подольске и по всем населённым пунктам Московского региона встречается ясенева изумрудная узкотелая златка (*Agrilus planipennis*), практически полностью уничтожившая старые ясени [12].

Самый распространенный инвазивный вредитель, который наблюдается на территории всей нашей страны и массово поражает конские каштаны в Подольске-охридский минер, больше известная как каштановая минирующая моль (*Cameraria ohridella*).

Повышению поражаемости дендрофлоры вредителями и болезнями в Подольском городском округе способствуют нарушения целостности побегов вследствие неправильного ухода за территорией. Часто встречаются наклоны, изгибы стволов деревьев из-за механического воздействия на молодую поросль при строительстве жилых кварталов, пешеходных тротуаров, автотрасс, сваливания снега в зимний период и др. Ещё одна причина уменьшения жизни

деревьев - обнажение корней и их дальнейшее механическое повреждение из-за вытаптывания и уплотнения почвы [11]. Ну и конечно, одним из основных негативных факторов является химическое загрязнение. В сильно загрязненных районах увеличивается асимметрия листа, площадь листа становится в 1,5 раза меньше, а прирост в 5 раз меньше, по сравнению с нормой [7]. В городах очень распространен хлороз листьев. Наблюдается появление бурых пятен, пожелтение листовой пластины и преждевременные засыхание. Он вызван целым рядом факторов: недостатком биогенных элементов: азота (N), магния (Mg), железа (Fe), серы (S), цинка (Zn), марганца (Mn) из-за обеднения почвы, загрязнением атмосферы, кислыми атмосферными осадками и загрязнением грунтовых вод [10]. Также часто встречается ранний листовой некроз. Сначала появляются небольшие желтые округлые пятна, которые со временем они становятся больше, буреют и распространяются на всю листовую пластину. Лист выглядит обожженным и начинает скручиваться, усыхает и опадает в июне-июле. Причины этого явления могут быть различными. Но в целом некроз является следствием комплексного негативного влияния окружающей среды [4].

Следует сказать и об особенностях микроклимата городов. Из-за резких перепадов температур за сутки зимой на деревьях появляются морозобойные трещины, через которые в дерево подсекаются паразиты. Кроме того, в городах нарушается нормальный водный режим, вследствие большой запечатанности и переуплотнённости почвы, осадки быстро стекают в ближайшие водоёмы, плохо увлажняя почву. Это приводит к локальной засухе на ряде городских территорий.

Проведенное исследование показало, что, к сожалению, основная масса деревьев и кустарников в городах находится в состоянии постоянного стресса, поражена различными болезнями и вредителями. Древесные и кустарниковые насаждения часто пребывают в неудовлетворительном состоянии и требуется принятие комплексных мер по предупреждению заболеваний представителей арборифлоры и по улучшению экологического состояния всей урбоэкосистемы городов.

Следует проводить перед высаживанием оценку видов на пыле- и газоустойчивость, осуществлять грамотную посадку и уход (полив, подкормку, санитарную обрезку, в том числе своевременную правильную обрезку пораженных ветвей и сучьев, ежегодную защитную обработку деревьев с апреля по август, стимуляцию ослабленных растений, очистку территории от ранее пораженных и сухостойных деревьев, порубочных остатков, пней и прочей мертвой древесины). Кроме того, следует осуществлять постоянный мониторинг зелёных насаждений, используя современные системы наблюдения и искусственного интеллекта [1, 6]. Это позволит создать долгосрочный зелёный каркас города.

Список литературы

1. Гапоненко А.В. Анализ состояния средозащитного озеленения города Москвы с использованием государственной информационной системы АИС «Реестр зеленых насаждений» / А.В. Гапоненко, А.А. Лебедева // Антитеррористическая защищенность объектов в инженерно-экологической

сфере: сборник научных статей 1-ой Национальной научно-технической конференции с международным участием, Москва, 27 февраля 2025 года. – Москва: Московский государственный строительный университет (национальный исследовательский университет), 2025. – С. 134-146. – EDN ЕОЕНН.

2. Дилабирова З.Р., Шацких М.А. Грибы-трутовики как индикатор здоровья деревьев Лесопаркового участка НИИЛГИС. - URL: <https://podrost.fedcdo.ru/wp-content/uploads/2024/02/Dilabirova-rabota.pdf> (дата обращения: 04.04.25)

3. Еременко К.В. Видовое разнообразие вредителей древесных насаждений на оживленных магистралях города Москвы / К.В. Еременко, В.М. Зубкова, А.В. Гапоненко // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2022. – № 8. – С. 31-35. – DOI 10.37882/2223-2966.2022.08.17. – EDN ZPCPVK.

4. Краевой некроз листьев: что нужно знать о заболевании? [Электронный ресурс] // Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный центр охраны здоровья животных» ВНИИЗЖ: официальный сайт. - URL: http://www.refscen57.ru/press_center/news/Novosti/Kraevoy-nekroz-listev-chto-nuzhno-znat-o-zabolevanii/ (дата обращения: 04.04.25).

5. Камалетдинова К.Р. Социально-экологические аспекты, оказывающие негативное воздействие на состояние дендрофлоры в городах / К.Р. Камалетдинова, И.Р. Зинятуллин // Социальные явления от зарождения до устойчивых: взгляд со стороны студента: сборник материалов всероссийской научно-практической конференции, РГСУ, 17 февраля 2022 года. – РГСУ: Издательство РГСУ, 2022. – С. 353-363. – EDN FIFTOZ.

6. Никифоров Т.А. Применение искусственного интеллекта в лесном хозяйстве и для оценки состояния зеленых насаждений / Т.А. Никифоров // Перспективное применение НБИК-технологий: синергия искусственного интеллекта с информационным обществом: Сборник материалов всероссийской конференции, Москва, 25 ноября 2022 года. – Москва: Российский государственный социальный университет, 2022. – С. 106-109. – EDN FJFGHD.

7. Пугачева Т.Г. Комплексная оценка состояния зеленых насаждений урбанизированных территорий: учебно-методическое пособие для самостоятельной научно-исследовательской работы студентов / Т.Г. Пугачева, А.В. Гапоненко, Н.Ю. Белозубова. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Ритм», 2021. – 124 с. – ISBN 978-5-98422-505-2. – EDN DSLMXV.

8. Сидельникова М.В. Грибы на листьях, ветвях и стволах древесных и кустарниковых растений пригородных парков Санкт-Петербурга / М.В. Сидельникова, А.В. Тобиас, Д.Ю. Власов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2017. – №. 220. – С. 110-124. - URL: https://www.researchgate.net/profile/Maria-Sidelnikova/publication/322399629_Griby_na_listah_vetvah_i_stvolah_drevesnyh_i_kustarnikovyh_rastenij_prigorodnyh_parkov_Sankt-Peterburga/links/5a577e68aca2726376b657b0/Griby-na-

listah-vetvah-i-stvolah-drevesnyh-i-kustarnikovyh-rastenij-prigorodnyh-parkov-Sankt-Peterburga.pdf (дата обращения: 31.03.25)

9. Макаренко В.П. Современные проблемы озеленения малых и средних городов России / В.П. Макаренко, V.P. Makarenko, Д.В. Жучков, D.V. Zhuchkov // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. – 2022. – № 1 (46). – С. 62-78. – ISSN 2227-1384. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/337574> (дата обращения: 20.03.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – С. 3.).

10. Хлороз растений [Электронный ресурс] // БиоМастер. – URL: <https://biomaster.pro/articles/udobreniya-ot-a-do-ya/khloroz-listev/> (дата обращения: 28.04.25).

11. Филиппова М.Ю. Зависимость фитопатологического состояния древесных насаждений города Москвы от рекреационной нагрузки / М.Ю. Филиппова // Сборник материалов в Всероссийской научно-практической конференции магистрантов: Сборник научных трудов, Москва, 16-17 апреля 2020 года. Том Часть 3. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Русайнс», 2020. – С. 243-249. – EDN VJSRHF.

12. Ясеновая изумрудная узкотелая златка [Электронный ресурс] // Живой лес [интернет-журнал]. – URL: <https://givoyles.ru/articles/vrediteli/yasenevaya-izumrudnaya-uzkotelaya-zlatka/> (дата обращения: 09.04.25).

13. Ясинская О.И. Болезни и вредители клена ясенелистного (*Acer negundo* L.) в Московском регионе // Социально-экологические технологии. – 2018. – №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bolezni-i-vrediteli-klena-yasenelistnogo-acer-negundo-l-v-moskovskom-regione> (дата обращения: 02.04.2025).

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАФИКА АВТОКОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ ХЛОРОФОРМА, БРОМДИХЛОРМЕТАНА, ДИБРОМХЛОРМЕТАНА

Студент гр. МЗСз-23-01 П.С. Лобанова,

Научный руководитель А.В. Ялалетдинова

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
г. Уфа

Аннотация. В работе представлен анализ временных рядов концентраций тригалогенметанов, а именно хлороформа, бромдихлорметана и дибромхлорметана, побочных продуктов хлорирования питьевой воды из поверхностного водозабора. При помощи построения коррелограмм и анализа автокорреляционной функции выявлены сезонные колебания концентраций исследуемых показателей с периодичностью в 12 месяцев, предположительно связанные с весенним половодьем. Анализ автокорреляционных функций позволил так же выявить в исследуемых временных рядах наличие циклической и случайной составляющих.

Галогенметаны такие как хлороформ (CHCl_3), бромдихлорметан (CHBrCl_2) и дибромхлорметан (CHBr_2Cl), относящиеся к группе тригалометанов являются

побочными продуктами хлорирования воды [1]. Это органические соединения, образующиеся при взаимодействии хлора с природными органическими веществами и галогенидами, содержащимися в воде [1]. Тригалометаны проявляют негативные эффекты на здоровье человека: канцерогенность (риск рака), мутагенность (сбой ДНК), токсичность (вред печени), нервная система [2].

Поэтому целью данной работы является анализ структуры исходных данных хлороформа, бромдихлорметана и дибромхлорметана, зафиксированных в питьевой воде на поверхностном водозаборе за двадцать семь лет (среднемесячные значения показателей, 324 значения).

Выявление структуры временного ряда возможно при помощи АКФ [3-4]. Коррелограмма является графическим представлением автокорреляции временного ряда, она помогает выявить закономерности во временных рядах.

Функция $\bar{r}_k = \text{corr}(x(t), x(t+k))$, где $k > 0$ – целое число является АКФ стационарного процесса $x(t)$. Величина k – лаг, указывающий расстояние между членами временного ряда.

Расчет значений функции ведется по формуле:

$$\bar{r}_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (x_t - \bar{x}) \cdot (x_{t+k} - \bar{x})}{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2},$$

где $x(t)$ – значения временного ряда; $\bar{x}$ – среднее значение элементов ряда; n – количество элементов в ряде.

Оптимальный лаг, который дает статистически надежные результаты считается как общее количество значений, разделенное на 4: $\frac{324}{4} = 81$ [5].

Коррелограмма хлороформа в питьевой воде ПВ позволила графически изобразить зависимости значений АКФ от лага (рис. 1).

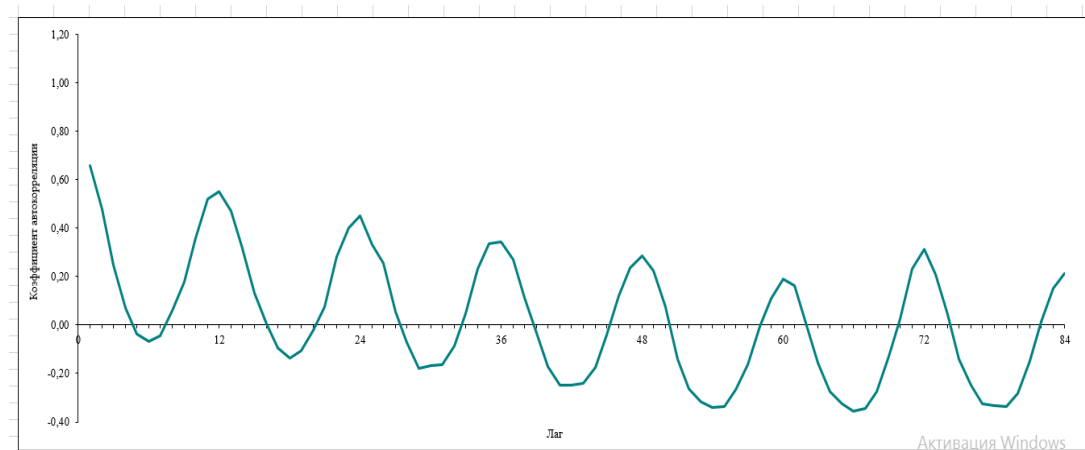


Рис. 1. Коррелограмма хлороформа

Пики на коррелограмме с лагом 12 (и кратных ему, то есть 24, 36 и так далее) указывают на наличие в рядах сезонных колебаний с примерным периодом сезонности равным 12 месяцев (1 год).

Всплески на коррелограммах бромдихлорметана и дибромхлорметана в питьевой воде ПВ также свидетельствуют о наличии в рядах сезонных колебаний с примерным периодом равным 12 месяцев (рис. 2, рис. 3).

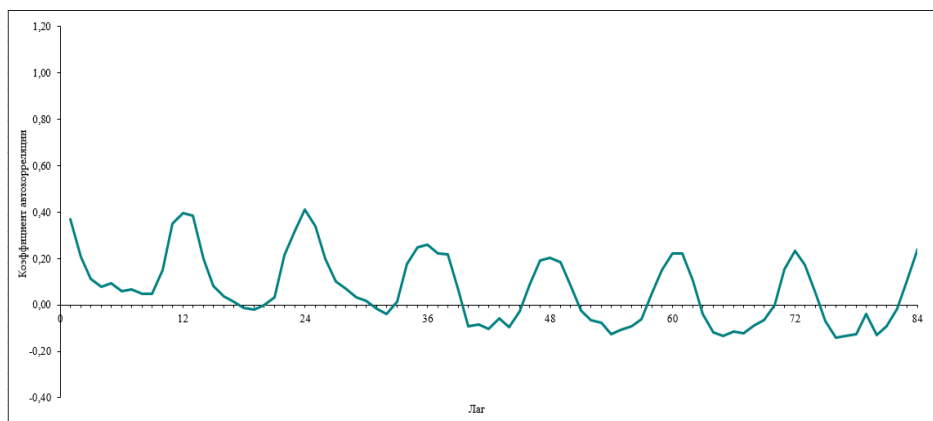


Рис. 2. Коррелограмма бромдихлорметана

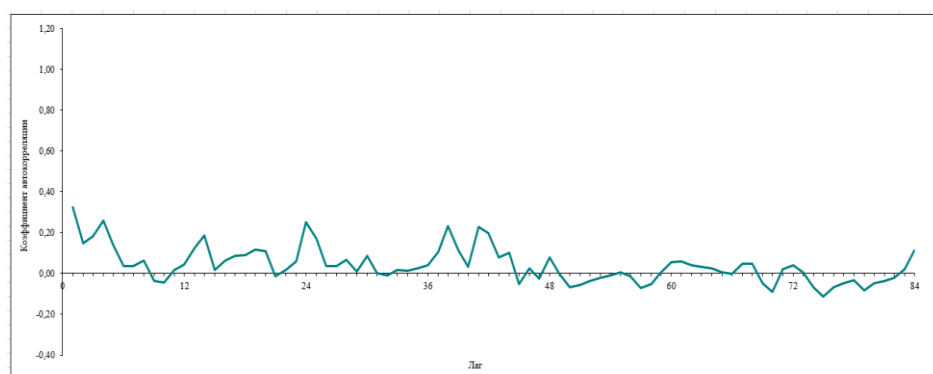


Рис. 3. Коррелограмма дибромхлорметана

Выявлено, что исследуемые временные ряды хлороформа и бромдихлорметана являются нестационарными, поскольку с ростом лага значения АКФ не стремятся к нулю. Для бромдихлорметана в питьевой воде отмечается также наличие циклической составляющей равной 2 годам, поскольку максимальные значения АКФ приходятся на лаг равный 24.

Коррелограмма дибромхлорметана не имеет ярко выраженных максимумов, а, следовательно, ряд не содержит тенденции и циклической компоненты, поскольку в нем доминирует случайная составляющая. Наличие случайной составляющей анализируемого ряда подтверждается еще и тем, что исследуемый временной ряд является стационарным, поскольку с ростом лага значения АКФ дибромхлорметана стремятся к нулю.

Таким образом, построение коррелограмм временных рядов хлороформа, бромдихлорметана и дибромхлорметана позволило выявить в них наличие сезонных колебаний с периодом 12 месяцев, что скорее всего приходится на периоды весеннего паводка, а также наличие в рядах бромдихлорметана циклической составляющей, а в рядах дибромхлорметана случайной составляющей. Различия в колебаниях АКФ, указывает на необходимость более глубокого изучения причин, определяющих динамику изменений исследуемых показателей.

Список литературы

1 Кантор Е.А. Содержание тригалогенметанов в питьевой воде некоторых водозаборов г. Уфы / Е.А. Кантор, М.А. Малкова, А.В. Жигалова //

Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2016620652 от 23.05.2016.

2 Малкова М.А. Сопоставление качества питьевой воды по содержанию тригалогенметанов с заболеваемостью населения / М.А. Малкова, А.А. Хузиахметова, А.В. Жигалова, Н.Н. Егорова, М.Ю. Возжаева, Е.А. Кантор // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 3; URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=26466> (дата обращения: 18.06.2025).

3 Елисеева И.И. Эконометрика / И.И. Елисеева, С.В. Курышева, Т.В. Костеева. – М.: Финансы и статистика, 2007. – 575 с.

4 Ялалетдинова А.В. Исследование структуры временных рядов общей жесткости, мутности, цветности и окисляемости в реке / А.В. Ялалетдинова, М.А. Малкова, Е.А. Кантор. – 2022. – preprints.ru. URL: <https://doi.org/10.24108/preprints-3112581>.

5 Тюрин Ю.Н. Анализ данных на компьютере, издание третье, переработанное и дополненное / Ю.Н. Тюрин, А.А. Макаров. – М.: ИНФРА-М, 2002. – 528 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ КАК ПУТЬ К УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Студент гр. 340641/01 А.П. Бобков,
Научный руководитель: Л.Э. Шейнкман
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию экологически чистых технологий в строительстве как ключевому элементу устойчивого развития городской среды. На фоне глобальных экологических вызовов, таких как изменение климата, истощение природных ресурсов и загрязнение окружающей среды, строительная отрасль играет ключевую роль в формировании устойчивого будущего.

В настоящее время особенное внимание уделяется значению экологически чистых технологий для здоровья и качества жизни населения. Подчеркивается, что экостроительные решения не только способствуют сохранению окружающей среды, но и улучшают качество воздуха, обеспечивают комфортные условия проживания и создают устойчивые общественные пространства [1].

Экологические строительные материалы

Одним из центральных аспектов ЭЧТ является выбор строительных материалов, которые оказывают минимальное воздействие на окружающую среду [2].

- Переработанные материалы: Использование вторичных ресурсов, таких как переработанный бетон, стекло или металл, позволяет существенно сократить количество отходов, попадающих на свалки. Переработка одного тонны бетона

может снизить выбросы углерода на 50 %, поскольку сэкономит энергию, которая в противном случае потребовалась бы для производства нового материала.

- **Натуральные и местные материалы:** Местные ресурсы, такие как древесина, глина и камень, значительно сокращают расстояние транспортировки, что уменьшает углеродный след. Кроме того, использование натуральных материалов, например, древесины сертифицированных лесов, поддерживает устойчивое управление лесами. Древесина обладает хорошими теплоизоляционными качествами, что также снижает потребление энергии при эксплуатации зданий.

- **Биодеградируемые и экологически безопасные материалы:** Современные строительные технологии предлагают инновации, такие как биокompозиты и текстильные материалы, которые не содержат токсичных веществ и могут полностью разлагаться в природе. Использование таких материалов в строительстве помогает создать более здоровую внутреннюю среду, снижая уровень загрязняющих веществ в воздухе.

- **Селективный выбор технологий:** Важно учитывать не только сырьё, но и метод его обработки. Например, технологии холодного стержневого или 3D-печати из доступных материалов могут значительно снизить энергозатраты на производство.

Энергоэффективные технологии

Экологически чистые технологии также включают в себя широкий спектр энергоэффективных решений, которые направлены на оптимизацию потребления энергии [3].

- **Системы солнечной энергии:** Технология солнечных панелей, включая фотогальванические и тепловые системы, позволяет обеспечить здания господствующей частью своей энергии. Установка солнечных панелей на крыши зданий может снизить расходы на электроэнергию до 70 % и значительно уменьшить выбросы углерода.

- **Геотермальное отопление и охлаждение:** Геотермальные тепловые насосы обеспечивают высокую эффективность отопления и охлаждения, используя стабильную температуру земли.

- **Умные системы управления энергопотреблением:** Интеграция передовых технологий «умного дома», включая датчики движения и автоматизированные системы управления освещением и климатом, позволяет достичь значительного снижения энергопотребления. Например, системы, которые автоматически регулируют температуру и освещение на основании наличия людей в помещении, могут сократить потребление энергии на 30-40 %.

- **Изоляция и теплоизоляционные технологии:** Высококачественные теплоизоляционные материалы, такие как минеральная вата или пенополистирол, позволяют создавать здания с низким уровнем теплопотерь, тем самым значительно снижая эксплуатационные расходы на обогрев.

Принципы циркулярной экономики

Циркулярная экономика направлена на создание замкнутых циклов, где

отходы одного процесса становятся сырьём для другого. В контексте строительства это принцип становится особенно важным:

- **Модульное строительство:** Модульные здания, собранные из заранее изготовленных элементов, могут быть легко разобраны и пересобраны на другом месте. Это удовлетворяет требованиям гибкости в использовании пространства и минимизирует строительные отходы.

- **Вторичная переработка:** Инфраструктура для сбора и переработки строительных отходов может принципиально изменить подход к обращению с отходами в строительстве. Например, переработка бетона может использоваться для создания нового строительного материала, что минимизирует потребность в первичных ресурсах.

- **Системы утилизации и переработки:** Инвестиции в технологии, позволяющие собирать и перерабатывать отходы на месте, могут значительно сократить расстояние, необходимое для вывоза отходов, а также минимизировать затраты на утилизацию.

Влияние на здоровье и качество жизни

Экологически чистые технологии приняты не только для сохранения окружающей среды, но и для повышения качества жизни населения [4].

- **Здоровье:** Использование экологически чистых материалов снижает уровень токсичности и улучшает качество воздуха внутри зданий. По данным исследований, здание с низким уровнем загрязняющих веществ может улучшить здоровье обитателей, снижая инциденты болезней, связанных с загрязнением воздуха.

- **Комфортные условия проживания:** Энергоэффективные здания обеспечивают более стабильные температурные условия и улучшенную звукоизоляцию. Качественная звукозащита уменьшает стресс и повышает качество жизни жителей.

- **Устойчивое развитие общественного пространства:** Здания, построенные с использованием эколого-ориентированных подходов, как правило, более привлекательны и содержат элементы зеленого дизайна, такие как зелёные крыши, вертикальные сады и общественные пространства, способствующие взаимодействию между людьми.

Заключение

Экологически чистые технологии в строительстве представляют собой важный шаг к созданию устойчивой городской среды и решению глобальных экологических проблем. Эти технологии позволяют существенно снизить негативное влияние на окружающую среду, обеспечивают экономическую эффективность, улучшают качество жизни граждан и способствуют формированию более устойчивой инфраструктуры.

Таким образом, переход на эколого-ориентированные подходы становится неотъемлемой частью стратегии устойчивого развития, что требует активного взаимодействия всех участников процесса: государственных структур, частного сектора, архитекторов и инженеров, а также самого общества.

Список литературы

1. Джис, Э. (2012). *Руководство по рациональному использованию энергии в зданиях*. Издательство «Экологичное строительство».
2. Цзо, Дж., и Чжао, З. (2014). *Исследования в области экологичного строительства – текущее состояние и будущая повестка дня: обзор*. *Обзоры возобновляемой и устойчивой энергетики*, 29, 173-184.
3. Махортова Я.И., Разаков М.А., Трофимова И.В. «Экологическое строительство зданий и сооружений» — «Экология и строительство», 2020, №2, с. 27–35.
4. Шпигель Р., Медоуз Д. «Зелёные строительные материалы: Руководство по выбору продукции и спецификации» (3-е изд.) — Wiley, 2017, 400 с. 2.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ГАЗОВЫДЕЛЕНИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КИРПИЧА

Студент гр.340631/03 К.А. Разумейко,
Научный руководитель Л.В. Кашинцева
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В процессе производства кирпича выделяются различные вредные газы, контроль за которыми является важным аспектом производства кирпича высокого качества. В статье приводится концепция автоматизированной системы мониторинга, способной эффективно контролировать и снижать уровень газовыделения в процессе производства.*

Одним из ключевых аспектов является процесс газовыделения, который оказывает влияние как на качество конечного продукта, так и на окружающую среду. Недостаточное понимание этого процесса может привести к ухудшению характеристик кирпича и увеличению негативного воздействия на окружающую среду.

Процесс производства кирпича включает в себя несколько стадий, на каждой из которых происходят химические реакции, сопровождающиеся выделением газов. При обжиге глины выделяются углекислый газ, угарный газ и сернистый ангидрид. Эти газы образуются в результате разложения органических веществ и минералов, входящих в состав глины. Например, карбонаты кальция и магния при нагревании разлагаются с выделением углекислого газа, а органические примеси сгорают, формируя угарный газ и другие соединения. При быстром нагреве сырья происходит избыточное выделение газов, что может привести к образованию трещин и пустот в материале. Эти дефекты снижают прочность кирпича и его устойчивость к воздействию внешних факторов, таких как влажность и механические нагрузки [1]. Таким образом, контроль за процессами газовыделения является важным аспектом производства кирпича высокого качества.

Газовыделение при производстве кирпича оказывает негативное воздействие и на окружающую среду. Одной из экологических проблем является выброс в атмосферу массовых загрязнителей - оксидов серы и азота, которые, взаимодействуя с влагой в воздухе, образуют кислотные осадки. Эти осадки негативно влияют на почву, водоемы и растительность, изменяя их химический состав и снижая плодородие земель. Выделение углекислого газа в процессе обжига кирпича способствует усилению парникового эффекта, что вносит вклад в глобальное изменение климата. Таким образом, производство кирпича требует особого внимания к вопросам охраны окружающей среды.

Традиционные методы контроля газовыделения при производстве кирпича направлены на снижение концентрации вредных веществ в выбросах. Наиболее распространёнными средствами являются фильтры и скрубберы. Фильтры задерживают твердые частицы и аэрозоли, предотвращая их попадание в атмосферу, в то время как скрубберы используют жидкость для абсорбции газов, таких как оксиды серы [2]. Эти методы относительно просты в применении и обеспечивают базовый уровень защиты окружающей среды.

Процесс газовыделения зависит от состава применяемого сырья. Производители все чаще начинают рассматривать отходы промышленных предприятий как потенциальный источник сырья для производства кирпича и других строительных материалов. Использование таких отходов, как гальванический шлам, а также применение мультикомпонентов (например, глины в сочетании с кварцевым песком и гальваническим шламом) может положительным образом влиять не только на характеристики конечного продукта, но и на уровень выбросов [3].

Существуют также более прогрессивные технологии мониторинга газовыделения и очистки газовых выбросов при производстве кирпича, которые позволяют в режиме реального времени измерять концентрации различных газов [4]. Исследования показывают, что внедрение автоматизированных систем может снизить выбросы вредных веществ на 30-40 %, что делает их важным инструментом в борьбе с загрязнением.

Для эффективного мониторинга процесса газовыделения автоматизированная система должна обладать рядом функций. Она должна включать точные датчики для измерения состава и концентрации выбросов, программное обеспечение для анализа данных в реальном времени и механизмы для передачи информации ответственным специалистам [1].

Датчики играют важную роль в измерении параметров, связанных с газовыделением, таких как концентрация углекислого газа и оксидов азота. Существует несколько типов таких датчиков, каждый из которых предназначен для выполнения определённых задач. Среди наиболее распространённых можно выделить инфракрасные газоанализаторы, электрохимические датчики и полупроводниковые сенсоры [5].

Инфракрасные газоанализаторы применяются для измерения концентрации углекислого газа, выделяемого при сгорании топлива. Электрохимические датчики помогают отслеживать содержание токсичных

газов в воздухе (окись углерода), обеспечивая безопасность на производстве. Полупроводниковые сенсоры используются для мониторинга общего качества воздуха в производственных помещениях [6].

Для передачи данных используются протоколы, такие как MQTT и OPC UA, которые обеспечивают надежность и безопасность коммуникаций.

Программное обеспечение основывается на алгоритмах обработки больших данных, позволяет анализировать полученную информацию и выявлять отклонения в производственном процессе.

Выбор компонентов системы автоматического мониторинга является ключевым этапом разработки. Для обеспечения точности и надежности мониторинга необходимо учитывать специфику производства кирпича, в частности, параметры температуры, влажности и газовыделения. Например, компания Siemens в 2019 году представила систему, включающую датчики температуры и влажности, что позволило снизить процент брака на производстве на 15 %. Это демонстрирует важность использования современных сенсоров, способных работать в условиях высокой температуры и загрязненности. Также необходимо предусмотреть использование датчиков для контроля уровня газовыделения, так как, согласно отчету компании ABB, их интеграция может сократить выбросы CO₂ более, чем на 20 %. Выбор компонентов должен основываться на их надежности, долговечности и способности эффективно функционировать в условиях производства кирпича, а архитектура системы автоматизированного мониторинга должна быть легко адаптирована под изменяющиеся условия и требования производства.

Интеграция и настройка компонентов системы автоматического мониторинга требуют тщательного подхода для обеспечения их синхронной работы. На этом этапе важно объединить все выбранные датчики в единую систему, которая будет передавать данные в реальном времени для анализа и контроля. Настройка включает калибровку сенсоров и программирование алгоритмов обработки данных, чтобы система могла эффективно реагировать на изменения производственного процесса. Особое внимание уделяется настройке датчиков газа, так как их правильная работа напрямую влияет на снижение выбросов вредных веществ. Таким образом, этап интеграции и настройки является архиважным для успешного функционирования системы и достижения целей автоматического мониторинга.

Ключевую роль в оценке функциональности и надежности автоматизированной системы мониторинга играют методы тестирования. Одним из наиболее распространенных методов является моделирование сценариев, которое позволяет воспроизвести различные условия эксплуатации системы. Например, можно симулировать изменения температуры и влажности, чтобы проверить, как система реагирует на экстремальные или нестандартные условия. Такой метод обеспечивает всестороннюю проверку точности и стабильности работы системы. Согласно исследованиям, моделирование сценариев позволяет выявить слабые места в проекте и своевременно внести корректировки, что значительно повышает качество конечного продукта.

Анализ данных, полученных в ходе тестирования системы автоматического мониторинга, предоставляет ценную информацию о её функциональности и эффективности. На основе собранных данных можно определить ключевые параметры, такие как точность измерений, стабильность работы в различных условиях и влияние на производственные процессы.

В исследовании Университета Шеффилда было показано, что применение автоматизированных систем мониторинга может повысить качества кирпича на 25 %, что является значительным показателем [6]. Кроме того, важным критерием является способность системы снижать влияние производства на окружающую среду, например, за счет уменьшения выбросов CO₂. Дальнейшие исследования могут быть направлены на улучшение точности измерений, снижение затрат на внедрение систем и расширение их функциональных возможностей.

Таким образом, контроль газовыделений при производстве кирпича совместно с внедрением новых технологий и методов мультикомпонентного сырья могут существенно снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Список литературы

1. Абдрахимов В.З. Исследования состава выделяющихся газов и пористости при термообработке теплоизоляционного материала на основе нефтяного шлама и межсланцевой глины / В.З. Абдрахимов, Е.С. Абдрахимова, И.Д. Абдрахимова // *Бурение и нефть*. – 2018. – № 7-8. – С. 70-77.
2. Кошкарев С.А. Оценка эффективности аппарата мокрой очистки обеспыливания выбросов печей обжига керамзита / С.А. Кошкарев, В.Н. Азаров // *Инженерно-строительный журнал*. – 2015. – № 2 (54). – С. 18-32.
3. Панова В.Ф. Замена природного сырья на техногенные промышленные отходы для производства строительных материалов и изделий / В.Ф. Панова, И.В. Спиридонова, С.А. Панов, М.Е. Бубырь // *Природные и техногенные риски Безопасность сооружений*. – 2024. – № 4 (71). – С. 41-46.
4. Пономарева Н.В. Системы сжигания и очистки газовых выбросов промышленных предприятий и ТЭС: учебное пособие / Н.В. Пономарева. – М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2015. – 146 с.
5. Панарин В.М., Маслова А.А., Савинкова С.А. Автоматизированный мониторинг загрязнения атмосферного воздуха промышленно развитых территорий: монография / В.М. Панарин, А.А. Маслова, С.А. Савинкова. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2021. – 219 с. – ISBN 978-5-7679-4817-8.
6. Ратаев В.П. Технологии автоматизации: будущее строительного бизнеса / В.П. Ратаев, А.Д. Шматко // *Экономика: вчера, сегодня, завтра*. – 2021. – Том 11. – № 3А. – С. 195-203. – DOI: 10.34670/AR.2021.35.72.020.

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ И АЛГОРИТМА ИНТЕРПОЛЯЦИИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В ХОШИМИНЕ

Студент гр.340631/03и Т.Ч.Ж. Чан,
Научный руководитель В.М. Панарин
Тульский государственный университет,
г.Тула

Аннотация. В статье рассмотрен опыт применения ГИС-технологий и алгоритма интерполяции для прогнозирования уровня загрязнения воздуха в Хошимине. Исследование подтвердило эффективность ГИС и алгоритмов интерполяции для прогнозирования загрязнения воздуха. Результаты подчеркивают необходимость мер по снижению выбросов и совершенствованию нормативной базы.

Хошимин – крупнейший город Вьетнама с высоким уровнем загрязнения воздуха из-за транспорта и промышленности. Оценка уровня загрязнения воздуха (Pb, пыль, CO, NO₂) в Хошимине на период 2020-2030 гг. с применением ГИС и регрессионного анализа.

1. Аналитический обзор

Климат: тропический, два сезона (дождливый и сухой) (таблица).

Климат Хошимина

Климат Хошимина													
Показатель	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Нояб.	Дек.	Год
Средний максимум, °C	32,0	32,7	33,6	34,5	34,9	33,5	33,0	32,9	32,6	32,3	32,4	31,6	33,0
Средняя температура, °C	27,7	27,9	29,3	30,5	30,7	29,5	29,1	29,0	28,8	28,7	28,7	27,8	29,0
Средний минимум, °C	23,4	23,1	24,9	26,4	26,4	25,5	25,2	25,1	25,0	25,0	24,9	23,9	24,9
Норма осадков, мм	12	8	18	57	202	224	231	219	273	240	128	41	1653
Источник: Всемирная метеорологическая организация													

Источники загрязнения: транспорт (90 % мотоциклов), промышленность, строительство.

Быстрая урбанизация Хошимина привела к значительному росту загрязнения воздуха, особенно из-за увеличения количества транспортных средств. Основные загрязнители – Pb, пыль, CO и NO₂. Традиционные методы мониторинга недостаточно эффективны, поэтому применение ГИС-технологий и алгоритмов интерполяции становится актуальным. Цель исследования – оценить уровень загрязнения с 2020 по 2030 год и создать карты загрязнения с использованием ГИС и регрессионного анализа [1, 3].

2. Обзор законодательной и нормативно-правовой базы Вьетнама

Во Вьетнаме действует Закон об охране окружающей среды (2020), который регулирует вопросы контроля загрязнения воздуха. Однако нормативные акты имеют недостатки, такие как устаревшие стандарты выбросов и отсутствие регулирования для специфических зон. Приняты меры, включая стандарты Евро-4 для транспорта и Национальный план управления качеством

воздуха. Необходимо дальнейшее совершенствование законодательства для эффективного контроля загрязнения [4].

3. Обзор ГИС-технологий в области мониторинга загрязнения атмосферы

ГИС позволяет анализировать пространственные данные, моделировать распределение загрязнителей и визуализировать результаты. Используются методы интерполяции (например, IDW) и интеграции данных мониторинга, спутниковых снимков и метеорологической информации. ГИС поддерживает принятие решений, прогнозирование и оценку рисков. Примеры применения включают моделирование загрязнения в городских условиях и уличных каньонах [2, 5].

4. Применение ГИС-технологий и алгоритма интерполяции для прогнозирования уровня загрязнения воздуха в Хошимине

Регрессионный анализ

Построены линейные модели для прогнозирования концентраций Pb, CO, NO₂, пыли.

Пример модели для пыли: $\hat{Y} = 0,404 + 0,021X$ ($R^2 = 0,919$).

Прогнозирование до 2030 года: На основе данных мониторинга (2021-2024 гг.) построены линейные регрессионные модели для прогнозирования уровней Pb, пыли, CO и NO₂ до 2030 года. Использован метод интерполяции IDW для создания карт загрязнения [1].

Результаты показали:

Высокий уровень пыли в округах 12 и Хокмон ($>1,3$ мг/м³ к 2030 г.).

Рост концентрации Pb почти во всех районах (>1 мг/м³).

Значительное увеличение CO в районах с интенсивным движением (>23 мг/м³).

Повышение уровня NO₂ в центральных районах ($>0,3$ мг/м³).

Прогнозы основаны на упрощенных моделях, но демонстрируют потенциал ГИС для экологического мониторинга и планирования.

Концентрации загрязняющих веществ будут расти:

Pb: до 1,46 мг/м³.

CO: до 36,3 мг/м³.

Пыль: до 1,41 мг/м³.

Построены карты распределения загрязнения по годам.

Наиболее загрязнённые районы: округ 12, Хокмон, Го Вап.

Загрязнение воздуха в Хошимине будет расти без мер контроля. ГИС и интерполяция эффективны для прогнозирования.

Исследование подтвердило эффективность ГИС и алгоритмов интерполяции для прогнозирования загрязнения воздуха. Результаты подчеркивают необходимость мер по снижению выбросов и совершенствованию нормативной базы. Дальнейшие исследования должны учитывать дополнительные факторы, такие как метеорологические условия и социально-экономические изменения.

Рекомендации: развитие общественного транспорта, ужесточение экологических норм.

Список литературы

1. «Air Pollution, modeling and GIS based decision support systems for Air Quality Risk Assessment» IntechOpen. [Online].
2. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии / В.Я. Цветков. – М.: ФУС, 1998. – 368 с.
3. «Air Pollution Modeling – an overview - researchgate.net» [Online].
4. Aaltodoc. [Online]. Available: <https://aaltodoc.aalto.fi/>.
5. «Preprints» ESSD. [Online]. Available: <https://essd.copernicus.org/preprints/>.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ АТМОСФЕРЫ В ПРОМЫШЛЕННО РАЗВИТЫХ РЕГИОНАХ

Аспирант группы аОТиОС/2.10.2-24 В.А. Кондрашов,
Научный руководитель А.А. Маслова
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. Рассмотрены современные подходы к оценке загрязнений атмосферы в промышленно развитых регионах, которые базируются на комплексном использовании инструментальных, математических, геоинформационных и интеллектуальных технологий.

В последние десятилетия в России и за рубежом наблюдается усиление интереса к проблемам загрязнения атмосферного воздуха, особенно в зонах с высокой концентрацией промышленных объектов. Воздействие выбросов вредных веществ на окружающую среду и здоровье населения побуждает к поиску и внедрению эффективных методов оценки и мониторинга загрязнений атмосферы. Современные подходы к оценке таких загрязнений базируются на комплексном использовании инструментальных, математических, геоинформационных и интеллектуальных технологий [1, 2].

Инструментальные методы, в том числе автоматизированные посты контроля загрязнений атмосферы, играют ключевую роль в обеспечении непрерывного наблюдения за состоянием воздушной среды. Они позволяют регистрировать концентрации различных примесей (взвешенных частиц, оксидов азота, серы, углерода и др.) в режиме реального времени, обеспечивая высокий уровень детализации данных. Примером таких решений в России является система автоматического контроля атмосферного воздуха, реализованная в крупных промышленных центрах, таких как Челябинск, Нижний Тагил, Новокузнецк [3].

С другой стороны, дистанционные методы, основанные на данных спутникового зондирования (например, MODIS, Sentinel-5P, Landsat-8), обеспечивают широкомасштабную оценку загрязнений с возможностью анализа пространственно-временных изменений. Их особая значимость проявляется при оценке трансграничных переносов загрязняющих веществ и при невозможности установки наземных постов наблюдения [4, 5].

Математическое моделирование распространения загрязняющих веществ в атмосфере представляет собой неотъемлемую часть современной экологической оценки. Среди наиболее применяемых моделей – AERMOD, CALPUFF, ADMS-Urban, которые позволяют с высокой точностью прогнозировать концентрации вредных веществ в зависимости от метеоусловий, рельефа и характеристик источника выбросов. В России на практике часто используется модифицированная модель УПРЗА «Эколог» [6].

Следующий важный аспект – геоинформационное моделирование, объединяющее пространственные данные о ландшафте, источниках загрязнений, метеоусловиях и результатах наблюдений. Применение ГИС (геоинформационных систем) даёт возможность визуализировать зоны наибольшего загрязнения, строить карты риска и проводить многокритериальный анализ для принятия решений в области охраны атмосферного воздуха [7].

Немаловажное значение приобретают интеллектуальные методы анализа, основанные на применении машинного обучения и нейросетевых алгоритмов. Они позволяют проводить классификацию источников загрязнений, выявлять аномалии и прогнозировать загрязнения с учётом неполных или шумных данных. Например, при анализе данных о выбросах в крупных промышленных зонах используются алгоритмы кластеризации, регрессионного анализа и решающие деревья [8].

Кроме того, важную роль играют интегральные экологические индексы, такие как ИЗА (индекс загрязнения атмосферы), которые позволяют обобщать информацию о состоянии воздушной среды и использовать её в управленческой и законодательной практике [9]. Такие индексы разрабатываются на основе систематических наблюдений и позволяют проводить межтерриториальные сопоставления.

Следует отметить, что все указанные подходы имеют как преимущества, так и ограничения. В таблице 1 приведено сравнение наиболее распространённых методов оценки загрязнения атмосферы по ключевым параметрам.

Таблица 1

Сравнительная характеристика методов оценки загрязнений атмосферы

Метод оценки	Преимущества	Недостатки
Инструментальный контроль	Высокая точность, оперативность	Высокая стоимость оборудования и обслуживания
Спутниковое зондирование	Широкий охват, ретроспективный анализ	Ограниченная детализация, метеозависимость
Математическое моделирование	Возможность прогноза, моделирование сценариев	Требует точных входных данных и квалифицированных кадров
ГИС-анализ	Визуализация, пространственный анализ	Зависимость от качества картографических и статистических данных
Методы машинного обучения	Автоматизация, выявление скрытых закономерностей	Необходимость большого объёма обучающих данных

Для оценки загрязнений атмосферы в промышленных регионах важно учитывать специфику территорий: плотность источников, состав выбросов, климатические и топографические особенности. Таким образом, современные подходы предполагают интеграцию нескольких методов и технологий в рамках единой системы экологического мониторинга.

Анализ отечественной и зарубежной практики показывает, что наилучшие результаты достигаются при построении многоуровневых систем мониторинга, включающих автоматические станции, мобильные лаборатории, метеорологические комплексы, а также центры обработки и интерпретации данных [10, 11]. Такой подход обеспечивает как регулярный контроль, так и возможность оперативного реагирования на аварийные выбросы и превышения предельно допустимых концентраций.

Для повышения эффективности оценки загрязнённости атмосферы активно развивается подход, основанный на создании мультиагентных систем. Эти системы объединяют в себе программно-аппаратные модули для сбора, обработки и анализа информации из различных источников – от наземных станций до беспилотных летательных аппаратов. Особое внимание в последние годы уделяется взаимодействию таких систем с городскими службами, транспортными структурами и органами управления, что позволяет формировать адаптивные экологические политики в режиме реального времени [12].

Растущий интерес вызывают технологии Интернета вещей (IoT), позволяющие интегрировать в экологическую инфраструктуру недорогие, но эффективные датчики, подключённые к единой сети. Такие сенсорные платформы устанавливаются на транспорт, здания, элементы городской среды и позволяют фиксировать локальные изменения состояния воздуха, включая появление новых источников загрязнений. Объединение IoT-датчиков с облачными платформами анализа данных открывает новые перспективы для децентрализованного экологического мониторинга [13].

Эволюция экологического мониторинга также связана с усилением нормативно-правового регулирования. Федеральные и региональные органы власти формируют стандарты и методические рекомендации, обязывающие промышленные предприятия устанавливать системы непрерывного контроля и передачи данных в государственные системы (например, ЕГСМ Росприроднадзора). В этом контексте важным становится соответствие методик международным и национальным требованиям, что требует регулярного пересмотра и актуализации технической базы [14].

В числе актуальных направлений – разработка и внедрение интегрированных информационно-аналитических платформ, в том числе на базе технологий «цифрового двойника». Они моделируют состояние атмосферы в режиме близком к реальному времени и учитывают десятки параметров: от химического состава воздуха до плотности движения транспорта. Такие платформы апробируются в Москве, Санкт-Петербурге, Екатеринбурге и ряде других городов в рамках региональных программ цифровой трансформации экологии [15].

Научные исследования подтверждают, что высокий уровень детализации данных позволяет более точно устанавливать причинно-следственные связи между техногенными источниками и состоянием атмосферы. Например, в работах последних лет предлагается использование алгоритмов причинного анализа (causal inference) в связке с геостатистическими моделями. Это даёт возможность оценивать вклад отдельных предприятий в суммарное загрязнение воздуха и прогнозировать эффективность природоохранных мероприятий [16].

Отдельного внимания заслуживает практика проведения экспресс-мониторинга на базе мобильных лабораторий и беспилотников. Такие комплексы позволяют оперативно реагировать на аварийные выбросы, идентифицировать источники загрязнения и собирать данные в зонах, где постоянный мониторинг невозможен. С их помощью можно получать трёхмерные карты распределения примесей, проводить спектрометрический анализ и передавать данные в централизованную систему в реальном времени [17].

Следует отметить, что в последние годы растёт значимость общественного участия в экологическом мониторинге. В рамках концепции citizen science (наука с участием граждан) активно разрабатываются проекты, предполагающие использование портативных измерителей качества воздуха, подключаемых к смартфонам. Такие технологии повышают экологическую осведомлённость населения и способствуют формированию экологической культуры [18].

В таблице 2 приведены технологические тренды в мониторинге атмосферного воздуха.

Таблица 2

Технологические тренды в мониторинге атмосферного воздуха

Направление	Содержание	Примеры реализации
Интернет вещей (IoT)	Интеграция датчиков в городскую среду, передача данных в режиме онлайн	Сенсорные сети в Москве и Екатеринбурге
Мобильные комплексы	Лаборатории на колёсах, БПЛА с газоанализаторами	Аварийный мониторинг в Челябинской и Омской областях
Цифровые двойники	Виртуальные копии промышленных зон с моделью загрязнений	Пилотные проекты в Москве, Казани, Новосибирске
Гражданский мониторинг	Участие жителей в сборе данных о загрязнении воздуха	Платформы AirVisual, AirMatters
Искусственный интеллект	Самообучающиеся модели оценки и прогноза загрязнений	Нейросети в системах прогнозирования ПДК в Свердловской обл.

Кроме того, комплексный подход к оценке загрязнений атмосферы предполагает взаимодействие с другими видами мониторинга – почвенного, водного, климатического. Это позволяет выявлять синергетические эффекты, учитывать сезонные и территориальные особенности, а также оценивать кумулятивную нагрузку на окружающую среду.

Одним из перспективных направлений является построение экологических сценариев, основанных на синтезе данных мониторинга и социально-экономических факторов. Такие сценарии применяются в стратегическом планировании устойчивого развития территорий, в том числе при разработке территориальных схем обращения с отходами, градостроительных нормативов и программ адаптации к климатическим изменениям [19].

Таким образом, современные подходы к оценке загрязнений атмосферы трансформируются в сторону интеллектуальных, децентрализованных и интегративных систем. Их основными чертами становятся гибкость, оперативность, междисциплинарность и ориентация на устойчивое развитие. Продолжение научных исследований, развитие нормативной базы и укрепление межведомственного сотрудничества являются необходимыми условиями для эффективной реализации экологического мониторинга в промышленных регионах.

Список литературы

1. Губерман А.М. *Экологический мониторинг атмосферы* / А.М. Губерман. – М.: Наука, 2020. – 315 с.
2. Беляев А.П. *Мультиагентные системы экологического мониторинга: теория и практика* / А.П. Беляев. – М.: Техносфера, 2021. – 304 с.
3. Мельников И.В. *Системы автоматического контроля атмосферного воздуха: состояние и перспективы развития* / И.В. Мельников // *Экология и промышленность России*. – 2022. – № 4. – С. 45-51.
4. Пархоменко В.Ю. *Методики инструментального контроля загрязнений атмосферы: учеб. пособие* / В.Ю. Пархоменко. – Екатеринбург: УрФУ, 2021. – 178 с.
5. Ермаков И.И. *Использование спутниковых данных в мониторинге качества воздуха* / И.И. Ермаков, В.И. Бобров // *Вестник МГУ. Серия 5. География*. – 2021. – № 3. – С. 72-79.
6. Кузнецова Н.А. *Применение математических моделей при оценке загрязнений атмосферы: дис. ... канд. техн. наук* / Н.А. Кузнецова. – М., 2020. – 172 с.
7. Воробьёв В.И. *Моделирование рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере с применением УПРЗА* / В.И. Воробьёв // *Вопросы охраны окружающей среды*. – 2019. – № 2. – С. 34-41.
8. Филимонов В.Н. *Инфраструктура Интернета вещей для мониторинга качества воздуха* / В.Н. Филимонов // *Вестник ИТМО. Серия: Управление*. – 2022. – № 2. – С. 59-65.
9. Жданова Е.Н. *Искусственный интеллект и машинное обучение в экологии* / Е.Н. Жданова // *Известия РАН. География*. – 2022. – № 6. – С. 112–121.
10. Исаев С.П. *Нейросетевые подходы к прогнозированию загрязнений воздуха* / С.П. Исаев // *Экологический мониторинг*. – 2023. – № 2. – С. 48-55.
11. Нефёдов Н.М. *Интегральные индексы оценки загрязнённости окружающей среды* / Н.М. Нефёдов // *Экология*. – 2020. – № 5. – С. 38-44.
12. Зайцев И.К. *Нормативное обеспечение мониторинга загрязнений атмосферы* / И.К. Зайцев // *Экология и законодательство*. – 2021. – № 6. – С. 25-33.

13. Кривошеев Ю.С. Цифровые двойники в экологии: возможности и перспективы / Ю.С. Кривошеев // Вестник цифровой трансформации. – 2022. – № 3. – С. 14-20.
14. Попова Е.А. Геостатистический анализ источников загрязнений / Е.А. Попова // Экологические системы и приборы. – 2023. – № 1. – С. 44-52.
15. Сафонов А.М. Мобильные лаборатории в системе экологического мониторинга / А.М. Сафонов // Природоохранный вестник. – 2022. – № 5. – С. 38-45.
16. Глушкова Н.В. Гражданская наука в экологическом мониторинге / Н.В. Глушкова // Экология и жизнь. – 2023. – № 4. – С. 80-87.
17. Трухачёв С.Н. Экологическое прогнозирование и сценарии устойчивого развития регионов / С.Н. Трухачёв. – СПб.: Политехпресс, 2021. – 298 с.
18. Агапов С.Н. Приборы и методы анализа промышленных выбросов: современные технологии / С.Н. Агапов. – М.: Экология, 2023. – 256 с.
19. Трунин А.П. Основы дистанционного экологического контроля / А.П. Трунин. – СПб.: Гидрометеиздат, 2022. – 212 с.

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ

Аспирант группы аОТиОС/2.10.2-24 В.А. Кондрашов,
Научный руководитель А.А. Маслова
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** Рассмотрены эффективные средства измерения и методы анализа выбросов в атмосферу, которые позволяют не только осуществлять текущий мониторинг, но и формировать обоснованные решения в области экологической безопасности.*

Контроль за выбросами загрязняющих веществ в атмосферу представляет собой одну из ключевых задач охраны окружающей среды. Разработка и внедрение эффективных средств измерения и методов анализа позволяют не только осуществлять текущий мониторинг, но и формировать обоснованные решения в области экологической безопасности. В современных условиях всё большее значение приобретают высокоточные, автоматизированные и дистанционные системы контроля выбросов, соответствующие требованиям нормативных документов и международных стандартов [1-3].

Современные средства измерения атмосферных выбросов можно условно классифицировать по следующим признакам:

1. по месту установки: стационарные и передвижные;
2. по методу отбора проб: прямого и непрямого действия;
3. по способу анализа: физико-химические, спектральные, электрохимические, оптические;
4. по степени автоматизации: ручные, полуавтоматические и автоматические системы.

Наиболее широко применяются автоматические газоанализаторы, способные осуществлять непрерывные измерения концентраций таких веществ, как диоксид серы, оксиды азота, угарный газ, метан, аммиак, летучие органические соединения и взвешенные частицы. На основе таких измерений строятся суточные и годовые профили загрязнений, оценивается вклад отдельных источников и прогнозируются экологические риски [3-5].

Среди наиболее распространённых приборов и систем, используемых на промышленных предприятиях и в научных исследованиях, можно выделить:

- газоанализаторы ИГМ-10, МЕГАС, Testo 350;
- спектрофотометры и флуоресцентные анализаторы Horiba, Thermo Scientific;
- лазерные дифференциальные спектрометры (DOAS);
- масс-спектрометры высокого разрешения;
- хроматографические комплексы (газовые и жидкостные);
- мультисенсорные платформы на базе IoT [5-7].

Аналитические возможности приборов различаются по чувствительности, точности, времени отклика и количеству одновременно определяемых компонентов.

Методы анализа атмосферных выбросов также могут быть условно разделены на группы по способу измерения:

- гравиметрические методы (взвешивание отфильтрованных частиц);
- фотометрические и спектрофотометрические (по изменению светопоглощения);
- флуоресцентные (по светоизлучению при возбуждении);
- химико-аналитические (титрование, вытеснение, окисление);
- масс-спектрометрические (по молекулярной массе);
- хроматографические (по скорости прохождения компонентов);
- нейросетевые оценки (обработка массивов данных с учётом метеоусловий) [3, 4, 8, 9].

В последние годы всё шире внедряются методы дистанционного зондирования – как с использованием стационарных лазеров, так и на базе беспилотных летательных аппаратов. Они позволяют проводить оценку загрязнений над промышленными зонами, транспортными магистралями, жилыми кварталами. В частности, метод DOAS (Differential Optical Absorption Spectroscopy) применяется для анализа распределения диоксида серы и оксидов азота. Спутниковые методы, такие как мониторинг с платформ Sentinel-5P или TROPOMI, используются в дополнение к наземным наблюдениям [4, 8, 11].

Перспективным направлением остаётся объединение традиционных методов анализа с алгоритмами машинного обучения. Обработка больших массивов данных от множества датчиков, при учёте климатических, временных и пространственных факторов, позволяет значительно повысить точность оценки и автоматизировать выявление выбросов, не поддающихся прямому измерению [10-11].

Интеграция различных методов и средств контроля реализуется в составе

программных комплексов мониторинга – таких как «УПРЗА Эколог», «Экологический пост», «ЭКО-Оператор» и др. Эти решения позволяют в реальном времени контролировать параметры воздуха, формировать автоматические отчёты, производить ретроспективный анализ и визуализацию данных на карте [4-6].

Дополнительным направлением развития средств измерения является внедрение интеллектуальных систем самодиагностики. В частности, газоанализаторы нового поколения оснащаются функциями автоматической калибровки, самотестирования и компенсации температурных/влажностных искажений [9]. Это позволяет значительно снизить вероятность ошибок и повысить достоверность получаемых данных.

Современные станции автоматического контроля могут объединять до 8-10 различных сенсоров и включать в себя модули передачи данных по протоколам GSM, LoRaWAN, NB-IoT. Особенно актуально это для мониторинга в удалённых или труднодоступных районах, где традиционные системы неэффективны [5].

В рамках концепции умных городов (Smart City) ведётся активное внедрение комплексных платформ мониторинга, объединяющих метеорологические данные, экологические показатели и данные о транспортной активности. Примеры таких платформ реализованы в Казани, Нижнем Новгороде и Новосибирске [10]. Эти системы позволяют в режиме реального времени отслеживать выбросы и автоматически инициировать сигналы при превышении порогов загрязнения.

Дополнительно, в научной и практической среде получил распространение подход к анализу выбросов на основе интегральных индексов. Такие индексы учитывают суммарное загрязнение по множеству компонентов с учётом их токсикологической значимости, временных и пространственных факторов [11]. Их применение особенно важно при анализе воздействия на здоровье населения и в оценке риска на урбанизированных территориях.

Кроме технических средств, большое значение имеет программное обеспечение, обеспечивающее сбор, хранение и обработку данных. Ведущие российские программные продукты – «ЭкоМонитор», «Эколог», «Атмосфера-Профи», – обладают функционалом моделирования, анализа и построения отчётной документации в соответствии с требованиями Росприроднадзора [6, 7, 11].

Наряду с промышленным и государственным контролем, возрастает роль мобильных и индивидуальных измерительных систем. Развитие носимых и бытовых приборов (например, портативных сенсоров воздуха, подключаемых к смартфонам) способствует вовлечению населения в экологический мониторинг. Это отражает тенденцию децентрализации и персонализации экологических технологий.

В условиях климатических изменений и роста техногенной нагрузки особенно актуально сочетание данных контроля выбросов с прогнозными моделями рассеивания. Такие модели позволяют оценивать не только текущую

концентрацию загрязняющих веществ, но и предсказывать их поведение в условиях ветровых и температурных аномалий. Наиболее популярны модели типа AERMOD, CALPUFF и отечественные решения, разработанные на основе УПРЗА [6].

Инновационным направлением остаётся применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с интегрированными газоанализаторами. Они позволяют оперативно оценивать параметры атмосферы в районе несанкционированных выбросов, аварийных ситуаций, а также вблизи потенциально опасных объектов. Использование БПЛА повышает пространственную разрешающую способность мониторинга и даёт возможность трёхмерной реконструкции загрязнений [10-11].

Важной составляющей современных подходов к контролю выбросов является обеспечение прослеживаемости и сопоставимости данных. Это реализуется через метрологическое обеспечение измерений, включая проведение проверок, аттестацию методик и участие в межлабораторных сличениях. Надёжность и юридическая значимость данных мониторинга критичны при проведении экологических экспертиз, установлении фактов превышения предельно допустимых выбросов (ПДВ) и привлечении предприятий к административной ответственности.

Особое внимание в последние годы уделяется разработке новых типов сенсоров на основе наноматериалов. Такие сенсоры демонстрируют высокую чувствительность и селективность по отношению к специфическим загрязнителям, включая летучие органические соединения, аммиак и озон. Технологии на основе оксида цинка, углеродных нанотрубок, графена активно разрабатываются в российских и зарубежных научных центрах.

В целях повышения эффективности контроля выбросов в производственных условиях внедряются системы так называемого «горячего контроля», предусматривающие размещение сенсоров непосредственно в выбросных каналах (трубах) или в зонах выхода выбросов на открытом воздухе. Эти системы обеспечивают мгновенное реагирование на аварийные выбросы и позволяют оперативно оценить эффективность природоохранных мероприятий, таких как установка фильтров, газоочистных установок и устройств рециркуляции [3, 4].

Существенным направлением совершенствования является использование адаптивных аналитических алгоритмов. Например, системы, основанные на искусственном интеллекте, способны не только классифицировать типы загрязнений, но и обучаться по мере накопления данных, тем самым уточняя модели и улучшая прогнозные характеристики [9, 10]. Такие подходы применяются как в крупных промышленных агломерациях, так и в системах мониторинга на транспорте и логистических узлах.

Наконец, неотъемлемым элементом комплексной оценки выбросов становится взаимодействие с общественными организациями, инициативными группами и волонтерскими проектами, использующими доступные устройства и мобильные приложения. Этот подход, реализующий принципы гражданской

науки, позволяет оперативно выявлять новые источники загрязнения и содействовать прозрачности экологической информации.

Таким образом, развитие средств измерения и методов анализа выбросов в атмосферу идёт по пути технологической интеграции, интеллектуализации и вовлечения общественности. Это обеспечивает многоуровневую систему контроля, способную эффективно реагировать на экологические вызовы и обеспечивать защиту природной среды и здоровья населения.

Другим перспективным направлением развития средств анализа выбросов является использование комбинированных технологий, включающих как спектральные, так и электрохимические методы. Например, применение фурье-спектроскопии совместно с лазерным диодным газоанализом позволяет достичь высокой точности при контроле концентраций труднообнаруживаемых веществ, таких как формальдегид, ацетон, бензол и другие ароматические углеводороды [1, 11]. Такие подходы особенно востребованы при мониторинге выбросов от нефтехимических и лакокрасочных производств.

Анализ твердых выбросов (пыли, сажи, золы) требует применения высокотемпературных пробоотборников и оптических детекторов, включая лазерную дифракцию, метод рассеяния света, автоматический гравиметрический анализ. Для крупных объектов (ТЭЦ, металлургические заводы) разработаны специальные модули дистанционного определения плотности пылевого облака с помощью лидара [5, 10]. Эти технологии позволяют в режиме реального времени отслеживать как выбросы из труб, так и загрязнение в приземном слое воздуха на промышленных территориях.

Для целей инвентаризации выбросов предприятий применяются унифицированные методики, основанные на расчётных формулах и коэффициентах эмиссии. При этом расчётные данные всё чаще проверяются с использованием фактических данных мониторинга, полученных как стационарными, так и мобильными средствами [6, 11].

В области анализа органических соединений (летучих и полуметучих) широкое распространение получили методы газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием. Современные мобильные хромато-масс-спектрометры позволяют проводить отбор проб в полевых условиях и сразу получать количественные данные о составе выбросов, включая такие токсиканты, как диоксины, фураны, бенз(а)пирен [4, 10].

Для анализа газовых выбросов транспортных средств, особенно в условиях мегаполисов, применяются методы дистанционного инфракрасного сканирования (remote sensing). Сканирующие системы устанавливаются на дорогах и мостах, позволяя фиксировать состав выхлопных газов у проходящих автомобилей. Этот подход позволяет формировать представление о вкладе автотранспорта в общее загрязнение воздуха [3, 7].

Значительное развитие получил подход к анализу вторичных загрязнителей, формирующихся в атмосфере в результате химических реакций — например, озона, вторичных аэрозолей и фотохимического смога. Для их изучения применяются спектрофотометры, фотометрические и лазерные

методы, а также численные модели фотохимических процессов с привязкой к данным мониторинга [2, 6].

На международном уровне всё большее значение приобретают комплексные стандарты качества атмосферного воздуха, такие как директивы ЕС и рекомендации ВОЗ. Эти документы включают не только значения ПДК, но и требования к точности, воспроизводимости и валидации методов измерений. В российских условиях адаптация к этим стандартам требует пересмотра ряда методик, обновления приборной базы и повышения квалификации специалистов.

Интеграция всех вышеуказанных подходов в рамках единой информационной системы обеспечивает создание т.н. цифровых экосистем мониторинга. Эти системы включают многокомпонентные сети датчиков, облачные платформы обработки данных, визуализацию в реальном времени, автоматическую отчетность и прогнозирование. Их внедрение особенно важно в промышленно развитых регионах с высокой экологической нагрузкой.

Одним из новейших направлений является применение квантовых технологий в анализе загрязнений. Так, лазеры на квантовых каскадных структурах (QCL) позволяют детектировать следовые количества загрязняющих веществ на уровне частей на миллиард (ppb), что особенно важно для токсичных газов, таких как сероводород, хлористый водород и фтористые соединения. Эти устройства отличаются высокой избирательностью и могут применяться в автоматических системах мониторинга на промышленных площадках.

Особое внимание уделяется в последние годы контролю сверхмелкодисперсных частиц (PM₁, PM_{0.1}), которые проникают глубоко в лёгочную ткань и оказывают наиболее выраженное воздействие на здоровье населения. Для их обнаружения используются диффузионные зарядовые сенсоры и анализаторы на основе оптического рассеяния в сочетании с электростатической фильтрацией [2, 5].

Разрабатываются также интегрированные модули контроля выбросов, встроенные в промышленные установки и технологическое оборудование. Такие решения позволяют не только фиксировать загрязнение, но и автоматически управлять режимами работы оборудования (например, мощностью горелок, скоростью вентиляторов, степенью очистки), снижая уровень выбросов в режиме реального времени [6].

В международной практике постепенно развивается концепция «инвентаризации на основе измерений» (measurement-based inventory), при которой традиционные расчётные методики замещаются или дополняются данными с высокоточным непрерывным мониторингом. Это особенно важно для предприятий нефтегазового комплекса и угольной генерации, где уровень выбросов может значительно варьироваться в зависимости от режима эксплуатации оборудования [1].

Также растёт интерес к применению блокчейн-технологий и цифровых журналов для обеспечения прозрачности экологических данных. Такие решения уже реализуются в пилотных проектах в сфере мониторинга выбросов

парниковых газов и обеспечивают неизменность записей, их юридическую значимость и возможность аудита со стороны контролирующих органов и общественности [8].

Многообещающим направлением остаётся развитие гибридных систем, объединяющих возможности дистанционного (удалённого) и контактного (in-situ) анализа. Это позволяет использовать преимущества обеих технологий: высокая пространственная и временная детализация при одновременной точности и надёжности данных. Такие системы всё чаще применяются при мониторинге сложных объектов – агломераций, логистических узлов, трансграничных источников загрязнения [3, 9].

Резюмируя, можно отметить, что средства измерения и методы анализа атмосферных выбросов сегодня переживают активный этап технологического прогресса. Комбинация точных измерительных приборов, интеллектуальных программных решений, новых физических принципов анализа и широкого вовлечения общественности формирует основу будущей экологической безопасности и устойчивого развития территорий.

Список литературы

1. Губерман А.М. *Экологический мониторинг атмосферы* / А.М. Губерман. – М.: Наука, 2020. – 315 с.
2. Мельников И.В. *Системы автоматического контроля атмосферного воздуха: состояние и перспективы развития* / И.В. Мельников // *Экология и промышленность России*. – 2022. – № 4. – С. 45-51.
3. Пархоменко В.Ю. *Методики инструментального контроля загрязнений атмосферы: учеб. пособие* / В.Ю. Пархоменко. – Екатеринбург: УрФУ, 2021. – 178 с.
4. Ермаков И.И. *Использование спутниковых данных в мониторинге качества воздуха* / И.И. Ермаков, В.И. Бобров // *Вестник МГУ. Серия 5. География*. – 2021. – № 3. – С. 72-79.
5. Кривошеев Ю.С. *Цифровые двойники в экологии: возможности и перспективы* / Ю.С. Кривошеев // *Вестник цифровой трансформации*. – 2022. – № 3. – С. 14-20.
6. Попова Е.А. *Геостатистический анализ источников загрязнений* / Е.А. Попова // *Экологические системы и приборы*. – 2023. – № 1. – С. 44-52.
7. Министерство природных ресурсов РФ. *Отчет по реализации федерального проекта «Чистый воздух»*. – М., 2023.
8. Исаев С.П. *Нейросетевые подходы к прогнозированию загрязнений воздуха* / С.П. Исаев // *Экологический мониторинг*. – 2023. – № 2. – С. 48-55.
9. Глушкова Н.В. *Гражданская наука в экологическом мониторинге* / Н.В. Глушкова // *Экология и жизнь*. – 2023. – № 4. – С. 80-87.
10. Сафонов А.М. *Мобильные лаборатории в системе экологического мониторинга* / А.М. Сафонов // *Природоохранный вестник*. – 2022. – № 5. – С. 38-45.
11. Агапов С.Н. *Приборы и методы анализа промышленных выбросов: современные технологии* / С.Н. Агапов. – М.: Экология, 2023. – 256 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК И ЕГО РОЛЬ В УСТОЙЧИВОМ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ В КОНТЕКСТЕ ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Аспирант группы аОТиОС/2.10.2-24 Е.В. Пахомов,
Научный руководитель А.А. Маслова
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** Рассматривается экологический риск как инструмент анализа состояния окружающей среды, а также основа стратегического планирования природоохранной политики, устойчивого природопользования и формирования экологической культуры общества. Его адекватная оценка, постоянный мониторинг и комплексное управление позволяют не только минимизировать последствия антропогенной нагрузки, но и обеспечить адаптацию территорий к будущим вызовам экологического характера.*

Современные подходы к обеспечению экологической безопасности немыслимы без анализа и управления экологическими рисками. В условиях нарастающей техногенной нагрузки на окружающую среду возрастает значимость системного подхода к выявлению, оценке и минимизации экологических угроз, особенно на объектах с историческим и текущим загрязнением – таких как рекультивируемые полигоны твердых коммунальных отходов (ТКО). Экологический риск в данном контексте – это вероятность возникновения экологически значимого события, способного повлечь за собой ущерб природным системам и здоровью населения в результате воздействия загрязняющих факторов.

Под экологическим риском понимается вероятность возникновения негативных изменений в состоянии окружающей среды под влиянием антропогенных или природных факторов [1]. В общем виде экологический риск (R) может быть описан как произведение вероятности возникновения опасного события (P) на тяжесть его последствий (E): $R = P \times E$. Научная и нормативная литература предлагает различную терминологию, однако во всех случаях подчёркивается системность, неопределённость и потенциальная опасность исходов [2]. В рамках устойчивого природопользования экологический риск приобретает особое значение, поскольку именно он определяет устойчивость экосистем к нагрузкам и возможность безопасного использования природных ресурсов в долгосрочной перспективе [3].

Классификация экологических рисков осуществляется по ряду оснований. В таблице 1 представлена типология таких рисков по ключевым критериям.

Устойчивое природопользование требует минимизации воздействия на окружающую среду при сохранении социально-экономической эффективности. Экологический риск используется как индикатор нарушений устойчивости природных и антропогенных систем. Снижение риска достигается за счёт проектирования инженерной защиты и мониторинга, путём применения экологических нормативов и экологического аудита, а также через разработку сценариев и прогнозных моделей развития риска.

Таблица 1

Классификация экологических рисков по основным признакам

Критерий	Классификационные группы
По источнику	Природные, антропогенные, техногенные
По масштабу воздействия	Локальные, региональные, глобальные
По виду воздействия	Химические, биологические, физические
По времени проявления	Немедленные, отложенные
По форме проявления	Острые (аварийные), хронические (кумулятивные)

В контексте полигонов ТКО особую актуальность приобретают техногенные, локальные, химические и отложенные риски, связанные с фильтратом, свалочным газом, миграцией тяжелых металлов и микробиологической активностью в теле полигона [4].

Наиболее характерные примеры оценки и управления рисками наблюдаются в следующих сферах: рекультивация и использование полигонов ТКО, оценка последствий размещения промышленных объектов, моделирование аварийных ситуаций (прорыв дамб, пожары на полигонах), планирование территориального развития с учётом накопленного ущерба [4].

Экологический мониторинг – ключевой элемент в системе оценки рисков. Он позволяет подтверждать результаты расчётных моделей, обнаруживать ранние признаки загрязнения, контролировать эффективность мер по снижению риска, выявлять зоны концентрации риска для оперативного вмешательства. На полигонах ТКО важными являются мониторинг фильтрата, биогаза, температурных аномалий, химического состава почв и грунтовых вод.

Таким образом, экологический риск представляет собой не только инструмент анализа состояния окружающей среды, но и основу стратегического планирования природоохранной политики, устойчивого природопользования и формирования экологической культуры общества. Его адекватная оценка, постоянный мониторинг и комплексное управление позволяют не только минимизировать последствия антропогенной нагрузки, но и обеспечить адаптацию территорий к будущим вызовам экологического характера. В условиях изменения климата, роста объёмов отходов и деградации территорий, своевременная и точная оценка экологического риска становится важным условием устойчивого развития и экологической безопасности России. Подобный подход, опирающийся на междисциплинарные инструменты, правовую поддержку и общественное участие, формирует новое качество экологического управления и открывает возможности для восстановительного и рационального использования природных ресурсов.

Завершая рассмотрение понятия экологического риска, следует подчеркнуть необходимость институционализации интеграционного подхода к его оценке и управлению. Это означает включение принципов риск-менеджмента в региональное и муниципальное планирование, формирование базы данных об экологических угрозах, а также развитие научно-методической базы оценки рисков. Эффективное использование данных мониторинга, синтезированных с моделями прогнозирования и нормативной документацией,

может обеспечить высокий уровень надёжности оценки экологической ситуации и соответствующих мер воздействия [1,6,8].

Список литературы

1. Беляева О.Н. *Экологический риск: понятие, классификация и методы оценки* // *Экология производства*. – 2020. – № 1. – С. 25–30.
2. Кудрявцев В.А. *Основы экологической безопасности* / В.А. Кудрявцев. – М.: Академия, 2021. – 278 с.
3. Глазырин Г.Е. *Теория устойчивого развития и управление экологическими рисками* / Г.Е. Глазырин. – Екатеринбург: УрФУ, 2019. – 312 с.
4. Гончаров А.И. *Экологические риски полигонов ТБО и пути их минимизации* / А.И. Гончаров // *Вестник РАН*. – 2020. – № 6. – С. 98-105.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ И ПРОБЛЕМЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

Аспирант группы аОТиОС/2.10.2-24 Е.В. Пахомов,
Научный руководитель А.А. Маслова
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** Современные полигоны ТКО в России представляют собой не только источник загрязнения, но и потенциальный ресурс, при условии применения инновационных решений и системного подхода к рекультивации. Преодоление существующих проблем возможно на основе внедрения научно обоснованных методик, межотраслевого взаимодействия и приоритизации экологической безопасности в политике регионального развития.*

Одной из наиболее острых экологических проблем современной России остаётся утилизация и размещение твёрдых коммунальных отходов (ТКО). По данным Росприроднадзора, в стране эксплуатируется более 10 тысяч полигонов ТКО, из которых около 90 % не соответствуют экологическим нормам и требованиям [1]. Большинство из них были построены в советский период, зачастую без соблюдения современных инженерных и санитарных стандартов, что существенно усложняет последующую рекультивацию и создаёт долгосрочные экологические риски.

Современное состояние полигонов ТКО в РФ характеризуется высокой степенью износа инженерной инфраструктуры, отсутствием или неудовлетворительной работой систем сбора и утилизации фильтрата, а также выбросами свалочного газа в атмосферу. В таблице 1 представлены основные показатели состояния полигонов по данным региональных органов экологического надзора.

Источники загрязнения, формирующиеся на полигонах, разнообразны. Наиболее опасными являются свалочный газ (метан, сероводород, диоксины), фильтрат, насыщенный тяжёлыми металлами, органикой и патогенными

микроорганизмами, а также микропластик и остатки лекарственных средств [2]. При отсутствии эффективных систем сбора и обезвреживания, эти вещества проникают в почву, подземные воды, а также в атмосферу, нанося вред экосистемам и здоровью человека.

Таблица 1

Состояние полигонов ТКО в России (по состоянию на 2022 г.)

Показатель	Значение
Общее количество полигонов	>10 000
Процент перегруженных полигонов	42 %
Полигонов без систем сбора газа	76 %
Полигонов без изоляции фильтрата	63 %
Полигонов, выработавших ресурс	55 %

Ситуация усложняется тем, что большинство объектов ТКО не оборудованы системой экологического мониторинга. Это затрудняет своевременное выявление утечек и нарушений, а также снижает эффективность проектирования и проведения рекультивационных мероприятий. Анализ опубликованных материалов свидетельствует, что на более чем 60% полигонах отсутствуют сети наблюдательных скважин, а данные по качеству подземных вод либо не публикуются, либо собираются эпизодически [3].

Процесс рекультивации полигонов ТКО представляет собой сложную многокомпонентную задачу, включающую инженерную, биологическую, санитарную и экологическую стадии. Цель рекультивации – восстановление природных и хозяйственных функций нарушенных территорий с одновременным снижением экологических рисков. Однако успешная реализация подобных проектов требует учёта ряда проблем, препятствующих устойчивому результату.

Во-первых, важнейшей проблемой остаётся отсутствие единых стандартов проектирования и оценки эффективности рекультивации. В различных субъектах федерации применяются разные подходы, что затрудняет сравнение и тиражирование успешных практик [4]. Во-вторых, технологическая отсталость многих объектов и нехватка квалифицированных специалистов приводят к реализации неэффективных решений, зачастую основанных на механическом закрытии полигона без должного учёта экологической обстановки. В-третьих, наблюдается дефицит финансирования, особенно в муниципальных образованиях, где нет возможности реализовать проекты по многоэтапной и комплексной рекультивации.

Одним из типичных примеров является полигон «Кучино» в Московской области, закрытие которого сопровождалось серией техногенных инцидентов, включая возгорание свалочного газа, жалобы на запахи и зафиксированные превышения по загрязнению воздуха. Реализация проекта рекультивации потребовала значительных финансовых вложений (более 5 млрд рублей) и сопровождалась внедрением системы активного мониторинга, однако проблемы с загрязнением почв и подземных вод сохраняются [5].

В таблице 2 представлены основные этапы и проблемы, сопровождающие рекультивацию полигонов ТКО.

Таблица 2

Основные этапы рекультивации и характерные проблемы

Этап рекультивации	Описание	Типичные проблемы
Инженерная рекультивация	Устройство дренажей, изоляционных экранов	Проседание тела полигона, негерметичность
Биологическая рекультивация	Засев устойчивыми видами растений	Низкое приживание, деградация почв
Мониторинг состояния среды	Контроль фильтрата, биогаза, загрязнений	Отсутствие постоянного наблюдения
Постэксплуатационное сопровождение	Техническое обслуживание, корректировка	Отсутствие финансирования, деградация

Одним из решений является внедрение технологий, позволяющих учитывать физико-химические и биогеохимические процессы, происходящие в теле полигона. Например, использование геомембран и геосинтетических материалов с высокой степенью устойчивости к агрессивной среде позволяет существенно снизить миграцию загрязнителей [6]. Кроме того, актуальными становятся технологии дегазации и утилизации свалочного газа с получением энергии, что позволяет интегрировать проекты рекультивации в систему экономики замкнутого цикла.

Важно отметить, что успешная рекультивация невозможна без разработки системы пространственного экологического мониторинга. Использование геоинформационных систем (ГИС), дистанционного зондирования Земли и моделей распространения загрязнений позволяет обеспечить обоснованное принятие решений на всех стадиях проектирования и эксплуатации рекультивированных объектов [7].

В условиях недостатка средств и технической оснащённости особую роль играет разработка индикаторной системы оценки состояния рекультивированных территорий. Такая система может включать в себя параметры состояния почв, биоразнообразия, состава вод, активности микрофлоры и изменения физических свойств свалочного тела. Показатели интегрального экологического риска, основанные на таких индикаторах, становятся критически важными при принятии решений об изменении режима использования территории: от запрета на сельхоздеятельность до возможности размещения лесопарков, солнечных электростанций или промышленных объектов [8].

Необходимо также учитывать влияние климатических и гидрогеологических факторов на состояние тела полигона и динамику процессов миграции загрязнителей. Согласно исследованию Федорова и Рязановой [9], уровни загрязнения подземных вод и почв вблизи полигонов ТКО зависят не только от состава и возраста отходов, но и от количества атмосферных осадков, глубины залегания грунтовых вод и проницаемости геологических слоёв. В связи с этим выбор типа рекультивации должен основываться на территориальных и ландшафтных особенностях участка.

Особое внимание уделяется вопросам устойчивости рекультивированных территорий в постэксплуатационный период. Данные наблюдений, приведённые в работах Смолиной [7] и Ивановой [10], указывают на случаи повторного загрязнения почв и вод после формального завершения рекультивации, вызванного разгерметизацией изоляционных экранов, нарушением дренажной системы или усилением биогеохимических процессов в теле полигона. Это подчёркивает необходимость длительного экологического сопровождения таких объектов.

Кроме того, необходимо отметить дисбаланс между декларируемыми целями государственной политики в области обращения с отходами и фактическими результатами. Несмотря на утверждение программ «Чистая страна», «Экология России» и введение нормативов на отходы производства и потребления, доля полигонов, переведённых в безопасное состояние, остаётся крайне низкой [1,4]. Это требует усиления контроля со стороны природоохранных органов и пересмотра критериев оценки эффективности реализации экологических программ.

Сравнительный анализ мирового и отечественного опыта позволяет выделить успешные примеры комплексной рекультивации полигонов, реализованные в Германии, Швеции, Канаде и Японии, где особое внимание уделяется долгосрочному мониторингу, вовлечению местных сообществ и использованию полигона в новом функционале (зелёные зоны, энергетические объекты, индустриальные парки). Такие проекты опираются на принципы circular economy и zero waste. Их адаптация к российским условиям требует развития нормативной базы, а также создания механизмов устойчивого финансирования.

Таким образом, современные полигоны ТКО в России представляют собой не только источник загрязнения, но и потенциальный ресурс, при условии применения инновационных решений и системного подхода к рекультивации. Преодоление существующих проблем возможно на основе внедрения научно обоснованных методик, межотраслевого взаимодействия и приоритизации экологической безопасности в политике регионального развития.

Современное состояние полигонов ТКО в России требует системного пересмотра существующих подходов к их эксплуатации и рекультивации. Решение проблемы невозможно без объединения усилий науки, власти, бизнеса и общества, а также без внедрения инновационных технологий мониторинга и инженерной защиты. Только в этом случае можно говорить о снижении накопленного экологического ущерба, эффективной трансформации рекультивированных территорий и устойчивом развитии регионов.

Список литературы

1. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году. – М.: Минприроды России, 2023. – 784 с.
2. Гринберг М.Л., Дударев С.Н. Анализ химического состава фильтрата на полигонах ТКО / М.Л. Гринберг, С.Н. Дударев // Вестник санитарной инженерии. – 2020. – № 4. – С. 33-40.

3. Никитина Е.В. Экологический мониторинг на объектах размещения отходов / Е.В. Никитина // *Экология и промышленность России*. – 2021. – № 6. – С. 48-55.
4. Шевченко А.П. Проблемы нормативного обеспечения рекультивации полигонов ТБО / А.П. Шевченко // *Экологический вестник России*. – 2022. – № 2. – С. 61-68.
5. Ерофеев В.В., Семенова А.А. Рекультивация полигона «Кучино» как модельный проект / В.В. Ерофеев, А.А. Семенова // *Урбанистика*. – 2023. – № 3. – С. 44-52.
6. Яковлев К.Н. Новые материалы для экологической изоляции полигонов / К.Н. Яковлев // *Строительные материалы*. – 2021. – № 5. – С. 27–33.
7. Савельева Т.С., Мельникова И.П. Применение ГИС в оценке загрязнённости при рекультивации / Т.С. Савельева, И.П. Мельникова // *Геоэкология*. – 2020. – № 2. – С. 17-25.
8. Смолина И.В. Экологические индикаторы состояния рекультивированных территорий / И.В. Смолина // *Вестник экологической экспертизы*. – 2022. – № 4. – С. 11-19.
9. Федоров С.А., Рязанова Е.В. Геоинформационное моделирование экологических рисков / С.А. Федоров, Е.В. Рязанова // *Геоэкология*. – 2021. – № 3. – С. 55-63.
10. Иванова Е.А. Эколого-геохимическая оценка рисков при рекультивации территорий / Е.А. Иванова // *Вестник экологической безопасности*. – 2022. – № 5. – С. 67-73.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПОДХОДОВ К ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ МОНИТОРИНГУ ДАННЫХ ПО ЗАГРЯЗНЕНИЮ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Аспирант группы аОТиОС/2.10.2-24 Н.Н. Пантелеев,
Научный руководитель В.М. Панарин
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** Проведен анализ современного состояния и подходов к экологическому мониторингу данных по загрязнению атмосферного воздуха. Мониторинговые мероприятия позволяют своевременно выявлять изменения состояния атмосферного воздуха и оценивать степень загрязнения различными загрязняющими веществами и оперативно реагировать на возможные негативные воздействия антропогенных факторов.*

Качество атмосферного воздуха в городах многих стран – одна из наиболее острых экологических проблем современности. Ухудшение состояния воздушного бассейна городов, обусловленное выбросами энергетики, промышленности и транспортным комплексом, оказывает негативное воздействие как на здоровье населения, так и на окружающую среду в целом.

Качество компонентов окружающей среды оценивается по данным мониторинга, осуществляемого в рамках государственного экологического мониторинга. В связи с этим существует необходимость проведения постоянного контроля качества атмосферного воздуха.

Экологический мониторинг – комплексные наблюдения за состоянием окружающей среды, естественных экосистем, за происходящими в них процессами, явлениями, оценка и прогноз изменений состояния окружающей среды. Общие и основные положения об экологическом мониторинге сформулированы в главе X Федерального закона от 10 января.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». Согласно статье 63 государственный экологический мониторинг осуществляется федеральными органами исполнительной власти, органами государственной власти субъектов Российской Федерации в соответствии с их компетенцией, установленной российским законодательством, посредством создания и обеспечения функционирования наблюдательных сетей и информационных ресурсов в рамках единой системы государственного мониторинга окружающей среды. При этом, как следует из статьи 63.1, указанная система создается в целях обеспечения охраны окружающей среды, а основными её задачами являются: регулярные наблюдения за состоянием окружающей среды, в том числе компонентов природной среды, естественных экологических систем, за происходящими в них процессами, явлениями, изменениями состояния окружающей среды; хранение, обработка (обобщение, систематизация) информации о состоянии окружающей среды; анализ полученной информации в целях своевременного выявления изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и (или) антропогенных факторов, оценка и прогноз этих изменений; обеспечение органов государственной власти, органов местного самоуправления, юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, граждан информацией о состоянии окружающей среды [8].

Экологический мониторинг представляет собой многоуровневую систему, в которой в зависимости от его масштаба наряду с глобальным, национальным, локальным видами мониторинга представлен и региональный мониторинг.

Методы экологического мониторинга [1]:

1. Традиционный метод. Основан на создании сети стационарных постов мониторинга, размещаемых равномерно по территории региона. Основной инструмент – автоматизированные станции, оборудованные приборами для непрерывного измерения содержания загрязняющих веществ в воздухе. Данный метод характеризуется высокой точностью и надежностью, но ограничен возможностью установки лишь на определенных точках пространства.

2. Метод мобильных комплексов. Включает использование специальных автомобилей-лабораторий, оборудованных мобильными датчиками и оборудованием для отбора проб воздуха. Мобильные комплексы позволяют исследовать труднодоступные участки и оперативно оценить ситуацию в местах аварий или чрезвычайных происшествий. Однако недостатком является высокая стоимость эксплуатации и зависимость от погодных условий.

3. Аэро-космический метод. Использование спутникового и авиаразведовательного оборудования для дистанционного зондирования Земли. Современные спутники способны производить высокочувствительные измерения концентраций газов и взвешенных частиц в атмосфере, обеспечивая обзор больших площадей одновременно. Недостатком является низкая детализация данных и невозможность точного определения точечных источников загрязнения.

4. Комплексный метод. Представляет собой интеграцию традиционных стационарных постов, мобильной техники и аэрокосмического мониторинга. Такой подход обеспечивает полноту охвата региона, высокую чувствительность и быстроту реакции на изменения. Наиболее эффективен для решения масштабных задач, связанных с защитой экологии крупного промышленного центра или агломерации, однако сложен в интеграции и имеет высокие издержки.

Региональный экологический мониторинг – система наблюдений за состоянием окружающей среды в пределах административно-обособленной единицы (субъекта Российской Федерации) или части такой единицы либо частей нескольких субъектов Российской Федерации, характеризующихся общностью природных процессов либо подвергающихся антропогенному воздействию из одних и тех же источников. На региональном уровне подход к мониторингу основан на том, что загрязняющие вещества, попадая в окружающую среду, рассеиваются, включаются в круговорот веществ в биосфере. Вследствие этого происходят изменения в основных составляющих биосферы: абиотической составляющей и биотической составляющей [2].

Региональная система экологического мониторинга играет ключевую роль в оценке состояния окружающей среды и принятии мер по защите атмосферного воздуха от загрязнений. Эффективная организация системы мониторинга требует учета местных особенностей региона, типов загрязнений, степени урбанизации и промышленной активности, а также наличия нормативно-правового регулирования [3].

Наблюдения за состоянием атмосферного воздуха проводятся в районах интенсивного антропогенного воздействия (в городах, промышленных и агропромышленных центрах и т.д.) и в районах, удаленных от источников загрязнения (фоновые наблюдения). Их основная задача – выявление источников загрязнения, оценка уровня загрязнения и составление прогноза загрязнения атмосферного воздуха.

Мониторинговые мероприятия позволяют своевременно выявлять изменения состояния атмосферного воздуха и оценивать степень загрязнения различными загрязняющими веществами и оперативно реагировать на возможные негативные воздействия антропогенных факторов.

Список литературы

1. Аброськин А.А. Динамическая система экологического мониторинга атмосферного воздуха для обеспечения экологической безопасности строительных

объектов: дисс ... канд. техн. наук / Аброськин А.А.; науч. рук. А.Н. Семенов. – Волгоград, 2018.

2. Иващук О.А. Экологическая безопасность городов России на основе методов событийной оценки / О.А. Иващук, А.В. Звягинцева, О.В. Пилипенко // Строительство и реконструкция. – 2017. – № 6(74). – С. 85-95.

3. Бельская Е.Н. Применение методов непараметрического моделирования в решении задач экологического мониторинга / Е.Н. Бельская, А.В. Медведев, Е.Д. Михов, О.В. Тайсенко // Вестник СибГАУ. – 2015. – Т. 17. – С. 10-18.

ОСНОВНЫЕ МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В МОНИТОРИНГЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Студентка гр. 320621 А.В. Волкова,
Научные руководители В.М. Панарин, Е.М. Рылеева
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** Статья посвящена анализу архитектурных моделей информационно-измерительных систем, применяемых для мониторинга поверхностных вод. Рассматриваются принципы работы, примеры, преимущества и ограничения.*

***Ключевые слова:** информационно-измерительная система, мониторинг водных объектов, датчики, IoT, буи, дистанционное зондирование, спутниковые технологии, экологический контроль.*

Информационно-измерительные системы (ИИС) – это сложные технические комплексы, предназначенные для автоматизированного сбора, преобразования, обработки, хранения, отображения и передачи информации о физических величинах, характеризующих состояние объекта или процесса.

В мониторинге поверхностных водных объектов применяются различные архитектурные модели ИИС, выбор которых зависит от целей, масштаба, бюджета и требуемой детализации. Основные модели классифицируются по степени интеграции, мобильности и технологической сложности.

1. Стационарные точечные (распределённые) сети. Данная модель представляет собой системы, в которых датчики жёстко закреплены на береговых постах, мостах, гидротехнических сооружениях или донных конструкциях. Такие ИИС используются для постоянного наблюдения за водными объектами в конкретных локациях и обеспечивают передачу данных в центр обработки в режиме реального или почти реального времени. Эта архитектура считается одной из самых надёжных и традиционных в сфере гидроэкологического мониторинга, особенно при необходимости получения долговременных и высокоточных измерений.

В состав стационарных сетей входят датчики, измеряющие температуру воды, уровень pH, электропроводность, содержание растворённого кислорода и

мутность. Эти параметры фиксируются с помощью контроллеров сбора данных – так называемых логгеров, которые выполняют функцию промежуточной памяти. Для передачи информации используются каналы связи различного типа, включая GSM, LoRaWAN и радиомодемные системы. В некоторых случаях архитектура дополняется стационарными метеостанциями, обеспечивающими параллельную регистрацию атмосферных условий.

На практике подобные системы применяются, например, на постах Росгидромета, установленных вдоль крупных рек, а также в рамках локальных комплексов контроля сбросов сточных вод ниже промышленных предприятий. К числу преимуществ данной модели относится возможность непрерывного мониторинга, высокая частота измерений с интервалом от нескольких минут до часов, а также накопление долговременных и сопоставимых рядов данных. Однако к её недостаткам следует отнести ограниченность территориального охвата, потенциальную уязвимость оборудования к вандализму и сезонным природным воздействиям (например, паводкам), а также сравнительно высокую стоимость эксплуатации и обслуживания технической инфраструктуры.

2. Плавающие автономные платформы (буи). Данная модель представляет собой автономные энергосамодостаточные платформы, размещаемые непосредственно на акватории водоёмов. Такие буи оснащаются системой сенсоров и работают без внешнего электропитания, используя солнечные панели и аккумуляторы. Полученные данные передаются в режиме реального времени или с задержкой, чаще всего через спутниковую или сотовую связь. Платформы предназначены для работы в условиях открытой воды и позволяют фиксировать параметры на различных глубинах, обеспечивая пространственно распределённый и детализированный мониторинг.

Состав оборудования включает гидрофизические и гидрохимические сенсоры, которые измеряют широкий спектр параметров, включая температуру, солёность, мутность и содержание кислорода. Буй также оснащается GPS-трекерами и датчиками волнения, что позволяет точно фиксировать координаты и морфологическое поведение водоёма. Для передачи данных применяются спутниковые системы связи, такие как Iridium или Inmarsat, а также GSM-модемы. В конструкцию также входят системы автоматической очистки сенсоров, что особенно важно при длительной эксплуатации без технического обслуживания.

Такие решения успешно применяются при экологическом мониторинге крупнейших озёр, включая Байкал и Ладожское, а также в составе систем раннего оповещения о цунами и других природных явлениях. Основным преимуществом этой модели является способность проводить измерения непосредственно в толще воды, в условиях, недоступных для береговых постов, включая многоточечные вертикальные профили. Вместе с тем, ключевыми ограничениями являются высокая стоимость реализации одного устройства (в среднем от 20 до 100 тысяч долларов США), а также риск механического повреждения плавсредствами или в условиях тяжёлой навигации.

3. Мобильные носители (роботизированные комплексы). Этот тип информационно-измерительных систем включает перемещаемые платформы, оснащённые сенсорным оборудованием, предназначенные для точечных измерений или комплексного обследования акваторий. Такие комплексы особенно актуальны в ситуациях, когда необходимо оперативно получить данные в труднодоступных, удалённых или потенциально опасных зонах. Благодаря своей мобильности и гибкости, эти системы позволяют проводить как локальные экспресс-исследования, так и детализированную диагностику состояния водных объектов.

Существует несколько типов мобильных носителей. Беспилотные катера (USV) применяются для автономного забора проб, проведения батиметрических измерений и выполнения маршрутов по заданным координатам. Подводные автономные или управляемые аппараты (AUV/ROV) используются для картирования донных структур, визуального обследования и диагностики гидротехнических сооружений. Кроме того, активно применяются беспилотные летательные аппараты (БПЛА), способные выполнять аэрофотосъёмку зон цветения водорослей, термографический анализ и даже дистанционный отбор проб воды с поверхности.

На практике мобильные комплексы находят применение при обследовании водохранилищ, где дроны, оснащённые спектрометрами, выявляют признаки эвтрофикации или загрязнений. Также используются роботы-экологи, предназначенные для поиска донных загрязняющих объектов, включая затонувшие отходы и нефтепродукты.

Сильной стороной данных решений является высокая оперативность получения информации, возможность проникновения в труднодоступные или опасные зоны, а также возможность построения трёхмерных моделей исследуемого пространства. Однако среди недостатков стоит отметить ограниченное время автономной работы из-за ограниченной ёмкости аккумуляторов и значительную зависимость от погодных условий, особенно для воздушных платформ.

4. Дистанционные (спутниковые / авиационные) системы. Эта модель представляет собой бесконтактные методы мониторинга, основанные на технологиях дистанционного зондирования Земли. Такие системы используются для оценки состояния водных объектов на региональном и глобальном уровнях без физического присутствия оборудования на поверхности воды. Они особенно эффективны для регулярного наблюдения за динамикой водных масс, цветением водорослей, разливами нефти и изменением береговой линии. Данные дистанционного мониторинга калибруются по наземным измерениям и интегрируются в геоинформационные системы для дальнейшего анализа.

В дистанционном мониторинге применяются различные технологические решения. Мультиспектральная съёмка, реализуемая с использованием спутников Sentinel-2 и Landsat, позволяет отслеживать концентрацию хлорофилла, уровень взвешенных частиц и прозрачность воды. Радиолокационные данные, полученные, например, с аппаратов Sentinel-1 (SAR), применяются для

наблюдения за уровнем воды, течениями и распространением нефтяных плёнок на поверхности. Дополнительно используются гиперспектральные сенсоры, устанавливаемые на беспилотные летательные аппараты, которые позволяют идентифицировать специфические загрязняющие вещества с высокой спектральной детализацией.

Примерами успешного применения таких систем служат проекты по спутниковому контролю эвтрофикации водоёмов, сезонной динамики уровня рек, а также выявлению источников загрязнения в акваториях портов. В совокупности эти методы обеспечивают широкий географический охват и позволяют собирать данные по расписанию пролётов спутников или вылетов дронов.

К ключевым преимуществам относятся глобальный масштаб охвата, регулярность съёмок, высокая скорость получения данных и экономичность при мониторинге больших площадей. Тем не менее, необходимо учитывать влияние погодных условий, в первую очередь облачности, которая снижает качество оптической съёмки. Также стоит отметить определённые погрешности, возникающие при атмосферной коррекции изображений, и ограниченное пространственное разрешение по сравнению с локальными измерительными комплексами.

5. Гибридные (гетерогенные) сети. Гибридные информационно-измерительные системы представляют собой совокупность различных архитектурных решений, объединённых в единую платформу мониторинга. Такой подход предполагает использование как наземных, так и воздушных, водных и спутниковых компонентов, интегрированных с помощью цифровых технологий, включая облачные вычисления, искусственный интеллект и геоинформационные системы. Эти модели считаются наиболее эффективными и универсальными, поскольку позволяют компенсировать недостатки отдельных систем за счёт их взаимодополняемости.

Архитектура гибридных сетей включает взаимодействие между спутниковыми платформами, беспилотными летательными аппаратами, плавучими буями, стационарными береговыми постами и роботизированными мобильными носителями. Все элементы системы связаны с облачной платформой, в которой производится объединение и анализ разнородных данных с использованием алгоритмов машинного обучения и моделей цифровых двойников водных объектов. Такая многоуровневая структура позволяет получать максимально полную картину состояния водной среды в режиме реального времени.

На практике гибридный подход реализуется, например, при мониторинге бассейна реки Волга. Здесь используются стационарные посты для наблюдений вблизи населённых пунктов, буи – в водохранилищах, спутниковый контроль – для отслеживания цветения водорослей, а подводные аппараты (AUV) – для диагностики донных отложений вблизи гидроузлов. Все полученные данные сводятся в единую информационную систему, где подвергаются кросс-калибровке, анализу и прогнозированию.

Преимущества гибридных систем заключаются в комплексности подхода, максимальной точности, масштабируемости, а также возможности предиктивного моделирования. Такие сети позволяют отслеживать как текущие показатели, так и их ожидаемую динамику, включая возможные экологические риски. Однако существенными недостатками являются высокая стоимость внедрения и обслуживания, сложность координации между компонентами системы и необходимость профессионального сопровождения на всех этапах эксплуатации.

6. Модели на основе IoT-платформ. Информационно-измерительные системы, построенные на базе интернета вещей (IoT), представляют собой децентрализованные сети недорогих датчиков, объединённых через энергоэффективные каналы связи. Такие системы позволяют в реальном времени контролировать экологическое состояние водных объектов, в том числе в удалённых или слабо охваченных зонах. IoT-модель ориентирована на массовое распределение сенсоров с минимальными затратами, что делает её особенно привлекательной для локального и муниципального мониторинга.

В подобных системах применяются малогабаритные сенсоры, способные измерять основные показатели качества воды, такие как pH, мутность, температура и электропроводность. Передача данных осуществляется через протоколы LPWAN (например, LoRaWAN или NB-IoT), которые обеспечивают дальность связи до нескольких километров при минимальном энергопотреблении. Информация поступает на открытую облачную платформу, где может быть доступна как специалистам, так и гражданским пользователям. Некоторые проекты реализуются в формате «гражданской науки» (Citizen Science), что позволяет вовлекать население в процессы экологического контроля.

Примером такой модели может служить сеть из пятидесяти сенсоров, установленных вдоль русла реки протяжённостью около 100 км. Эти устройства измеряют pH и мутность воды, а все данные автоматически поступают в централизованную базу, доступную в открытом доступе через веб-интерфейс или мобильное приложение.

Основными преимуществами IoT-моделей являются низкая стоимость оборудования и эксплуатации, простота развертывания и возможность организации плотной сети наблюдений. Кроме того, они хорошо подходят для быстрого масштабирования и гибкой настройки под конкретные условия. Вместе с тем, такие системы уступают в точности и надёжности более сложным решениям, чувствительны к помехам связи и зависят от стабильности локальной инфраструктуры, особенно при организации питания и передачи данных в удалённых зонах.

Выбор архитектурной модели ИИС для мониторинга поверхностных вод зависит от целого комплекса факторов, включая цели проекта, характер водного объекта, доступные ресурсы и инфраструктурные условия. Одним из определяющих критериев является назначение мониторинга: если основной задачей выступает оперативное предупреждение о чрезвычайных ситуациях, таких как загрязнение или техногенные аварии, предпочтение отдаётся моделям

с высокой частотой обновления данных и возможностью работы в реальном времени. Для научных исследований, напротив, важна системность и долгосрочность наблюдений, что делает актуальными решения с высокой точностью и архивной сопоставимостью.

Сравнительная характеристика моделей ИИС

Модель	Масштаб применения	Частота данных	Точность	Стоимость	Типовые задачи мониторинга
Стационарные сети	Локальный	Минуты / часы	Высокая	Высокая	Контроль сбросов, соблюдение ПДК
Плавучие буи	Акваториальный	Часы	Средняя	Очень высокая	Мониторинг озёр, морей, вертикальное профилирование
Мобильные носители	Точечный	Дискретно	Высокая	Средняя	Батиметрия, аварийные обследования, картирование дна
Спутниковые и авиационные системы	Региональный / глобальный	Дни / недели	Средняя	Низкая (на км ²)	Оценка цветения, уровень воды, распространение нефти
Гибридные (гетерогенные) сети	Бассейновый	Реальное время	Максимальная	Очень высокая	Комплексный мониторинг крупных водосборов и рек
IoT-сети	Локальный / районный	Часы	Низкая / средняя	Низкая	Мониторинг малых рек, городских стоков, Citizen Science

Пространственный охват также существенно влияет на выбор системы. Для небольших прудов, ручьёв или локальных участков подойдут компактные IoT-сети или мобильные носители. В то время как для трансграничных рек или крупных водохранилищ требуется комплексное покрытие, которое может обеспечить только гибридная сеть с участием спутников, буев и наземных постов.

Бюджетные ограничения нередко играют решающую роль: наиболее доступными являются IoT-решения, стоимость развертывания которых может начинаться от одной-двух тысяч долларов США. В противоположность этому, внедрение гибридной интеллектуальной системы может потребовать вложений

на уровне миллиона долларов и более. Выбор также определяется спектром параметров, подлежащих измерению. Если достаточно отслеживать только температуру, то подойдут простейшие датчики. Однако если требуется мониторинг сразу двух десятков показателей, включая химические, биологические и физические параметры, необходимы более сложные и дорогостоящие платформы.

Наконец, важным условием выбора модели остаётся наличие инфраструктуры – каналов связи, источников электропитания, доступа к облачным вычислительным мощностям. В удалённых или труднодоступных районах это может стать фактором, ограничивающим применение высокотехнологичных решений и требующим поиска адаптированных локальных альтернатив.

Современное развитие информационно-измерительных систем для экологического мониторинга отражает глобальные тенденции цифровизации и автоматизации природоохранной деятельности. Одним из ключевых направлений является миниатюризация сенсорных компонентов, в частности создание так называемых «лабораторий на чипе», способных определять содержание тяжёлых металлов и других токсикантов в воде с высокой точностью прямо на месте отбора проб. Это позволяет значительно сократить временные затраты на получение результатов и отказаться от необходимости транспортировки проб в лаборатории.

Не менее важным является внедрение вычислений на периферии (Edge AI), при которых предварительная обработка и фильтрация данных осуществляется непосредственно на устройствах – буях, беспилотниках или контроллерах. Такой подход снижает нагрузку на каналы связи, повышает скорость реагирования и позволяет формировать локальные модели без постоянного доступа к центральным серверам.

Бурно развиваются и новые направления сенсорики, включая квантовые датчики, обладающие чрезвычайной чувствительностью к микроскопическим концентрациям веществ. Они перспективны в обнаружении загрязнителей, не фиксируемых традиционными средствами, и особенно востребованы при контроле за радионуклидами, нефтепродуктами и токсичными органическими соединениями.

Дополнительное внимание уделяется вопросам доверия и прозрачности экологических данных. Для их верификации начинают применяться технологии распределённых реестров, такие как блокчейн, позволяющие фиксировать каждый акт измерения, передачу и интерпретацию данных в неизменяемом виде. Это особенно актуально в рамках государственной отчётности и международных природоохранных соглашений.

В совокупности эти тренды свидетельствуют о трансформации ИИС в сторону интеллектуальных гетерогенных экосистем, способных не только фиксировать фактическое состояние водных объектов, но и прогнозировать риски, моделировать сценарии загрязнений и рекомендовать меры по их предотвращению.

Список литературы

1. Дружинин В.А. Информационные технологии в экологии / В.А. Дружинин. – М.: Академия, 2020. – 240 с.
2. Панин Г.Н. Современные методы мониторинга водных объектов: учебное пособие / Г.Н. Панин, А.В. Козлов. – СПб.: Гидрометеиздат, 2019. – 192 с.
3. Гвоздев А.А. Информационные системы в природопользовании: учеб. пособие / А.А. Гвоздев, И.А. Козлова. – М.: Форум, 2021. – 256 с.
4. Нестеров В.П. Системы мониторинга водных объектов: теория и практика / В.П. Нестеров. – Екатеринбург: УрФУ, 2020. – 198 с.
5. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году» [Электронный ресурс] // Минприроды России. – URL: <https://www.mnr.gov.ru/> (дата обращения: 22.06.2025).
6. Казанцев Е.А. Интернет вещей и его применение в экологическом мониторинге / Е.А. Казанцев // Вестник экологической безопасности. – 2022. – № 4. – С. 65–72.
7. Чернышев С.Н. Спутниковый мониторинг окружающей среды / С.Н. Чернышев. – М.: Техносфера, 2018. – 328 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Аспирант группы аОТиОС/2.10.2-24 Н.Н. Пантелеев,
Научный руководитель В.М. Панарин
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье описаны основные задачи экологического мониторинга, определение структуры системы мониторинга антропогенных изменений, рассмотрены разные уровни проведения экологического мониторинга.

В настоящее время на территории городов РФ преимущественно ведется мониторинг атмосферного воздуха, однако далеко не во всех городах. По данным ФГБУ «ГГО им. А.И. Воейкова», регулярная сеть государственной службы мониторинга загрязнения атмосферы на территории Российской Федерации в 2013 г. состояла из 694 стационарных постов наблюдений загрязнения атмосферы, число контролируемых городов – 252. В зависимости от объемов работ в УГМС контролируются от 14 до 34 примесей [1, 2].

К основным задачам экологического мониторинга относят:

- 1) регулярные наблюдения за состоянием окружающей среды, в том числе компонентов природной среды, естественных экологических систем, за происходящими в них процессами, явлениями, изменениями состояния окружающей среды;
- 2) хранение, обработка (обобщение, систематизация) информации о состоянии окружающей среды;

3) анализ полученной информации в целях своевременного выявления изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и (или) антропогенных факторов, оценка и прогноз этих изменений;

4) обеспечение органов государственной власти, органов местного самоуправления, юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, граждан информацией о состоянии окружающей среды.

Главное направление мониторинга атмосферы основано на контроле за развитием глобальных экологических проблем загрязнения атмосферного воздуха.

При движении экологической информации от локального уровня (город, район, зона влияния промышленного объекта и т. д.) к федеральному, масштаб картоосновы, на которую эта информация наносится, увеличивается, следовательно, меняется разрешающая способность информационных портретов экологической обстановки на разных иерархических уровнях экологического мониторинга. Так, на локальном уровне экологического мониторинга в информационном портрете должны присутствовать все источники эмиссий (вентиляционные трубы промышленных предприятий). На региональном уровне близко расположенные источники воздействия «сливаются» в один групповой источник. В результате этого на региональном информационном портрете небольшой город с несколькими десятками эмиссии выглядит как один локальный источник, параметры которого определяются по данным мониторинга источников [3].

Наиболее универсальным подходом к определению структуры системы мониторинга антропогенных изменений является его разделение на блоки: «Наблюдения», «Оценка фактического состояния», «Прогноз состояния», «Оценка прогнозируемого состояния».

Блоки «Наблюдения» и «Прогноз состояния» тесно связаны между собой, так как прогноз состояния окружающей среды возможен лишь при наличии достаточно репрезентативной информации о фактическом состоянии (прямая связь). Построение прогноза, с одной стороны, подразумевает знание закономерностей изменений состояния природной среды, наличие схемы и возможностей численного расчета этого состояния, с другой – направленность прогноза в значительной степени должна определять структуру и состав наблюдательной сети (обратная связь).

Данные, характеризующие состояние природной среды, полученные в результате наблюдений или прогноза, должны оцениваться в зависимости от того, в какой области человеческой деятельности они используются (с помощью специально выбранных или выработанных критериев). Оценка подразумевает, с одной стороны, определение ущерба от воздействия, с другой – выбор оптимальных условий для человеческой деятельности, определение существующих экологических резервов. При такого рода оценках рассчитываются возможные значения допустимых нагрузок на окружающую природную среду.

Для большинства региональных систем мониторинга состояния и загрязнения атмосферного воздуха характерны следующие проблемы:

- недостаточная плотность существующей сети, в результате чего сеть наблюдений является недостаточно репрезентативной;
- аппаратное оснащение станций наблюдений в значительной степени морально устарело и, как правило, выработало свой ресурс, в результате чего по разным причинам отмечаются пропуски в наблюдениях;
- существующая система мониторинга с ручным отбором проб не отвечает современным требованиям по передаче оперативной информации о загрязнении атмосферы в прогностические центры в целях ее использования для подготовки управленческих решений по регулированию качества атмосферного воздуха и обеспечивает измерения только малой доли тех вредных примесей, которые надо контролировать;
- недостаточное обеспечение аналитических лабораторий современными средствами измерений.

В связи с этим необходимо определить оптимальные временные и пространственные сети, оптимальное количество станций в урбоэкосистеме, позволяющее адекватно оценить уровни загрязнения. Важно установить, каковы должны быть интервалы и количество наблюдений для такой оценки, и какие вредные (загрязняющие) вещества следует измерять в той или иной части города [3].

Список литературы

1. *Викин С.С. Мониторинг и кадастр природных ресурсов: учебное пособие / С.С. Викин, А.А. Харитонов, Н.В. Ершова, Е.Ю. Колбнева; под ред. С.С. Викина. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2015. – 283 с.*
2. *Иващук О.А. Экологическая безопасность городов России на основе методов событийной оценки / О.А. Иващук, А.В. Звягинцева, О.В. Пилипенко // Строительство и реконструкция. – 2017. – № 6(74). – С. 85-95.*
3. *Лукин И.Л. Влияние метеоусловий на загрязнение атмосферного воздуха города Перми / И.Л. Лукин, В.А. Пивоварова // Электронный научный журнал «Дневник науки». – 2022. – Т. 12. – С. 26-36. DOI 10.51691/2541-8327_2022_12_26.*

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЛИГОНОВ В ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Аспирант группы аОТиОС/2.8.6-24 А.О. Савин,
Научный руководитель В.М. Панарин
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** Рассмотрено современное состояние проблемы полигонов в Тульской области, выявлены основные экологические проблемы региона, показаны результаты по улучшению обстановки.*

Свалки в Тульской области создают серьезные угрозы для здоровья населения. По данным Всемирной организации здравоохранения, экологические

факторы формируют до 25 % патологий человека [1]. Плохая экологическая обстановка напрямую влияет на продолжительность жизни и состояние здоровья жителей. Тульская область определена как «не самый благополучный в плане экологии регион» страны.

По состоянию на 2024 год в Тульской области выявлены значительные проблемы с несанкционированными свалками. В реестр объектов накопленного вреда внесены четыре несанкционированных свалки общей площадью 20,62 гектаров. В 2023 году каждый житель Тульской области выбросил 317 кг отходов, а общий объем составил более 10 млн тонн. Особую озабоченность вызывает ситуация в Ленинском поселке, где жители жалуются на неприятные запахи от свалки. Также обнаружены локальные свалки строительных отходов и химических веществ, включая более 4 тонн химикатов на стихийной свалке в поселке Новомедвенский.

Исследования показывают, что, влияющими на здоровье подростков 15-17 лет в Туле и Тульской области, являются:

- загрязнение воздуха;
- полигоны твердых бытовых отходов и несанкционированные свалки;
- высокая концентрация промышленных предприятий [2].

За 2024 год в Тульской области достигнуты следующие результаты:

- ликвидированы шесть несанкционированных свалок [3];
- приняты 11 нормативных актов в сфере ликвидации объектов накопленного вреда;
- проведены ремонтные работы двух объектов водоотведения [3].

С начала реализации новой системы обращения с отходами в 2019 году были выявлены 780 мест несанкционированного размещения отходов, из которых ликвидировано 684 (87,7 %) [4]. В 2018 году было ликвидировано 1578 единиц несанкционированных свалок (88,5 % от общего числа).

В регионе функционируют 7 полигонов твердых бытовых отходов (ТКО) и несколько объектов для переработки отходов. Запланировано строительство 2-й очереди Комплекса по переработке отходов в Туле и нового объекта в Узловском районе. В Туле построен уникальный комплекс по переработке твердых коммунальных отходов, где впервые в России внедрена лучшая современная технология по утилизации отходов и извлечению вторичного сырья [5].

Проведенные мероприятия позволили улучшить экологические условия проживания для 308 тысяч человек. В муниципалитетах созданы и оборудованы 333 площадки накопления ТКО, закуплено около 2 тысяч контейнеров для раздельного сбора отходов.

Серьезной проблемой является срыв контрактов на рекультивацию. Например, в Донском подрядчик сорвал контракт на 2,7 млн рублей по разработке проекта мероприятий по рекультивации свалки [6].

Активная работа прокуратуры приводит к привлечению к ответственности должностных лиц за нарушение законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Проблема рекультивации свалок в Тульской области является комплексной задачей, требующей системного подхода. Несмотря на значительные достижения в ликвидации несанкционированных свалок и создании современной инфраструктуры обращения с отходами, регион продолжает сталкиваться с вызовами, связанными с наследием прошлых десятилетий неэффективного управления отходами. Успешное решение этой проблемы критически важно для улучшения качества жизни более чем полумиллиона жителей области и обеспечения экологической безопасности региона.

Список литературы

1. Проблемы экологии в Тульской области и пути их решения. <https://kadastr.org/conf/2017/pub/monitprir/problrmy-ekologii-v-tulskoj-oblasti.htm>
2. Влияние экологических факторов на здоровье подростков 15-17. https://nvjournal.ru/article/Vlijanie_ekologicheskikh_faktorov_na_zdorove_podrostkov_15_17_let_goroda_Tuly_i_Tulskoj_oblasti/
3. Тульский природоохранный прокурор об итогах работы за 2024. <https://greenfront.su/post/7446>
4. Тульские власти занялись ликвидацией опасных свалок] (<https://rg.ru/2020/03/24/reg-cfo/tulskie-vlasti-zanialis-likvidaciej-opasnyh-svalok.html>)
5. Ликвидация свалок. Нацпроекты РФ] (<https://xn--80aapampremcchfmo7a3c9ehj.xn--p1ai/mediaProjects/likvidatsiya-svalok/>)
6. В Донском подрядчик сорвал контракт на 2,7 млн рублей по рекультивации свалки] (<https://myslo.ru/news/tula/2025-03-26-v-donskom-podryadchik-sorval-kontrakt-za-2-7-mln-rublej-po-rekul-tivacii-svalki>)

ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ЦИФРОВОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ КАК СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ НЕСОГЛАСОВАННЫХ СБРОСОВ

А.В. Гусев

аспирант факультета «Комплексной безопасности и основ военной подготовки»
кафедры «Экология и природоохранная деятельность»
Московский государственный социальный университет,
г. Москва

Аннотация. В статье рассматривается актуальность внедрения локальных систем экологического мониторинга за водными объектами для создания принципиально новых баз данных для каждого водного сектора страны. Предлагаемая система мониторинга включает в себя несколько датчиков, объединенных в единую сеть с помощью промышленных протоколов. Все получаемые данные проходят предварительную обработку на корректность

и добавляются в базы данных локального уровня. На этом этапе появляется возможность работы с временными рядами данных и составления рекомендаций на основе прогностических математических моделей.

Ключевые слова: экологический мониторинг, базы данных водных объектов, цифровые двойники, цифровизация экологии.

Проблема несогласованных сбросов в водные экосистемы является одной из важнейших в области экологии на данный момент. Это стало актуальным, поскольку происходит истощение запасов чистой природной воды, а также ухудшение качества источников водозабора практически всех городов страны, в том числе из-за несогласованных сбросов промышленных и хозяйственно-бытовых стоков в водные экосистемы.

Несогласованные сбросы – это незаконный или нерегламентированный сброс сточных вод промышленными предприятиями, коммунальными службами и сельскохозяйственными объектами. Основные источники:

- Промышленные стоки (химические, металлургические, нефтеперерабатывающие предприятия).
- Коммунальные сточные воды (недостаточно очищенные стоки городов).
- Сельскохозяйственные стоки (удобрения, пестициды, органические отходы).

Экологические и экономические последствия в отсутствии современного цифрового мониторинга несогласованных сбросов:

- Деграция водных экосистем (гибель рыбы, снижение биоразнообразия).
- Загрязнение питьевой воды (риск заболеваний у населения).
- Экономические потери (затраты на очистку, штрафы, ущерб рыбному хозяйству).

Эта проблема влияет не только на водные организмы, но также имеет большие и долгосрочные воздействия на здоровье человека и экосистемы в целом, приводя к снижению биологического разнообразия и даже гибели водоемов.

Современная экологическая повестка направляет исследователей в области экологии к решению повседневных задач с помощью инновационных междисциплинарных подходов, которые базируются на рассмотрении исследуемых вопросов как со стороны классической экологии, так и со стороны интернета вещей. Актуальность вопроса подтверждается многими нормативно-правовыми актами, в том числе и Указом Президента Российской Федерации от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года». В документе четко формулируются приоритетные задачи развития экологической области в ближайшей перспективе, и основные из них – это цифровизация всех основных областей государства.

Следует отметить, что проблема несогласованных сбросов в водные экосистемы – это не только вопрос экологии, но по большей степени социальный вопрос. Окончательным потребителем воды является человек, поэтому важно создать возможность потреблять чистую по химическому составу воду для

каждого жителя нашей страны. Вмешательство человека в природные процессы приводит к сокращению биоразнообразия, загрязнению водных ресурсов, ухудшению качества воздуха и разрушению природных экосистем [3].

Задача преодоления этой проблемы является приоритетной для всех стран мира [1]. Использование инновационных систем мониторинга для обеспечения экологической безопасности водных экосистем – наиболее актуальное и результативное решение на сегодняшний день. Проблема усиливающегося загрязнения водных объектов требует многоступенчатого подхода, связанного с использованием технологий мониторинга и обработки данных для распознавания источников и прогнозирования возможных последствий. Представленный метод мониторинга может помочь предотвратить и во многом устранить существующие проблемы. Тема применения больших данных и интеллектуального анализа данных в различных научных областях очень активно обсуждается уже полтора десятка лет [2].

Что касается экологического мониторинга, то это одно из решений контроля за состоянием экосистем, в том числе водной, основанного на считывании и обработке сигналов с измеряемых датчиков. Датчики располагаются в различных местах исследуемой экосистемы в зависимости от приближенности источников негативного воздействия, местности, рельефа, и других важных параметров. Они связываются в единую сеть экологического мониторинга посредством любого промышленного протокола передачи данных, например Modbus. Разрабатывается специализированное программное обеспечение на любом высокоуровневом языке программирования, которое способно обеспечивать бесперебойный обмен данными между датчиками.

Основные компоненты цифрового мониторинга:

- Автоматизированные датчики (рН, мутность, содержание растворенного кислорода, мутность, ХПК и др.).
- Телеметрические системы (передача данных в реальном времени).
- Искусственный интеллект и машинное обучение (анализ больших данных, прогнозирование).
- ГИС-технологии (визуализация загрязнений на картах).
- Блокчейн (фиксация данных для прозрачности отчетности).

Преимущества использования цифровых систем над традиционным методом ручного забора с последующим лабораторным анализом:

- Непрерывный контроль (24/7).
- Оперативное выявление загрязнений.
- Прогнозирование аварийных ситуаций.
- Снижение затрат на мониторинг.
- Прозрачность данных для регуляторов.

Современные технологии, такие как сенсорная техника и анализ больших данных могут быть использованы для непрерывного контроля качества водной экосистемы, а также принятия своевременных решений для устранения каких-либо экологических проблем, связанных с несогласованным сбросом. При грамотной реализации таких проектов возможно предсказание и

предотвращение серьезных вспышек загрязнения, благодаря своевременному определению источников негативного влияния на окружающую среду.

Традиционные методы мониторинга, основанные на периодическом отборе проб и лабораторных анализах, обладают рядом недостатков: низкой оперативностью, высокой трудоемкостью и ограниченным охватом. Внедрение цифровых технологий в экологический мониторинг позволяет преодолеть эти ограничения, обеспечивая непрерывный контроль качества воды в режиме реального времени.

Применение передовых методов мониторинга на стыке двух наук: экологии и информационных технологий, помогает не только распознать источники несогласованных сбросов, но и понять, как они влияют на обитателей водной экосистемы и применима ли данная вода как источник питьевого водозабора. Это позволяет строить эффективные стратегии управления водными объектами всего региона и вносить аргументированные точечные изменения в экологическую повестку, касающуюся защиты окружающей среды для минимизации такого загрязнения.

Учитывая все эти факторы, очевидно, что проблема несогласованных сбросов в водные объекты – это приоритетный вопрос в масштабе всей страны. Использование инновационных методов мониторинга за сбросами и грамотная последующая обработка данных – целесообразная и необходимая мера, обеспечивающая безопасность и устойчивость наших водных экосистем.

Список литературы

1. Потапов В.П. Цифровые двойники: стратегии и подходы к созданию систем экологического мониторинга / В.П. Потапов, С.Е. Попов, Е.Л. Счастливцев // *Вычислительные технологии*. – 2023. – Т. 28, №. 3. – С. 167-181.

2. Щекотин Е.В. Цифровые следы в экологии: опыт эмпирического исследования / Е.В. Щекотин [и др.] // *Виртуальная коммуникация и социальные сети*. – 2023. – Т. 2, №. 4. – С. 255-263.

3. Садовников Ю.В., Основин С.В. Цифровизация в обеспечении экологической безопасности: оценка влияния цифровых инструментов на мониторинг окружающей среды, управление экологическими рисками и устойчивое развитие. – 2023.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ В АГРОЦЕНОЗЕ

А.С. Ступин, к.с.х.н.

Рязанский государственный агротехнологический университет
имени П.А. Костычева,
г. Рязань

Аннотация. В статье отражены современные подходы к оценке экологического состояния агроценозов. Всё большее внимание уделяется взаимосвязи процессов

гормональной регуляции, происходящих в растении, и биологической составляющей почвы. Агрохимические исследования в системе почва-растение выявляют антистрессовое действие фитогормональных препаратов, обеспечивающих адаптацию растений и усиление их санитарных функций.

Агроценоз – это антропогенно регулируемая система, обладающая определённым видовым составом организмов, которые связаны специфическими взаимоотношениями между собой и компонентами окружающей среды. Высокая продуктивность таких систем обеспечивается интенсивной технологией подбора урожайных растений в севооборотах с удобрениями [1]. Однако агросистемы испытывают значительную экологическую нагрузку, так как подвергаются воздействию всего комплекса антропогенных и естественных явлений, связанных с производством сельскохозяйственной продукции. Поэтому современный подход к рассмотрению функционирования агроэкосистем носит системный характер.

Для развития концепции научно обоснованного подхода функционирования агроэкосистем роль экзогенных биорегуляторов необходимо определять в среде обитания растения, т.е. с учетом непосредственно воздействующих на них экологических факторов.

В биологической составляющей почв агроценозов немалая роль отводится гормональной регуляции. Будь то гормональная регуляция микроорганизмов или растительных выделений (экссудатов), преимущественно приуроченная к ризосферной зоне растений [2]. В настоящее время всё большее внимание уделяется взаимосвязи процессов гормональной регуляции, происходящих в растении, и биологической составляющей почвы. В почве присутствуют гиббереллины, ауксины, абсцизовая кислота, фенольные соединения и др. физиологически активные вещества.

В настоящее время успехами химиков получено большое количество аналогов растительных соединений, которые нашли широкое применение в практике сельского хозяйства как регуляторы роста растений, действующим веществом которых являются синтезированные растительные фитогормоны.

Чайлахян М.Х. [3] классифицирует РРР на фитогормоны и не гормональные препараты. Фитогормоны: стимуляторы роста – к ним он относит ауксины, гиббереллины, цитокинины и их синтетические аналоги. Эпибрассинолид (ЭБ) по данной классификации можно отнести к последней группе регуляторов. Вторая группа – ингибиторы роста – этилен, абсцизовая кислота и их физиологические аналоги. Ещё выделяется группа негормональных регуляторов, в которую входят стимуляторы и ингибиторы роста эндогенной природы, т.е. свойственные самим растениям. К этой группе автор относил фенолы, кумарины, витамины. Экзогенные регуляторы – вещества, несвойственные растениям, неприродные. РРР классифицируются и по характеру ответной реакции: ретарданты, дефолианты, десиканты, стимуляторы роста. Фитогормоны и РРР широко используются, но технологии их применения не всегда обеспечивают требуемый эффект [4]. Зачастую это связано с физиологическими особенностями развития растения и переходом (совмещением, слиянием и т.д.) действующего вещества в новую форму.

Другая причина – условия применения экзогенного вещества. В этом аспекте вопросы обеспеченности почвы питательными элементами, как регулируемый фактор в агроценозе, требуют особого внимания. С одной стороны, поступление питательных веществ находится под гормональным контролем, с другой стороны, гормональный баланс зависит от уровня минерального питания [5]. Требуются детальные фундаментальные исследования трофических связей между растением и почвой, которые фактически базируются на знаниях механизмов поглощения питательных элементов растениями с учетом гормонального регулирования и почвенными процессами, осуществляющими перевод минеральных элементов в доступную для растений форму.

Многоплановые агрохимические исследования в системе почва-растение выявляют антистрессовое действие фитогормональных препаратов, обеспечивающих адаптацию растений и усиление их санитарных функций, вплоть до возможностей к избирательной очистке окружающей среды от поллютантов.

Известно, что уровень содержания отдельных токсических веществ может не превышать нормы допустимых значений, а поступление их в комплексе в окружающую природную среду может отрицательно повлиять на жизнь и развитие живых организмов. То есть возникает необходимость определять токсичность как известных, так и неизвестных составляющих, которые могут воздействовать на окружающую природную среду не только индивидуально, но и интегрально.

Сохранять экологическое состояние агроценоза – это обеспечивать его функционирование с учетом всех примыкающих экологических систем для комфортных условий роста и развития растений и формирования урожая, а также сохранности основы природного комплекса – почвы.

В полевых агрохимических опытах удастся выполнять эксперименты с вычленением факторных зависимостей, что и позволило нам приблизиться к рассмотрению антистрессовой роли регуляторов роста.

В настоящее время большинство сельскохозяйственных культур возделываются по технологиям, в которых предусматривается обязательное применение удобрений и химических средств защиты растений. Систематическое же использование в земледелии пестицидов неизбежно приводит к накоплению их остаточных количеств в почве. Они становятся экологическим фактором, формирующим микробоценозы, а почва – источником загрязнения окружающей среды и получаемой сельскохозяйственной продукции. В литературе имеются многочисленные данные об аккумуляции остаточных количеств пестицидов в почве, о поступлении пестицидов в культурные растения.

Поэтому необходимо ставить и решать вопрос об ограничении применения пестицидов под некоторые культуры или о разработке приемов снижения негативного влияния применяемых препаратов на сельскохозяйственные культуры. Постоянно идёт поиск путей и способов снижения негативного

действия и последствия загрязнителей. В ряде научных публикаций освещены вопросы изучения изменения состояния агроценоза под действием комплекса химических средств защиты растений (ХСЗР). Наряду с пестицидами в агроценозах широко используются РРР (Альбит, ТПС; Циркон, Р; Эпин-Экстра, Р и др.), которые играют особую роль в формировании сельскохозяйственной продукции, а также опосредованно оказывают воздействие на окружающие объекты, в частности, почву. Это связано как с расширением ассортимента РРР [6], так и с постоянно изменяющимися экологическими параметрами агроценоза под действием климатических, антропогенных и др. факторов.

Таким образом, в настоящее время активно развиваются исследования по экологической оценке комплексного применения в агроценозе регуляторов роста и средств защиты растений. Большинство исследовательских работ направлено на раскрытие физиологических функций, биохимических механизмов действия регуляторов роста растений или новых биологически активных веществ.

Список литературы

1. Агроценоз: <http://www.wikipedia.org/wiki/ru>
2. Frankenberger W.T. Method of Detection of Auxin-Indole-3-Acetic Acid in Soils by High Performance Liquid Chromatography / W.T. Frankenberger, W. Brunner // Soil Sci Soc Am J. – 1983; 47: P. 237-241.
3. Чайлахян М.Х. Регуляция цветения высших растений / М.Х. Чайлахян. – М., 1988. – 560 с.
4. Кефели В.И. Природные ингибиторы роста и фитогормоны / В.И. Кефели. – М.: Наука, 1984. – 260 с.
5. Кудоярова Г.Р. Влияние уровня минерального питания на рост, концентрацию цитокининов и ауксинов в проростках пшеницы / Г.Р. Кудоярова, И.Ю. Усманов, В.З. Гюли-Заде // Физиология растений. – 1989. – Т.36, Вып.5. – С.1012-1015.
6. Мельников Н.Н. Пестициды и регуляторы роста растений / Н.Н. Мельников, К.В. Новошилов, С.Р. Белан. – М.: Химия, 1995. – 575 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ СОРТИРОВКИ ЭЛЕКТРОННЫХ ОТХОДОВ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Аспирант гр А-Э-О-Д-2024-1 Д.А. Останний,
Научный руководитель М.А. Шахраманьян
Российский государственный социальный университет,
г. Москва

Аннотация. В данной статье анализируется возможность применения компьютерного зрения в процессе сортировки электронных отходов. Рассматриваются основные принципы работы систем машинного зрения, включая архитектуру YOLOv8, методы оптимизации, такие как ансамблевое обучение, и потенциальные преимущества, которые могут быть достигнуты при автоматизации этапа сортировки отходов.

Ключевые слова: компьютерное зрение, глубокое машинное обучение, утилизация отходов, электронные отходы, переработка отходов, классификация, сортировка.

С каждым годом объем электронных отходов неуклонно растет, создавая серьезные экологические и социальные проблемы. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в 2019 году в мире было произведено более 53 миллионов тонн электронных отходов, и эта цифра продолжает увеличиваться. Большая часть этих отходов не перерабатывается должным образом и попадает на полигоны, где представляет угрозу для окружающей среды и здоровья человека.[1]

Захоронение электронных отходов вместе с бытовым мусором на полигонах приводит к образованию токсичного фильтрата – жидкости, возникающей в результате инфильтрации атмосферных осадков через массу отходов. Этот фильтрат содержит высокие концентрации тяжелых металлов, солей и других токсичных веществ, которые, проникая в почву и грунтовые воды, вызывают их загрязнение. В результате происходит ухудшение качества водных ресурсов, что негативно сказывается на экосистемах и может приводить к серьезным заболеваниям у населения, использующего загрязненную воду.[2]

Кроме того, электронные устройства содержат опасные компоненты, такие как свинец, ртуть и кадмий. При разложении на свалках эти вещества выделяются в окружающую среду, загрязняя воздух, почву и воду, что представляет серьезную угрозу для здоровья человека и экосистем. [1]

Для решения проблемы неправильной утилизации электронных отходов необходимо внедрение современных технологий, позволяющих эффективно отделять и перерабатывать такие материалы. Одним из перспективных подходов является использование систем компьютерного зрения на этапе сортировки отходов. Эти системы, оснащенные камерами и специализированным программным обеспечением, способны в реальном времени анализировать поток отходов на конвейерной ленте, идентифицируя и классифицируя различные виды электронных компонентов. После распознавания система направляет соответствующие команды роботизированным манипуляторам или другим механизмам для изъятия и сортировки выявленных элементов. Это позволяет значительно повысить точность и скорость сортировки, снижая зависимость от ручного труда и минимизируя вероятность ошибок.

Автоматизированные линии переработки, оснащенные такими системами, работают по следующему принципу: отходы поступают на конвейер, где камеры фиксируют их изображение. Программное обеспечение анализирует полученные данные, определяя тип и состав каждого объекта. Затем система принимает решение о способе обработки: переработке, утилизации или дальнейшей сортировке. Интеграция компьютерного зрения в процессы переработки позволяет не только повысить эффективность и экономическую целесообразность операций, но и существенно снизить негативное воздействие на окружающую среду, способствуя более рациональному использованию ресурсов и защите здоровья населения.

Компьютерное зрение – это направление искусственного интеллекта,

которое позволяет машинам анализировать, интерпретировать и понимать визуальную информацию из окружающей среды. В основе его работы лежит обработка изображений и видео с помощью математических алгоритмов и нейросетевых моделей, которые позволяют идентифицировать объекты, определять их положение, распознавать текстуры, цвета и другие характеристики. [3]

В первую очередь необходимы устройства, которые обеспечивают захват изображений. Это могут быть RGB-камеры, если требуется анализ цветных изображений, монохромные камеры, которые позволяют более точно определять границы объектов, а также глубинные сенсоры, использующие инфракрасные или стереоскопические технологии для создания 3D-моделей объектов. В промышленных условиях часто применяют рентгеновские и инфракрасные сканеры, если требуется анализ внутренней структуры объектов, например, для обнаружения литиевых батарей в пластиковых корпусах.

После получения изображения данные поступают в систему обработки. Здесь важную роль играют графические процессоры (GPU), такие как NVIDIA RTX, Tesla или AMD Instinct, поскольку большинство современных алгоритмов машинного обучения работают с вычислениями, требующими высокой параллельной производительности. В случаях, когда обработка ведется в облаке, данные передаются на удаленные серверы с мощными нейронными процессорами, такими как Google TPU или AWS Inferentia, которые оптимизированы для ускоренной обработки моделей глубокого обучения.

На этапе извлечения признаков и детекции объектов алгоритмы анализируют изображение, определяя ключевые характеристики, такие как форма, границы, текстура и цвет. Этот процесс может выполняться с использованием традиционных методов, например, детекторов углов Харриса, операторов выделения контуров, таких как Кэнни, или анализа градиентов изображения с помощью HOG (гистограмм ориентированных градиентов). Однако в современных системах все чаще применяются глубокие нейросетевые модели, которые способны автоматически обучаться и выделять наиболее значимые особенности объектов. Это делает процесс детекции более точным и устойчивым к изменениям освещения, фона и взаимного наложения объектов, что особенно важно в динамических промышленных условиях.[9]

Но наличие оборудования само по себе не решает задачу. Чтобы система компьютерного зрения могла анализировать изображения и принимать решения, ей требуется программное обеспечение. Библиотеки OpenCV позволяют выполнять базовую обработку изображений, такую как фильтрация, выделение контуров и сегментация. Однако для более сложных задач, таких как детекция объектов и классификация, используются фреймворки глубокого обучения: TensorFlow, PyTorch, ONNX. Эти инструменты позволяют строить и обучать нейросетевые модели, способные анализировать потоковые данные в режиме реального времени.

Термин «архитектура» в контексте компьютерного зрения обозначает общую структуру модели, которая отвечает за обработку и анализ изображений.

Архитектура определяет, какие слои нейросети используются, как они взаимодействуют между собой, какой формат данных поступает на вход, каким образом выполняется обучение модели и какие методы извлечения признаков применяются для анализа изображения.

Различные архитектуры решают одни и те же задачи, но по-разному. Например, в компьютерном зрении часто используются сверточные нейронные сети (CNN), которые выполняют анализ изображений, выделяя ключевые признаки, такие как границы, текстура, цветовые градиенты. Эти признаки передаются через последовательные слои, что позволяет модели формировать сложные представления объектов.[4]

Существуют и другие архитектуры, например трансформеры в компьютерном зрении (Vision Transformers, ViT), которые работают не с локальными признаками, как CNN, а анализируют изображение в целом, что может давать более точные результаты в некоторых задачах, таких как распознавание сложных объектов.

Выбор архитектуры напрямую влияет на скорость работы системы и её точность. Например, модели YOLO (You Only Look Once) разработаны для мгновенного анализа изображений и применяются в задачах реального времени. В то же время, Faster R-CNN использует более сложный, но точный двухэтапный метод детекции объектов.

YOLOv8 работает по принципу end-to-end обработки, где изображение проходит через сверточную нейросеть, и на выходе сразу получаются координаты объектов, их классы и confidence score (доверительная степень уверенности). Это позволяет YOLO быть одной из самых быстрых моделей детекции.[5]

Основная архитектура YOLOv8 включает три ключевых компонента:

1. Backbone – отвечает за извлечение признаков из изображения. YOLOv8 использует CSPDarknet (Cross-Stage Partial Darknet), который улучшает повторное использование признаков и снижает вычислительные затраты.

2. Neck – промежуточный уровень, обрабатывающий признаки и передающий их в голову модели. YOLOv8 использует PAFPN (Path Aggregation Feature Pyramid Network), который улучшает работу с объектами разных размеров.

3. Head – финальный этап, на котором выполняется предсказание координат ограничивающих рамок (bounding boxes), классов объектов и confidence score.

YOLOv8 обрабатывает изображение как единое целое, но при этом использует подход разбиения на сетку размером $S \times S$. Каждая ячейка сетки отвечает за предсказание объектов, центры которых попадают в данную область.

Если входное изображение имеет размер $I_w \times I_h$, а выходная сетка – $S \times S$, то размер каждой ячейки будет:

$$c_w = \frac{I_w}{S}, c_h = \frac{I_h}{S} \quad (1) \text{ Разбиение изображения на сетку}$$

где c_w, c_h – размеры одной ячейки сетки.

Bounding Box (ограничивающая рамка, или «бокс») – это прямоугольник, который определяет местоположение объекта на изображении. В YOLOv8 каждая рамка описывается четырьмя основными параметрами:

$$(x, y, w, h)$$

(2) *Параметры бокса*

где:

x, y – координаты центра объекта (относительно изображения).

w, h – ширина и высота бокса (также нормализованные).

Боксы используются для того, чтобы модель могла точно локализовать объекты и отделять их от фона. При детекции объектов YOLO предсказывает несколько таких рамок, а затем выбирает наиболее вероятную с помощью метода Non-Maximum Suppression (NMS),

Каждое предсказание состоит из $5+C$ параметров:

$$(x, y, w, h, p, c_1, c_2, \dots, c_C)$$

(3) *Представление bounding boxes*

где:

(x, y) – координаты центра объекта в нормализованных координатах внутри ячейки сетки.

(w, h) – ширина и высота объекта, нормализованные относительно всего изображения.

p – confidence score, то есть вероятность того, что объект действительно находится в этой ячейке.

$c_1, c_2, \dots, c_C$ – вероятности принадлежности объекта к каждому из C классов.

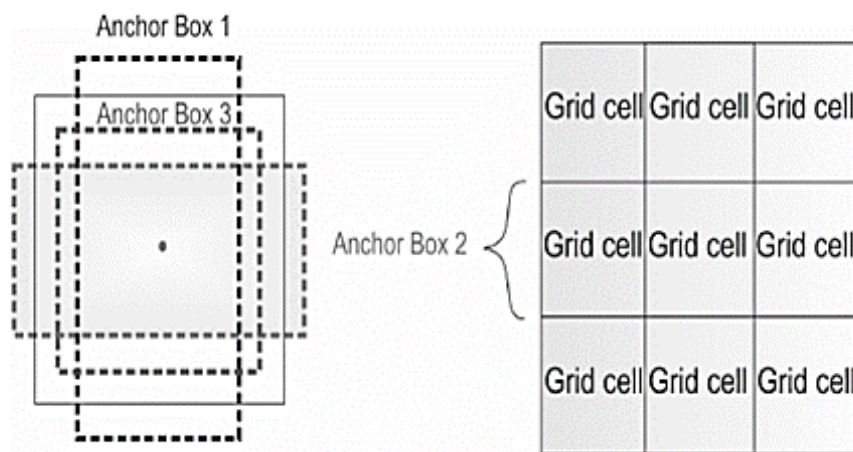


Рис. 1. Anchor-box. В YOLO предусмотрено несколько ячеек привязки для каждой ячейки сетки. [10]

Координаты боксов рассчитываются следующим образом:

$$\begin{aligned} \hat{x} &= \sigma(t_x) + c_x, \hat{y} = \sigma(t_y) + c_y \\ \hat{w} &= p_w e^{t_w}, \hat{h} = p_h e^{t_h} \end{aligned}$$

(4) *Расчет координат боксов*

$\sigma(x)$ – сигмоидная функция, которая ограничивает выходные значения в диапазоне (0,1).

c_x, c_y – координаты ячейки сетки, в которой находится объект.

t_x, t_y, t_w, t_h – предсказанные параметры модели.

p_w, p_h – заранее заданные размеры anchor-боксов (известные параметры, на которых обучена модель).

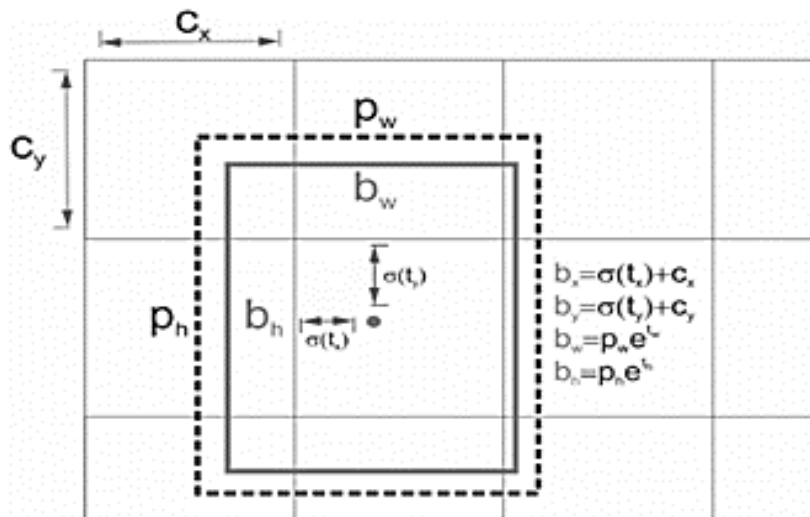


Рис. 2. Предсказание граничного поля. Координаты центра поля получают с помощью предсказанных значений t_x, t_y , проходящих через сигмоидальную функцию и смещенных на местоположение ячейки сетки c_x, c_y . Ширина и высота конечного поля использует предварительную ширину p_w и высоту p_h , увеличенные на e^{t_w} и e^{t_h} , соответственно, где t_w и t_h предсказаны YOLO. [10]

Когда модель анализирует изображение, она не предсказывает координаты bounding box с нуля. Вместо этого она использует набор предопределенных anchor boxes (якорных боксов), которые представляют возможные формы и размеры объектов. Каждая ячейка сетки на изображении содержит несколько anchor boxes, и модель предсказывает, насколько нужно их сместить, растянуть или уменьшить, чтобы они максимально соответствовали реальному объекту.

Например, если сеть работает с изображением размером 640×640 пикселей, оно делится на сетки разного масштаба (например, 20×20 , 40×40), и в каждой ячейке этих сеток находятся несколько anchor boxes с разными размерами. Эти боксы могут быть узкими, широкими или квадратными, что помогает находить маленькие, средние и большие объекты на изображении.

Non-Maximum Suppression (NMS) – это алгоритм, который используется для удаления дублирующих bounding boxes после детекции объектов. Он необходим, потому что модель может предсказывать несколько рамок для одного и того же объекта с разными степенями уверенности (confidence score). [8]

Метод NMS играет важную роль в процессе детекции объектов, позволяя избавиться от избыточных предсказаний и оставить только наиболее точные bounding boxes. Когда нейросеть анализирует изображение, она может обнаружить один и тот же объект несколько раз, создавая пересекающиеся боксы

с разными уровнями уверенности. Чтобы избежать дублирования и выделить единственное предсказание для каждого объекта, применяется алгоритм NMS.

Работа метода начинается с того, что все предсказанные боксы сортируются по убыванию confidence score, то есть вероятности наличия объекта в данной области. Это позволяет сразу определить самые надежные предсказания, которым стоит уделить внимание в первую очередь.

После этого выбирается бокс с наивысшим значением. Он становится эталонным, с которым будут сравниваться остальные. Для каждого оставшегося предсказания вычисляется показатель IoU (Intersection over Union), который показывает, насколько сильно пересекаются два bounding boxes. Если степень их пересечения превышает заранее установленный порог (например, 50 %), менее уверенное предсказание удаляется, поскольку оно дублирует уже выбранный бокс.

Процесс повторяется до тех пор, пока не останутся только лучшие предсказания, представляющие уникальные объекты. В результате система получает компактный и точный набор bounding boxes, избавленный от лишних наложений, что повышает качество детекции и снижает количество ошибок в анализе изображения:

$$IoU = \frac{Area\ of\ Overlap}{Area\ of\ Union} \quad (5) \text{ Математическое выражение IoU}$$

где:

Area of Overlap – площадь пересечения двух боксов.

Area of Union – общая площадь двух боксов.

Чем выше IoU между двумя боксам, тем больше они перекрываются, и один из них будет удален, если он менее уверенный. [7]

Обучение нейросетей в задачах компьютерного зрения, таких как детекция объектов, основано на итеративном процессе минимизации ошибок. Для того чтобы модель могла корректироваться и улучшать свои предсказания, используется функция потерь – математическая мера расхождения между предсказанными результатами и реальными значениями.

В контексте YOLOv8 функция потерь играет критически важную роль, так как она отвечает сразу за несколько аспектов: точность локализации объектов, вероятность их наличия и правильность классификации. Общая функция потерь модели включает в себя несколько составляющих:

$$L = L_{coord} + L_{conf} + L_{cls} \quad (6) \text{ Функция потерь}$$

где:

L_{coord} – ошибка координат bounding box, измеряемая с помощью IoU (Intersection over Union).

L_{conf} – ошибка уверенности в предсказании объекта, отвечающая за вероятность присутствия объекта в bounding box.

L_{cls} – ошибка классификации, оценивающая, насколько правильно модель определила класс объекта.

Модель минимизирует функцию потерь во время обучения, используя метод обратного распространения ошибки (backpropagation) и градиентный спуск (gradient descent). Это означает, что после каждого цикла обучения модель анализирует, насколько сильно она ошиблась, и вносит коррективы в свои параметры, чтобы в следующий раз предсказание было точнее.

Однако обучение одной модели на большом количестве данных не всегда дает наилучший результат. В реальных условиях одна нейросеть может переобучиться, плохо справляться с определенными классами объектов или ошибаться в сложных ситуациях. Это приводит к необходимости использования ансамблевого обучения, где несколько моделей работают вместе, дополняя друг друга.

Обучение одной нейросетевой модели, даже самой совершенной, не всегда гарантирует идеальную точность предсказаний. В условиях реального мира изображение может быть размытым, объект – частично закрытым или деформированным, а освещение – непредсказуемым. В таких ситуациях нейросеть может ошибаться, делая неправильные выводы о классе или расположении объекта. Именно поэтому в компьютерном зрении широко применяется ансамблевый метод обучения, который позволяет объединять предсказания нескольких моделей для получения более надежного результата.

Суть ансамблевого метода заключается в том, что вместо одной нейросети используется несколько моделей, каждая из которых анализирует изображение по-своему. Некоторые из них могут лучше работать с мелкими объектами, другие – точнее определять границы, а третьи – эффективнее выделять ключевые признаки. Когда их предсказания объединяются, ошибки отдельных моделей компенсируются, а итоговое решение становится более точным.

Для решения задачи автоматизированного разделения электронных отходов предпочтительно использовать бэггинг (bagging), так как он позволяет запустить несколько копий одной и той же архитектуры, но с разными наборами данных. Это ускоряет процесс детекции, поскольку предсказания выполняются параллельно, а затем агрегируются. Например, если одна модель обучена на изображениях при ярком освещении, а другая – на затемненных кадрах, их совместная работа обеспечит более стабильные результаты в любых условиях.

Другие подходы к ансамблевому обучению, включая бустинг и стекинг, способны значительно повысить точность детекции, но для их работы требуется больше вычислительных ресурсов. В бустинге обучение моделей происходит последовательно: каждая новая версия анализирует ошибки предыдущей и пытается их исправить. Такой метод делает систему более точной, но замедляет процесс предсказаний, что может оказаться неприемлемым для работы в режиме реального времени. Стекинг основан на объединении нескольких моделей с разной архитектурой, предсказания которых передаются в финальную нейросеть, принимающую окончательное решение. Этот метод действительно повышает качество распознавания, но увеличивает задержку обработки данных, что в реальных условиях может негативно сказаться на скорости работы системы. Таким образом, использование бэггинга – оптимальный вариант для

ускоренной и точной детекции объектов. Он позволяет минимизировать ошибки, не жертвуя скоростью работы системы, что особенно важно в условиях промышленного производства, где каждое решение должно приниматься мгновенно.

Для интеграции YOLOv8 в сепарационную систему необходимо обеспечить её взаимодействие с исполнительными механизмами. После обработки изображения модель передаёт координаты обнаруженных объектов и их категории в систему управления, которая принимает решения о дальнейшем маршруте движения компонентов.

После идентификации система направляет команды исполнительным механизмам: роботизированным манипуляторам, воздушным потокам или магнитным сепараторам, которые разделяют элементы на пластик, металл, стекло и другие материалы.

Внедрение компьютерного зрения в систему разделения электронных отходов позволяет не только повысить точность сортировки, но и существенно сократить расходы на рабочую силу. Традиционные методы переработки требуют значительного количества персонала, который вручную отбирает и сортирует отходы. Однако такой подход не только медленный и подвержен человеческому фактору, но и требует постоянного обучения сотрудников, особенно если речь идет о предприятиях, работающих с опасными отходами.

В России действует строгая регуляция в сфере обращения с отходами. Согласно Федеральному закону № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», все сотрудники, задействованные в сборе, транспортировке, обработке, утилизации, обезвреживании и размещении отходов I-IV классов опасности, обязаны проходить регулярное обучение и подтверждать свою квалификацию. [5] Это означает, что предприятия несут дополнительные расходы на образовательные программы и сертификацию персонала.

Кроме того, автоматизация снижает риски, связанные с работой на опасных производствах. Сортировка электронных отходов часто предполагает контакт с токсичными веществами. Использование роботов и систем компьютерного зрения исключает непосредственное взаимодействие человека с потенциально опасными материалами, что делает процесс переработки более безопасным и эффективным.

Таким образом, автоматизация сортировки электронных отходов с применением компьютерного зрения представляет собой перспективное направление, способное значительно повысить эффективность переработки и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. Использование технологий машинного обучения, таких как архитектура YOLOv8, позволяет в реальном времени идентифицировать и классифицировать различные типы отходов, обеспечивая высокую точность и скорость сортировки. Интеграция этих систем с роботизированными манипуляторами и специализированным оборудованием сокращает необходимость ручного труда, снижая затраты и повышая уровень безопасности на предприятиях по переработке отходов.

Кроме того, внедрение компьютерного зрения в процесс переработки

способствует более рациональному использованию ресурсов и снижению нагрузки на свалки, что соответствует современным экологическим требованиям и законодательным нормам. Использование ансамблевых методов обучения и передовых алгоритмов идентификации объектов позволяет адаптировать системы к различным условиям работы, обеспечивая их устойчивость к внешним факторам. В результате компьютерное зрение не только упрощает процесс утилизации электронных отходов, но и становится важным инструментом для построения более экологически безопасных и экономически выгодных решений в сфере переработки отходов.

Список литературы

1. Всемирная организация здравоохранения. Электронные отходы (e-waste). Всемирная организация здравоохранения. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/electronic-waste-%28e-waste%29> (дата обращения: 20.04.2025).
2. NTT. ТБО и отходы производства твёрдых коммунальных отходов. NTT. URL: <https://www.ntt.su/articles/tbo-oofptko/> (дата обращения: 13.04.2025).
3. Клетте Р. Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы / пер. с англ. А.А. Слинкин. - М.: ДМК Пресс, 2019. - 506 с.
4. Прокашев В.А. Возможности улучшения применения компьютерного зрения в сортировке твёрдых коммунальных отходов / В.А. Прокашев // Отходы и ресурсы. – 2024. – Т. 11, № 2. – URL: <https://resources.today/PDF/04INOR224.pdf> DOI: 10.15862/04INOR224.
5. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 28.04.2023) «Об отходах производства и потребления» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/, свободный. – Дата обращения: 20.04.2025.
6. Шешкус А.В. Исследование композиции алгоритмов компьютерного зрения, базирующихся на машинном обучении, для решения задачи локализации и классификации объектов / А.В. Шешкус, Д.П. Маталов, В.В. Арлазаров, Д.П. Николаев // Труды Института системного анализа Российской академии наук. – 2019. – Т. 69, № 1. – С. 29-36.
7. He, J., Erfani, S., Ma, X., Bailey, J., Chi, Y., & Hua, X.-S. (2021). α -IoU: A family of power intersection over union losses for bounding box regression. *Advances in Neural Information Processing Systems* 34 (NeurIPS 2021).
8. M. Gong, D. Wang, X. Zhao, H. Guo, D. Luo, M. Song. "A review of non-maximum suppression algorithms for deep learning target detection", *Proc. SPIE* 11763, *Seventh Symposium on Novel Photoelectronic Detection Technology and Applications*, 1176332 - 2021; <https://doi.org/10.1117/12.2586477>.
9. R. Cuingnet, Y. Ladegaillerie, J. Jossent, et al. // PortiK: A computer vision based solution for real-time automatic solid waste characterization – Application to an aluminium stream // *Waste Management* 150. – 2022. – С. 267–279. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.05.021>.
10. J. Terven, D. Cordova-Esparza, A comprehensive review of YOLO architectures in computer vision: From YOLOv1 to YOLOv8 and YOLO-NAS. *Machine Learning and Knowledge Extraction*, 5(4), – 2023 – 1680-1716. <https://doi.org/10.3390/make5040083>.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЙ И НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ

Студентка гр. 340641/01 А.С. Степанчикова,
Научный руководитель А.А. Маслова
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В результате различных процессов, используемых на современных производствах, в атмосферу выбрасывается огромное количество загрязняющих веществ, оказывающих вредное воздействие на человека. Со стороны экологических служб предприятий все большее внимание уделяется проблеме оценки степени воздействия производственных процессов на окружающую среду. Так на предприятиях внедряются различные системы мониторинга атмосферного воздуха, в том числе и автоматизированные, которые позволяют определить картину загрязнения прилегающих территорий.*

Автоматизация технологических процессов является важным современным направлением науки, имеет большую практическую значимость. Передача рутинной работы техническим средствам позволяет упростить, интенсифицировать, удешевить операции, уменьшить влияние человеческого фактора на производство, и вредное влияние рабочей среды на рабочих. Работа по автоматизации, компьютеризации контроля воздушной среды на технологическом производстве при интеграции с единой системой сбора, обработки данных и оперативного управления создаёт предпосылки для повышения защищённости рабочих, увеличения качества и эффективности производства на предприятиях [1].

Существующие технические средства контроля и мониторинга за состоянием атмосферного воздуха не всегда отвечают современным требованиям, имеют большую погрешность измерений и не дают достаточной картины для принятия управленческих решений по данному направлению охраны окружающей среды. В связи с этим необходимой является адаптация существующих систем к определенным условиям конкретного региона.

Служба наблюдений и контроля за состоянием атмосферного воздуха, как следует из названия, состоит из двух частей, или систем: наблюдений (мониторинга) и контроля. Первая система обеспечивает наблюдение за качеством атмосферного воздуха в городах, населенных пунктах и территориях, расположенных вне зоны влияния конкретных источников загрязнения. Вторая система обеспечивает контроль источников загрязнения и регулирование выбросов вредных веществ в атмосферу [2-3].

Мониторинг включает следующие основные направления деятельности:

- наблюдения за факторами, воздействующими на окружающую природную среду и за ее состоянием;
- оценку фактического состояния природной среды;

- прогноз развития состояния природной среды и оценку этого развития [4].

Таким образом, мониторинг – это система наблюдений, оценки и прогноза состояния природной среды, не включающая управление качеством окружающей среды, но дающая необходимую информацию для такого управления и выработки инженерных методов защиты окружающей среды.

Для осуществления мониторинга загрязнения окружающей среды разработаны различные автоматизированные информационные системы. Многие из них используются различными экологическими службами и предприятиями. К ним относятся: система «Эколог-город» 3.0, «АТМОСФЕРА-ПДВ», многоканальная газоаналитическая система СКАПО, автоматизированная информационная система «Тога» (Транспорт – Отходы – Гидросфера – Атмосфера), автоматизированная система контроля пылегазоочистных установок «АСК ПГУ», автоматизированная система мониторинга атмосферы и контроля источников загрязнения (АСМАКИЗ). [3]

Основным недостатком использования систем мониторинга на предприятиях, является то, что отсутствуют диалоговые подсистемы, включенные в состав автоматизированных систем управления технологическими процессами, позволяющих на основе полученных данных о концентрации вредных веществ обеспечить поддержку принятия решений по регулированию выбросов в атмосферу.

В большинстве существующих автоматизированных систем для моделирования и прогноза распространения вредных веществ используются методика ОНД-86 или модель Гаусса [5].

Методика ОНД-86 представляет собой нормативный документ, разработанный в 1986 г. главной геофизической обсерваторией им. А.И. Воейкова Госкомгидромета. Устанавливает требования в части расчета концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе при размещении и проектировании предприятий, нормировании выбросов в атмосферу реконструируемых и действующих предприятий, а также при проектировании воздухозаборных сооружений.

Важным требованием к организации расчетов является исключение бессмысленных расчетов, требующих лишних затрат усилий и ресурсов как на стадии их проведения так и. что особенно неприятно, на стадии анализа результатов. Рекомендуется избегать нагромождения ненужных расчетных характеристик, затрудняющих анализ результатов и принятие решений. В этом смысле очень важно выявление тех примесей, которые не оказывают заметного влияния на общую экологическую ситуацию и описание степени их влияния с помощью содержательных интегральных показателей без проведения детальных расчетов.

Исходя из анализа существующих систем и моделей, на основе которых они построены, можно заключить, что существующие системы автоматизированного мониторинга имеют определенные недостатки, к которым относится отсутствие подсистемы поддержки принятия решений по снижению выбросов технологическими процессами на основе данных автоматизированной системы мониторинга.

Чтобы исключить данный недостаток, необходимо разработать метод определения вклада каждого источника выброса вредных веществ в общий выброс в атмосферном воздухе, позволяющего выделить источники с предельно допустимыми выбросами и использовать полученную информацию при принятии решений в автоматизированной системе управления технологическим процессом, направленных на снижение концентрации вредных веществ, выбрасываемых этими источниками.

Список литературы

1. Панарин М.В. Автоматизированная система контроля выбросов загрязняющих веществ на источниках промышленных предприятий / М.В. Панарин, А.А. Маслова, С.А. Савинкова, В.М. Панарин // *Экология и промышленность России*. – 2021. – Т. 25, № 6.
2. Маслова А.А. Применение искусственных нейронных сетей для прогнозирования уровней загрязнения воздуха и водных объектов / А.А. Маслова, В.М. Панарин, К.В. Гришаков, Н.А. Рыбка, Е.А. Котова, Д.А. Селезнева // *Экология и промышленность России*. – 2019.
3. Бурман В.М. Автоматизированная распределенная система экологического мониторинга окружающей среды модульного типа / В.М. Бурман, Ю.А. Кропотов // *Известия ОрелГТУ. Серия «Информационные системы и технологии»*. – 2008. – № 1-2/269(544). – С. 53-57.
4. Израэль Ю.А. *Экология и контроль состояния природной среды*. Изд. 2-е / Ю.А. Израэль. – М.: Гидрометеиздат, 1984.
5. Попов Н.С. Применение искусственных нейронных сетей для систем прогноза загрязнения воздушного бассейна / Н.С. Попов, О.В. Кондраков. – *Вестник ТГТУ*, 2002. – Т. 8, № 2. – С. 219-227.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА, РАСПОЛОЖЕННОГО В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

Студент гр. 340641/01 А.Е. Акимов,
Научный руководитель В.Г. Павпертов
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. Гальваническое производство играет значительную роль в современном машиностроении и других отраслях промышленности, обеспечивая нанесение защитных и декоративных покрытий на металлические изделия. Однако, его размещение в городской среде вызывает острые экологические и социальные вопросы. Данная работа посвящена экологической оценке гальванического производства, специально расположенного в условиях городской инфраструктуры.

Гальваническое производство включено в перечень объектов I категории по уровню негативного воздействия на окружающую среду и нормируется на основе наилучших доступных технологических разработок.

Гальванические процессы требуют использования химически активных веществ и образуют отходы, которые могут содержать токсичные металлы и опасные химические соединения.

Все виды работы с химически активными растворами и тяжелыми металлами гальванического производства относят к категории опасных производств. По данным Росстата ежегодно фиксируется рост удельного веса работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда

Процессы, такие как электролиз и нанесение покрытий, могут выделять вредные для здоровья человека вещества, включая кислотные пары и тяжелые металлы [1].

Гальваническое производство оказывает антропогенное воздействие на окружающую среду, а именно:

- загрязнение воздуха: выбросы летучих органических соединений (ЛОС) и других вредных веществ в атмосферу приводят к ухудшению качества воздуха в городской местности, что может стать причиной респираторных заболеваний среди населения.

- загрязнение водоемов: неправильная утилизация сточных вод и отходов производства может привести к загрязнению местных водоемов, что негативно сказывается на экосистемах и здоровье человека [2].

Постоянное воздействие негативных факторов гальванического производства приводит к возникновению профессиональных заболеваний, в основном заболеваний органов дыхания и верхних дыхательных путей, системы кровообращения, опорно-двигательной системы при стаже работы от 10 до 15 лет.

Кроме того, значительное влияние оказывается и на здоровье населения. Работники гальванических предприятий подвержены риску хронических заболеваний из-за воздействия токсичных химических веществ. Увеличение загрязнения воздуха и воды может привести к ухудшению здоровья местных жителей, в том числе к росту числа аллергий, респираторных заболеваний и других патологий.

Для снижения количества заболеваний и смертельных случаев требуется внедрение эффективных мер профилактики и средств защиты работников вредных производств и сотрудников смежных специальностей.

Оценка воздействия на экосистемы. Гальваническое производство в городской среде оказывает негативное влияние на экосистему, включая изменение состава почвы и воды. Наличие токсичных веществ может нарушать пищевые цепи и подвергать опасности местную флору и фауну.

Меры по улучшению экологической безопасности. Внедрение передовых технологий очистки и утилизации отходов, что позволит снизить уровень загрязнения и сделать производство более устойчивым [3]. Проведение регулярного мониторинга и экологической оценки влияния гальванического производства на окружающую среду и здоровье населения. Создание зеленых зон и барьеров для минимизации воздействия вредных выбросов на жилые районы.

Традиционно значительное внимание при изучении экологического вреда от гальванических производств уделяют сточным вод и гальваническим шламам

Изучению загрязнения воздуха рабочей зоны, в том числе и нано- и микроразмерных атмосферных взвесей в цехах и на прилегающей территории практически не придается значение, при этом есть работы, предполагающие, что экологическая опасность таких аэрозолей не ниже, чем от выбросов реагентов в сточные воды, поскольку их распространение происходит на значительно большие расстояния, несмотря на фиксирование гальванических производств на значительной удаленности от других производственных зданий и значительное влияние гальванических аэрозольных частиц на процессы формирования климата в промышленных центрах, в которых доля техногенных частиц достигает 45 % от общего числа гальванических аэрозольных частиц.

В настоящее время нет комплексной экологической оценки влияния техногенных частиц гальванического производства на состояние воздушной среды внутри цеха гальванического производства и городскую воздушную среду вокруг производства. Отсутствует оценка влияния основных технологических процессов на состав и свойства аэрозолей как в цехах, так и за пределами производств, нет оценки токсикологических свойств таких аэрозолей [3].

Экологическая оценка гальванического производства в городской среде необходима для выявления потенциальных угроз как для экологии, так и для здоровья населения. Системный подход к управлению экологическими аспектами гальванического производства позволит разработать эффективные стратегии для обеспечения устойчивого развития и улучшения качества жизни в городской среде.

Список литературы

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 36-2017 «Обработка поверхностей металлов и пластмасс с использованием электролитических или химических процессов».

2. Трушкова Е.А. Гигиеническая оценка условий труда гальваников / Е.А. Трушкова, А.В. Горбаткова, А.А. Вельченко // Актуальные направления инновационного развития животноводства и современные технологии производства продуктов питания: материалы Международной научно-практической конференции. – Пос. Персиановский, 2016. – С. 306-309.

3. Omelchenko E.V. Algorithm Research Exposure Dust Emissions Enterprises of Building Production on the Environment / E.V. Omelchenko, E.A. Trushkova, M.V. Sidelnikov [et al.] // IOP Conference Series Earth and Environmental Science. – 2017. – Vol. 50, Iss. 1. 012018.

ВЫБОРКА ИСТОЧНИКОВ ДАННЫХ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

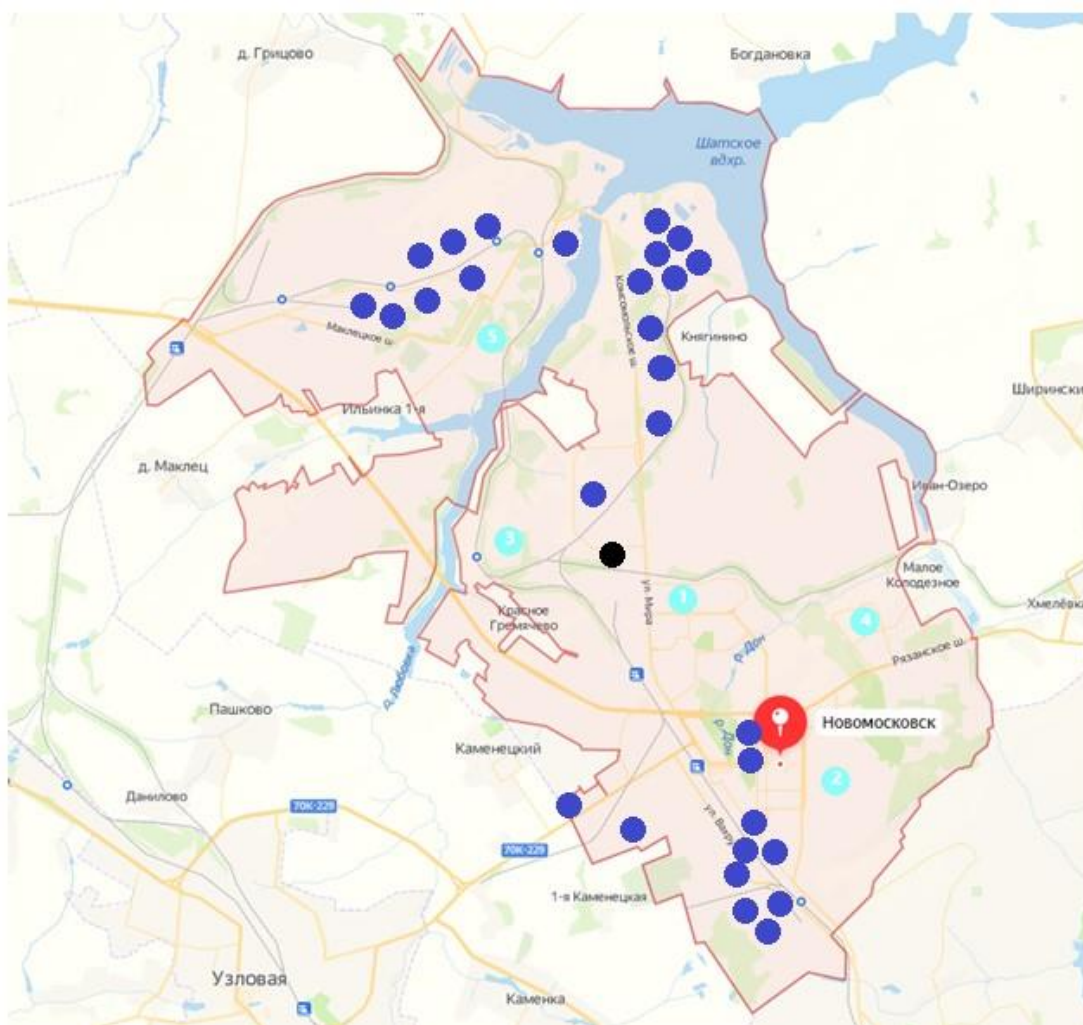
Соискатель каф. ОТиОС А.В. Архипов,
Научный руководитель А.А. Маслова
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** Выборка источников данных играет ключевую роль в создании качественной нейронной сети для прогнозирования концентраций загрязнения атмосферного воздуха. От правильного подбора набора данных зависит точность и надежность полученной модели. В данной статье рассмотрены основные типы необходимых данных и способы их сбора.*

Искусственная нейронная сеть учится путем сравнения входных и выходных данных, поэтому правильный выбор набора данных очень важен для построения модели нейронной сети. Стоит отметить, что должны использоваться только те входные данные, которые влияют на результирующий вектор. Внедрение входных данных, не связанных с прогнозируемыми данными модели, ухудшает работу сети. Набор входных данных, содержащий концентрации выбранных загрязнителей воздуха (аммиака) и метеорологических данных, обычно используется для прогнозирования уровня концентрации другого загрязнителя воздуха. Кроме того, мы можем использовать данные о выбросах загрязняющих воздух веществ в данной области и в потоке движения. Для создания модели нейронной сети мы можем использовать временные данные, среднечасовые или среднесуточные данные [1].

В этой главе для создания искусственной нейронной сети, применимой к прогнозированию уровней концентраций загрязняющих веществ в атмосфере, мы использовали метеорологические данные и данные о концентрациях этих веществ и аммиака, в частности, с действующих на территории г. Новомосковск постов экологического мониторинга и экологической безопасности. Среднемесячные концентрации в период с 1 января 2021 года по 31 декабря 2021 года, которые были зарегистрированы на трех измерительных станциях, действующих в Новомосковске в рамках государственной программы мониторинга окружающей среды.

На станции № 2 оценивается уровень загрязнения в жилой зоне. На станции № 5 измеряется уровень промышленных загрязнений. Станция под № 1 можно считать фоновой станцией. Измерение концентрации загрязняющих веществ выполняется автоматически. Расположение станций представлено на рисунке. Голубым цветом отмечены действующие станции экологического мониторинга МО г. Новомосковск, черным цветом – станция экологического мониторинга Тульского государственного университета, фиолетовым – заводы и крупные промышленные предприятия города.



Карта размещения действующих постов экологического мониторинга
в г. Новомосковск

Существуют измеренные уровни концентрации других загрязняющих воздух веществ, кроме аммиака (NH_3), на вышеупомянутых измерительных станциях. Эти загрязняющие воздух вещества: оксид азота (NO_2), оксид азота (NO), оксид серы (SO_2), оксид углерода (CO), сероводород (H_2S).

При формировании выборки важно соблюдать баланс и репрезентативность данных. Необходимо обеспечить достаточное количество записей для каждой категории загрязняющего вещества и географического расположения. Рекомендуется привлекать экспертов-экологов для проверки корректности и полноты набора данных [2].

Правильно подобранная выборка источников данных обеспечит высокую точность прогнозов и эффективную эксплуатацию нейронной сети для мониторинга загрязнения атмосферного воздуха.

Список литературы

1. Панарин В.М. Решение проблемы сбора и анализа экологической информации о загрязнении атмосферного воздуха / В.М. Панарин [и др.] // Информационные системы и модели в научных исследованиях,

промышленности, образовании и экологии: доклады X всероссийской науч.-техн. конф. – Тула: Изд-во «Инновационные технологии», 2012. – С. 74-76.

2. Панарин В.М. Применение искусственных нейронных сетей в инженерно-технических и экологических разработках / В.М. Панарин, К.В. Гришаков, А.А. Маслова, О.В. Гришакова, А.В. Архипов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 4. – С. 278-284.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ ОЦЕНКЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИИ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Аспирант гр. аОТиОС/2.10.2-23 В.А. Браун,
Научный руководитель А.А. Маслова
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** На сегодняшний день требуется обострять внимание на эффективность целенаправленной ликвидации посредством точного мониторинга загрязнения поверхностных вод с большим обхватом данных по автоматическому измерению показателей сбросов загрязняющих веществ и по площади наблюдения за изменением показателей в исследуемом объекте. Существуют различные подходы и методы, применяемые для оценки и прогнозирования уровня загрязнения поверхностных вод. В данной статье рассмотрены искусственные нейронные сети.*

В последнее время наблюдается интенсивное развитие алгоритмов в искусственном интеллекте. Искусственные нейронные сети (ИНС) были одними из первых алгоритмов этого типа. Их характерная особенность заключается в том, что они могут быть использованы для решения проблемы в условиях неполной информации без знания аналитической зависимости между входными и выходными данными. Эта особенность приводит к тому, что ИНС являются очень важным инструментом для моделирования сложных неизвестных отношений между переменными.

Допускается одинаковое распределение различий между измеренным значением и прогнозируемым значением для каждой измерительной станции при проведении адаптации такого инструмента как нейронные сети для целей автоматизированного мониторинга загрязнения водных объектов, прогнозирования их состояния при возникновении аварийных выбросов, в том числе многоточечных выбросов загрязняющих веществ. Не предоставляется возможным создать универсальную модель нейронной сети, которая будет одинаково хорошо работать для всех загрязнителей и на всех типах местности, где проходят поверхностные сточные воды.

Выбор архитектуры нейронной сети, включая количество и тип нейронов, а также алгоритма обучения, имеет решающее значение для её эффективности. Модель и архитектура нейронной сети должны быть адаптированы к каждому

конкретному случаю. Подобные нейронные сети используются в различных автоматизированных системах мониторинга сбросов загрязняющих веществ предприятиями в водные объекты. Блок сбора и обработки данных такой системы представляет собой сложный многокомпонентный комплекс, включающий в себя передовое оборудование и программное обеспечение. В его основе лежит многофункциональный телеметрический комплекс, построенный на базе промышленных контроллеров, обеспечивающих надежность и непрерывность работы. Этот комплекс неразрывно связан с несколькими критическими подсистемами, обеспечивающими его бесперебойную функциональность. Подсистема бесперебойного питания гарантирует стабильное электропитание даже при внезапных отключениях, предотвращая потерю данных и сбои в работе. Подсистема контроля микроклимата поддерживает оптимальные температурные и влажностные условия для корректной работы всего оборудования, исключая влияние внешних факторов на точность измерений. Защита данных и физического доступа к оборудованию обеспечивается надежной подсистемой контроля доступа, предотвращающей несанкционированное вмешательство и гарантируя сохранность информации. Для передачи данных используется современная подсистема сетевых коммуникаций, дополненная надежной системой шифрования, обеспечивающей конфиденциальность передаваемой информации и защиту от несанкционированного доступа к ней. Эта система шифрования защищает чувствительные данные на всех этапах передачи, от сбора до хранения. Основная задача этого комплекса – сбор и обработка данных о контролируемой среде. Это достигается с помощью высокоточного измерительного оборудования, установленного на стационарных постах наблюдения. Измерительные приборы непрерывно собирают данные о различных параметрах окружающей среды, передавая их на центральный телеметрический комплекс. Затем, используя утвержденные и проверенные алгоритмы (детализированные в источнике [1]), комплекс рассчитывает параметры выбросов и сбросов вредных веществ, обеспечивая точный анализ экологической ситуации. Все собранные данные с каждого стационарного поста поступают на центральный сервер приема и обработки данных. Этот сервер оснащен специализированным программным обеспечением, которое устанавливает зашифрованное Интернет-соединение с контроллером телеметрии каждого поста. Полученные данные, уже зашифрованные на уровне поста, передаются на сервер, где происходит их расшифровка и последующая обработка. После обработки данные тщательно проверяются на наличие ошибок и несоответствий, а затем надежно хранятся в защищенной базе данных. Эта база данных обеспечивает долговременное хранение информации, позволяя проводить анализ данных за длительные периоды времени и выявлять долгосрочные тенденции. Наконец, обработанные и верифицированные данные предоставляются пользователю через удобный и интуитивно понятный пользовательский интерфейс, позволяющий анализировать информацию в различных форматах и получать наглядные отчеты. Все этапы работы системы, от сбора данных до их представления

пользователю, максимально автоматизированы и оптимизированы для обеспечения высокой точности, надежности и эффективности. Пример функциональной схемы работы автоматизированной системы непрерывного контроля сбросов загрязняющих веществ предприятий в водные объекты представлен на рис.1. Пример стационарной береговой автоматической станции многокомпонентного контроля качества сточных вод показана на рис. 2. В состав измерительного оборудования входят: измеритель объемного расхода, автоматический анализатор для определения ХПК, датчики измерения концентрации загрязняющих веществ (зависит от типа производства и технологических процессов), прибор для определения уровня pH, датчик измерения температуры, датчик взвешенных веществ.

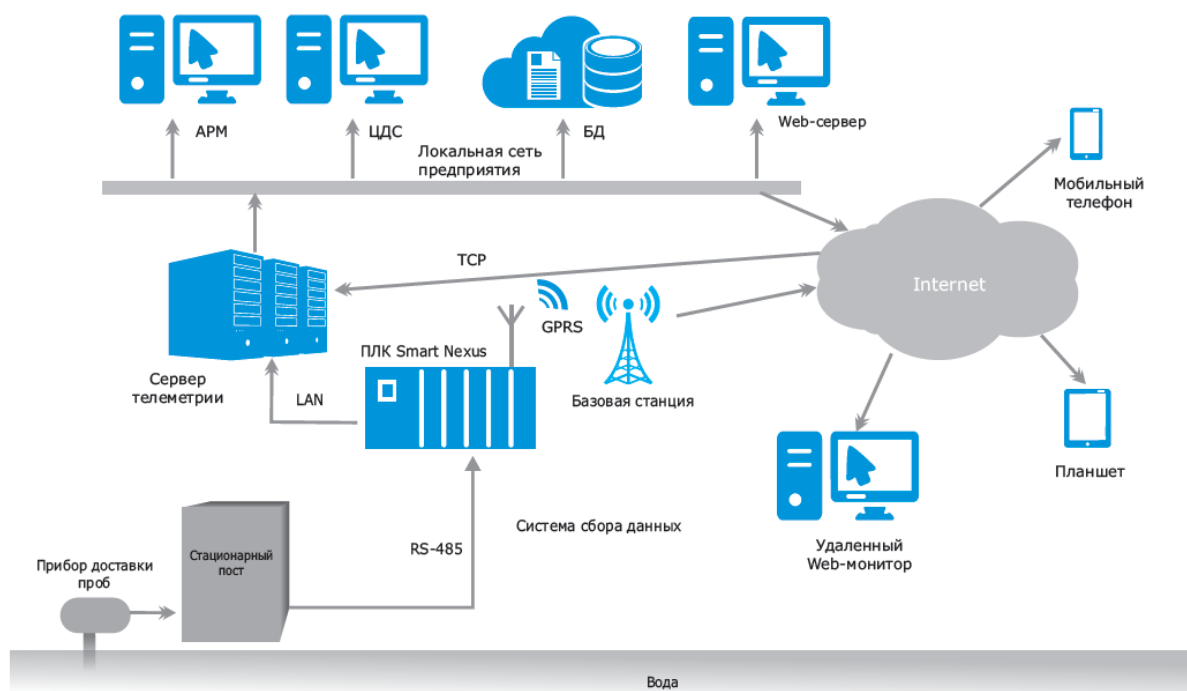


Рис. 1. Функциональная схема работы автоматизированной системы непрерывного контроля сбросов загрязняющих веществ предприятий в водные объекты



Рис. 2. Стационарная береговая автоматическая станция многокомпонентного контроля качества сточных вод

Стоит отметить, что не всегда достоверна статистика сбросов загрязняющих веществ предприятиями. Отсутствуют методики оценки неконтролируемого (диффузного) стока и вторичного загрязнения от донных отложений. Методы, используемые для регламентации сбросов, внутренне противоречивы и неэффективны, что характерно для большинства регионов. Также существует проблема использования устаревшей приборной базы для мониторинга поверхностных водных объектов (ПВО). Однако эта проблема успешно решается в рамках федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2035 года».

Между тем, большинство исследований сосредоточено на краткосрочных и долгосрочных прогнозах уровней концентрации сложных органических соединений и взвешенных частиц тяжелых металлов при контроле сточных вод и последующей их очистке. Для действующих выпусков сточных вод рекомендуется использовать информацию из согласованных проектов нормативов допустимых сбросов веществ в водные объекты. В этих проектах содержатся измеренные в течение 1-3 лет концентрации загрязняющих веществ в сточных водах и фактические среднегодовые расходы.

С помощью данных, полученных автоматизированной системой непрерывного контроля сбросов загрязняющих веществ предприятий в водные объекты с использованием ИНС было проведено моделирование изменения концентрации веществ на АО «Тула-горводоканал», АО «НАК «Азот» и ОАО «Щекиноазот» (Тульская область). Проанализировав результаты, можно сделать вывод по превышающим концентрациям ЗВ в зоне начального разбавления. На основе этих данных при заданных условиях можно составить прогнозные значения концентраций ЗВ по времени и расстоянию от источника. Экспериментальные данные, подтверждающие эффективность описанных методов, можно найти в [2, 3].

Таким образом, при оценивании состояния поверхностных сточных вод статистика сбросов предприятиями загрязняющих веществ не всегда достоверна, отсутствуют методики оценки неконтролируемого (диффузного) стока и вторичных загрязнений от донных осадков, а сами методы регламентации внутренне противоречивы и малоэффективны.

В рамках реализуемых проектов и программ особое внимание уделяется созданию и внедрению автоматизированных систем мониторинга состояния водных объектов. Эти системы призваны оказывать поддержку в принятии управленческих решений, в том числе используя современные методы с искусственными нейронными сетями. Для получения точных результатов крайне важно правильно подобрать входные и выходные данные, которые должны быть тесно связаны между собой. Невозможно создать единую универсальную модель нейронной сети, способную прогнозировать выбросы различных загрязняющих веществ в различных регионах.

На сегодняшний день требуется обострять внимание на эффективность целенаправленной ликвидации посредством точного мониторинга стоков загрязнения с большим обхватом данных по автоматическому измерению

показателей сбросов загрязняющих веществ и по площади наблюдения за изменением показателей в исследуемом объекте. На основе данных методов контроля можно разработать оценку объёмов сброса загрязняющих веществ в водные объекты, используя методологию наилучших доступных технологий. Также следует рассчитывать, насколько необходимо сокращать эти сбросы, чтобы предотвратить ухудшение экологической ситуации.

Список литературы

1. Панарин В.М. Автономная система дистанционного мониторинга поверхностных водных объектов для оперативного контроля в реальном масштабе времени / В.М. Панарин, А.А. Маслова, Е.М. Рылеева, С.А. Савинкова // *Экология и промышленность России*. – 2022. – Т. 26, № 4. – С. 50-55.

2. Панарин В.М. Разработка математической модели прогноза загрязнения окружающей среды промышленно развитых регионов / В.М. Панарин, А.А. Маслова, К.В. Гришаков, О.В. Гришакова, Д.В. Трещев // *Экологические системы и приборы* № 1. 2023 г. – С.17-24.

3. Маслова А.А. Применение искусственных нейронных сетей для прогнозирования уровней загрязнения воздуха и водных объектов / А.А. Маслова, В.М. Панарин, К.В. Гришаков, Н.А. Рыбка, Е.А. Котова, Д.А. Селезнева // *Экология и промышленность России*. – 2019. – Т. 23, № 8. – С. 36-41.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ МЕТОДИК ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ИЗМЕНЕНИЙ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Аспирант гр. аОТиОС/2.10.2-23 В.А. Браун,
Научный руководитель А.А. Маслова
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. Производственный контроль качества сточных вод осуществляется по индивидуальным планам-графикам, учитывающим специфику предприятия, технологию очистки и мониторинг водоёма. Кроме того, для решения задачи о разбавлении сточных вод необходимо определение концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) в любой локальной точке водного объекта. Актуально выяснить, как распространяются ЗВ в водотоке или водоеме, вызванное сбросом сточных вод, а также определить влияние естественных факторов на процессы разбавления. Это позволит оптимизировать использование местных условий для регулирования гидрологического режима водного объекта. Планируется корректировка расчётов основного разбавления при моделировании динамики концентрации ЗВ на разных расстояниях от места сброса сточных вод, учитывая текущие условия.

Анализ промышленных и бытовых объектов, являющихся источниками поступления сточных вод в экосистемы, позволяет выявить особенности оценки их качества и определить спектр загрязняющих веществ. На выходе из очистных сооружений должны отсутствовать примеси, характерные для исходной

природы стоков, либо их содержание должно быть минимизировано до допустимого уровня [1].

Разбавление сточных вод в водотоках и водоемах определяется комплексным влиянием следующих трех процессов:

- распределением сточных вод в начальном сечении водотока или водоема (месте сброса), которое зависит от конструкции выпускного сооружения;
- начальным разбавлением сточных вод, протекающим под действием турбулентных струй;
- основным разбавлением сточных вод, определяющимся гидродинамическими процессами водоемов и водотоков.

Метод Фролова В.А и Родзиллера И.Д. целесообразно применять для больших и средних рек при оценочных расчетах, когда не рассматривается конструкция выпуска, а решается вопрос о возможности сброса сточных вод в реку.

Метод расчета основного разбавления, известный как детальный метод Караушева (ГГИ), при использовании демонстрирует повышенную чувствительность к наличию и оценки воздействия дополнительного загрязнения, позволяет с высокой точностью прогнозировать изменения в качестве воды. Ограничений для его применения не выявлено. Данный численный метод предназначен для решения уравнений турбулентной диффузии и обеспечивает получение полей концентраций вещества на всей протяженности расчетной области, охватывающей зону выпуска сточных вод до контрольного створа.

В ГГИ также разработан ряд упрощенных методов расчета разбавления на основе уравнения турбулентной диффузии. В рамках данных методов проведен анализ взаимосвязи между интенсивностью уменьшения показателя разбавления в направлении потока и гидравлическими параметрами потока, основанный на графических построениях.

Основное (общее) разбавление начинается от сечения, где струя теряет свою индивидуальность, т. е. где прекращается действие и инерционных сил и дальнейшее движение происходит под действием течений, а снижение концентраций – вследствие турбулентной диффузии. Граничными условиями обычно задается характер поведения вещества на границах потока и на бесконечном удалении от места сброса. Коэффициенты общего разбавления по расчетным методикам представлены в таблице.

Коэффициент общего разбавления на расстоянии 500 м от выпуска при моделировании изменений в концентрации АО «Тулагорводоканал»

Расчетный метод	Общее разбавление
Расчет основного разбавления методом Фролова-Родзиллера (ВОДГЕО)	2.89
Расчет основного разбавления детальным методом Караушева (ГГИ)	2.39
Расчет основного разбавления экспресс-методом ГГИ	13.81
Расчет начального разбавления методом УралНИИРХ	11.77

С целью интенсификации разбавления сточных вод в реке целесообразно создавать выпуски, в которых вследствие увеличения скорости истечения образуется турбулентный струйный поток, а следовательно, происходит и начальное разбавление.

Кратность начального разбавления можно найти из зависимости, полученной на основе закона начального разбавления для водотоков и водоемов, выраженное в формуле 1, а также частного случая при распространении струи в однородном спутном потоке [2, 3].

$$n_{\text{н}} = 0,258 \cdot \overline{\Delta u_m} \cdot d^2 \quad (1)$$

При расчетах основного разбавления уделено внимание корректировке исходных данных. Учитывается дистанция от источника сброса, выпуска сточных вод, которую можно сократить до 300 метров. Данная процедура позволит более точно оценить влияние гидродинамических факторов на процессы диффузии и разбавления ЗВ в водной среде исследуемого объекта. Рассматриваемый водный объект, принимающий сточные воды: р. Упа; при расходе сточных вод (м³/час): 7649,5434 [4].

Прогнозирование изменения концентрации ЗВ на расстоянии 300 метров от места выпуска сточных вод будет осуществляться на основе математического моделирования диффузионных процессов в водной среде. При этом будут учитываться такие факторы, как турбулентность потока, скорость течения, глубина водоема и дисперсионные характеристики загрязняющих веществ. Это позволяет оценить степень разбавления и рассеяния ЗВ на значительном удалении от источника сброса, что актуально для оценки экологического воздействия и разработки мер по его минимизации. Поиск рекомендаций в базе данных осуществляется с учетом метеорологических параметров и концентраций вредных веществ, полученных на основе построения полей распространения концентраций.

Список литературы

1. Кутковский К.А. Виды сточных вод и основные методы анализа загрязнителей / К.А. Кутковский. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2013. – № 9 (56). – С. 119-122.
2. Лапшев Н.Н. Расчеты выпусков сточных вод / Н.Н. Лапшев. – М.: Стройиздат, 1977 – 79 с.
3. Кичигин В.И. Моделирование загрязнения водотоков поверхностным стоком / В.И. Кичигин, Е.Д. Палагин // Современные проблемы науки и образования. – 2009. – № 1.
4. Лапшев Н.Н. Методы прогноза качества вод: учебн. Пособие / Н.Н. Лапшев, Ю.Б. Безобразов. – Л.: ЛИСИ, 1990. – 57 с.

ВЛИЯНИЕ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ТЕРМИЧЕСКОГО ЦЕХА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Студент гр. 340631/03 Д.О. Репин,
Научный руководитель А.А. Маслова
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** Термические цеха, составляющие часть теплоэнергетических и металлургических предприятий, являются значительными источниками загрязнения окружающей среды. При сжигании угля, мазута или природного газа образуются вредные вещества, такие как диоксид серы, оксиды азота, угарный газ, твердые частицы и канцерогенные вещества, включая бензапирен. Эти выбросы ухудшают качество воздуха, воды и почвы, а также оказывают негативное влияние на здоровье человека. Для минимизации негативного воздействия предлагаются меры, включая внедрение технологий с низким уровнем выбросов, переход на экологически чистые виды топлива, мониторинг и контроль выбросов, а также реабилитацию загрязненных территорий.*

Термический цех, является частью теплоэнергетических и металлургических предприятий, он играет ключевую роль в промышленном производстве. Однако его деятельность сопровождается значительными выбросами вредных веществ в атмосферу, что оказывает негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека [1].

Термические цеха, функционирующие на угле, мазуте или природном газе, являются значительными источниками загрязнения окружающей среды. Эти выбросы способствуют образованию кислотных дождей, смога и парникового эффекта, ухудшая качество воздуха и воды, а также негативно влияя на здоровье человека.

Основные загрязнители и их влияние.

При сжигании угля, мазута или газа в котлоагрегатах термических цехов образуются следующие вредные вещества:

Диоксид серы (SO_2) – вызывает кислотные дожди, окисляет водоемы, уничтожает растения и животных, способствует развитию астмы и бронхиальных заболеваний [1].

Оксиды азота (NO_x) – способствуют образованию смога, ухудшают видимость, увеличивают уровень кислотности в водоемах, вызывают респираторные заболевания.

Угарный газ (CO) – угрожает жизни человека, снижая содержание кислорода в крови, вызывает головные боли, головокружение, тошноту.

Твердые частицы (зола, сажа) – оседают на земле, загрязняют почву и воду, нарушают фотосинтез растений, ухудшают качество воздуха.

Канцерогенные вещества (бензапирен $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$) – повышают риск развития рака, особенно при длительном воздействии.

Экологические и социальные последствия.

Загрязнение воздуха: выбросы оксидов азота и серы способствуют образованию смога и кислотных дождей, что негативно сказывается на раститель-

ности, водоемах и здоровье человека [2].

Загрязнение водоемов: тепловые сбросы в водоемы снижают содержание растворенного кислорода, что приводит к гибели водных организмов и нарушению экосистем.

Загрязнение почвы: оседание твердых частиц и химических веществ на почве ухудшает ее качество, снижая плодородие и угрожая биоразнообразию.

Заболевания человека: длительное воздействие загрязнителей может вызвать заболевания дыхательных путей, сердечно-сосудистой системы, а также онкологические заболевания.

Примеры воздействия на окружающую среду.

Норильск: предприятия «Норникеля» ежегодно выбрасывают около 1,7 млн тонн загрязняющих веществ, включая диоксид азота, никель, медь, кобальт, свинец, селен, фенолы и хлориды, что приводит к значительному загрязнению воздуха и водоемов [3].

Бурштынская ТЭС (Украина): в 2009 году выбросила 190,9 тыс. тонн вредных веществ, включая 159,9 тыс. тонн сернистого ангидрида, что вызвало кислотные дожди и ухудшение качества воздуха в радиусе до 100 км от станции [4].

«Электроцинк» (Владикавказ, Россия): в 2009 году зафиксированы аварийные выбросы окиси серы, превышающие предельно допустимую концентрацию в 6 раз, что привело к протестам местных жителей и рекомендациям закрыть завод [5].

Меры по снижению воздействия.

Внедрение технологий с низким уровнем выбросов: использование высокоэффективных систем очистки газов, таких как электрофилтры, мокрые и сухие скрубберы, абсорберы и т.д.

Переход на экологически чистые виды топлива: использование природного газа вместо угля и мазута, что снижает выбросы серы и твердых частиц.

Мониторинг и контроль выбросов: установка автоматизированных систем мониторинга, проведение регулярных проверок и соблюдение экологических норм [6].

Реабилитация загрязненных территорий: озеленение, восстановление экосистем, очистка водоемов и почвы от загрязняющих веществ.

Деятельность термических цехов оказывает значительное влияние на окружающую среду, способствуя загрязнению воздуха, воды и почвы. Для обеспечения устойчивого развития и сохранения экосистем необходимо внедрять современные технологии, контролировать выбросы и проводить мероприятия по восстановлению загрязненных территорий.

Список литературы

1. Экопортал – теплоэнергетика и окружающая среда.
<https://ecoportal.su/public/industry/view/1691.html>.
2. Загрязнение воздуха промышленными выбросами.
<https://promanalyt.kz/stati/zagryaznenie-vozduxa-promyishlennymi-vyibrosami>.

3. Экология Норильска – Википедия.

4. Буриштынская ТЭС – Википедия.

5. Электроцинк – Википедия.

6. Загрязнение воздуха промышленными выбросами – причины, последствия, меры по уменьшению промышленных выбросов в атмосферу.
<https://promanalyt.kz/stati/zagryaznenie-vozduxa-promyishlennymi-vyibrosami>.

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ В ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Студент гр. 3340641/01 А.С. Фролов,
Научный руководитель А.А. Маслова
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** Доклад посвящен проблеме окружающей среды в Тульской области, в нем отмечаются негативные воздействия промышленных предприятий на атмосферу и риски для здоровья населения, положительные тенденции в обращении с отходами, подчеркивается важность дальнейшей модернизации промышленности и повышения экологической грамотности населения для улучшения экологической обстановки региона.*

Отслеживание состояния окружающей среды играет ключевую роль в обеспечении устойчивого развития регионов России. Особенно актуально это становится для территорий с высоким уровнем промышленного производства, таких как Тульская область. Высокая концентрация предприятий химической, металлургической и машиностроительной отраслей оказывает существенное влияние на качество жизни местного населения, здоровье будущих поколений и природные ресурсы региона [3].

Согласно отчету Министерства природных ресурсов и экологии Тульской области, в 2022 году выбросы вредных веществ в атмосферу региона составили почти 110 тысяч тонн, что на 5 % ниже уровня предыдущего года. Тем не менее, значительное число промышленных предприятий продолжает негативно влиять на качество атмосферного воздуха [1].

Основной объем вредных веществ, загрязняющих воздух, приходится на выбросы промышленных объектов, расположенных в Туле – 60,76 тысяч тонн, или 52,5 % от совокупного объема. Заметно меньше загрязнений генерируется в Новомосковске – 13,54 тысяч тонн, что соответствует 11,7 % от общего количества [1]. Похожий объем выбросов наблюдается в рабочем поселке Новогуровский – 12,0 тысяч тонн, или 10,4 %.

В числе самых значительных источников атмосферного загрязнения выделяются такие предприятия, как «Тулачермет», «Щёкиноазот», «ХайдельбергЦемент Рус», Черепетская ГРЭС имени Д. Г. Жимерина, «НАК «Азот» и Косогорский металлургический завод [2].

Загрязненный воздух повышает риск респираторных заболеваний среди жителей региона, ухудшая общее состояние здоровья населения. Именно их

деятельность оказывает наиболее существенное влияние на экологическую обстановку в регионе.

Несмотря на это, в Тульской области активно развивается и модернизируется инфраструктура по утилизации отходов. В 2023 году было переработано 188,2 тысячи тонн твердых коммунальных отходов (ТКО). Это составило примерно 40 % от общего количества образованных отходов. За последние годы построены новые объекты переработки мусора: Полигон твердых бытовых отходов мощностью до 440 тысяч тонн в год в Дубенском районе и комплекс обработки и сортировки отходов мощностью до 580 тысяч тонн в год в городе Тула. Несмотря на общую позитивную тенденцию, значительная доля отходов остаётся не утилизированной должным образом, создавая угрозу загрязнения почвы и грунтовых вод [2].

Для решения проблем с экологией в Тульской области необходимо продолжать реализацию программы модернизации производств с целью снижения негативного воздействия на окружающую среду, совершить комплексный переход на современные технологии очистки газов и жидкостей, применять катализаторы и фильтры для уменьшения концентрации токсичных элементов в выхлопах заводов [3].

Также важно повышать осведомленность населения о важности сохранения окружающей среды и поощрять использование возобновляемых источников энергии.

Ключевые пути к оздоровлению экологии заключаются в обновлении производственных мощностей, использовании передовых технологий в сфере утилизации отходов и в развитии экологической грамотности граждан. Лишь одновременное использование всех этих подходов даст возможность гарантировать стабильное экологическое будущее региона.

Постоянный контроль состояния окружающей среды позволит оперативно фиксировать отрицательные изменения, оценивать результативность природоохранных действий и создавать действенные планы для уменьшения вреда, наносимого природе.

Список литературы

1. Доклад об экологической ситуации в Тульской области за 2022 год // Департамент Тульской области, 2023. - 91с.
2. Доклад об экологической ситуации в Тульской области за 2023 год // Департамент Тульской области, 2024. - 77с.
3. Шлыков Ю.С. Экологические аспекты урбанизированных территорий Центральной России: научные труды Академии наук Республики Татарстан / Ю.С. Шлыков. – Казань, 2023. – Т. 7.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В ХОШИМИНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ И МЕТОДОВ ИНТЕРПОЛЯЦИИ

Студент гр.340631/03и Т.Ч.Ж. Чан,
Научный руководитель В.М. Панарин
Тульский государственный университет,
г.Тула

***Аннотация.** Загрязнение воздуха является серьезной проблемой для крупных городов, включая Хошимин. В данном исследовании использовались методы линейной регрессии и пространственной интерполяции для анализа данных о загрязнении воздуха в Хошимине за период с 2021 по 2024 год и прогнозирования тенденций до 2030 года.*

Традиционные методы мониторинга, такие как наземные станции, имеют ограниченное покрытие, что делает спутниковое дистанционное зондирование и ГИС-технологии ценными инструментами для оценки и прогнозирования загрязнения. Методы исследования [1, 2].

Линейная регрессия: Применялась для анализа корреляции между временными рядами и уровнями загрязнения. Например, для пыли на перекрестке Ханг Сань была построена модель:

$$\hat{Y} = 0,404 + 0,021X$$

где r^2 указывает на высокую достоверность модели [3].
Статистические параметры линейной модели пыли в Ханг Сань (табл. 1-3).

Таблица 1
Резюме модели

P	r^2	Скорректированный r^2	Стандарт. Ошибка оценки
0.959	0.919	0.878	0.010

Таблица 2
Дисперсионный анализ

	Сумма квадратов	df	Средний квадрат	F	Sig.
Регрессия	0.002	1	0.002	22.619	0.041
Остаточный	0.000	2	0.000		
Общий	0.002	3			

Интерполяция IDW: Использовалась для создания карт загрязнения на основе точечных данных. Метод учитывает влияние ближайших точек, что позволяет визуализировать распределение загрязнителей, таких как CO, NO₂, Pb и пыль [4].

Таблица 3
Коэффициенты

	Нестандартизированные коэффициенты		Стандартизированный Коэффициенты	t	Sig.
	Б	Стандарт. Ошибка	Бета		
Последовательность дел	0.021	0.004	0.959	4.756	0.041
(Постоянный)	0.404	0.012		33.647	0.001

Исследование показало, что уровень загрязнения воздуха в Хошимине будет продолжать расти, особенно в районах с высокой транспортной нагрузкой, таких как перекрестки Ан Суонг, Го Вап и Нгуен Ван Линь – Хюинь Тан Пхат. Полученные данные подчеркивают необходимость принятия мер по снижению выбросов и улучшению экологического мониторинга.

Список литературы

1. Nguyễn Kim Lợi – Trần Thống Nhất (2007) – *Hệ thống thông tin địa lý phần mềm Arcview 3.3 – NXB Nông nghiệp.*
2. Nguyễn Kim Lợi – Lê Cảnh Định – Trần Thống Nhất (2009) – *Hệ thống thông tin địa lý nâng cao – NXB Nông nghiệp.*
3. Hoàng Trọng – Chu Nguyễn Mộng Ngọc (2008) – *Phân Tích Dữ Liệu Nghiêп Cứu với SPSS – Nhà Xuất Bản Hồng Đức.*
4. Takashi Maekawa, Yasunori Matsumoto and Ken Namiki (2006) – *Interpolation by Geometric Algorithm – Yokohama National University, Japan.*

ИННОВАЦИОННЫЕ СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ (НА ПРИМЕРЕ АО «ТУЛАТОЧМАШ»)

Студент гр. 340631/03 В.П. Фомина,
Научный руководитель А.А. Маслова
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные проблемы, связанные с воздействием деревообрабатывающей отрасли на окружающую среду, и предлагаются инновационные подходы для их минимизации. Основная мысль заключается в том, что устойчивое развитие деревообрабатывающего производства возможно только при условии внедрения современных технологий и методов, направленных на сокращение негативного экологического воздействия.

АО «Тулаточмаш» – один из ведущих конструкторских и производственных центров Тулы. В деревообрабатывающем цехе АО «Тулаточмаш» представлено следующее оборудование: станок вертикально-сверлильный, станок ленточнопильный, шипорезный станок, станок

вертикально-сверлильный, станок плоскошлифовальный, станок фуговальный, станок круглопильный, форматная циркулярная пила, станок рейсмусовый, станок торцовочный, циркулярная пила, станок фрезерный, циркулярная пила.

В области обращения с древесными отходами преобладающие методы варьируются от традиционных методов удаления до первоначальных попыток переработки и повторного использования [1,2].

Безотходное производство – это философия и подход к организации технологических процессов, при котором все компоненты исходного материала либо полностью используются, либо перерабатываются в новые продукты. Для деревообрабатывающих предприятий это значит, что отходы, такие как стружка, опилки, кора и обрезки, можно превратить в ценные материалы.

Безотходное производство имеет два основных направления:

- минимизация количества отходов за счет оптимизации процессов резки и обработки. Полная переработка оставшихся отходов в полезные продукты, такие как биотопливо, древесные композиты и удобрения;

- современные технологии позволяют не только перерабатывать древесные отходы, но и создавать из них продукцию с высокой добавленной стоимостью. Рассмотрим наиболее популярные методы переработки.

Одним из самых распространенных способов использования древесных отходов является производство биотоплива. Компании перерабатывают древесные остатки в пеллеты и брикеты, которые можно использовать для обогрева и выработки энергии. Этот метод помогает предприятиям не только утилизировать отходы, но и экономить на энергетических затратах, особенно в регионах с суровыми климатическими условиями [1].

Древесные композиты, такие как ДСП, MDF и OSB, производятся из мелких отходов, таких как опилки и стружка. Благодаря клеям и смолам мелкие частицы древесины склеиваются в плиты, которые широко используются в строительстве и производстве мебели. Это не только эффективно утилизирует древесные отходы, но и позволяет создать продукцию с высокими эксплуатационными характеристиками.

Продвинутые технологии, такие как пиролиз и газификация, позволяют перерабатывать древесные отходы в биохимические компоненты, такие как метанол и этанол. Эти химикаты могут использоваться в качестве сырья для производства различных химических продуктов и топлива. Хотя данный метод требует значительных инвестиций, он позволяет предприятиям существенно сократить объем отходов и получить новую линейку продуктов.

Некоторые виды древесных отходов, особенно кора и древесная пыль, перерабатываются в удобрения или компост. Такие отходы обрабатываются для улучшения их питательных качеств, после чего применяются в сельском хозяйстве и лесном хозяйстве для восстановления почвы и улучшения её плодородия.

Эффективная переработка отходов требует комплексного подхода и тесной интеграции с основными технологическими процессами. Ниже представлены ключевые шаги по внедрению системы переработки древесных

отходов в деревообрабатывающее производство.

Первый этап – это создание системы сбора и сортировки отходов непосредственно на производственной линии. Благодаря этому можно с легкостью распределять отходы по категориям и отправлять их на соответствующие участки переработки. Автоматизированные конвейеры и роботы также могут использоваться для оптимизации логистики отходов [2,3].

Современное деревообрабатывающее оборудование, помимо резки и обработки древесины, оснащается модулями для измельчения и прессования отходов в реальном времени. Такое оборудование позволяет предприятию перерабатывать до 50 % отходов прямо на месте, не отвлекаясь на их вывоз и хранение.

На крупных предприятиях активно используются цифровые системы, которые управляют всеми процессами переработки отходов. Программное обеспечение анализирует данные о количестве и типах отходов, следит за их переработкой, выявляет пути для повышения эффективности и сокращения объема отходов.

Одним из ключевых элементов успешного перехода на безотходное производство является обучение сотрудников и их вовлеченность в процесс переработки. На регулярной основе проводятся тренинги по использованию нового оборудования, экологической ответственности и эффективным методам переработки [2,3].

Переход на безотходное производство приносит предприятиям значительные преимущества, среди которых:

- снижение затрат на утилизацию отходов;
- возможность получить дополнительные доходы от продажи переработанной продукции;
- увеличение энергетической эффективности за счет использования биотоплива;
- поддержка устойчивого развития и улучшение экологического имиджа компании.

Внедрение технологий безотходного производства и переработки древесных отходов позволяет крупным деревообрабатывающим предприятиям значительно повысить свою конкурентоспособность. Интеграция систем переработки в технологический процесс, использование многофункционального оборудования и управление процессами с помощью современных цифровых решений позволяют сократить объем отходов на 50 % и даже больше [1,3].

Такая практика не только улучшает финансовую устойчивость предприятия, но и способствует сохранению окружающей среды, что особенно актуально в условиях роста требований к экологической ответственности.

Список литературы

1. Карпачев С.П. *Биоэнергетика на основе переработки древесных отходов* / С.П. Карпачев // *Лесопромышленник*. – 2008. – № 45. – С.28-29.

2. Карпова Л.М. Комплексная переработка древесных отходов: учебник для среднего профессионального образования / Л.М. Карпова. – Москва: Издательство Юрайт, 2025. – С. 66-70.

3. Редькин А.К. Технология и оборудование лесозаготовок: Учебное пособие / А.К. Редькин. – Москва: ГОУ ВПО МГУЛ (Московский государственный университет леса), 2010. – С.140-154.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ПЫЛЕГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ЛАКОКРАСОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА В АТМОСФЕРУ (НА ПРИМЕРЕ АО «ТУЛАТОЧМАШ»)

Студент гр. 340631/03 Д.Н. Бороздина,
Научный руководитель А.А. Маслова
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В статье рассматриваются актуальные проблемы, связанные с воздействием лакокрасочного производства в атмосферу, и предлагается совершенствование очистки пылегазовых выбросов. Основная мысль заключается в том, что развитие лакокрасочного производства возможно только при условии внедрения современных технологий и методов, направленных на сокращение негативного экологического воздействия.*

АО «Тулаточмаш» – один из ведущих конструкторских и производственных центров Тулы.

Основным видом деятельности АО «Тулаточмаш» по ОКВЭД 25.40 является производство оружия и боеприпасов. Непосредственной деятельностью предприятия является изготовление различных видов изделий военного назначения, боевых изделий, отдельных узлов боевой военной техники, проектирование и производство вспомогательных средств (юстировочное оборудование, снаряжательные машины).

В лакокрасочном цехе АО «Тулаточмаш» представлено следующее оборудование: камера подготовки поверхности, полуоткрытая окрасочная камера, закрытая окрасочная камера, подкатной стол с кронштейном, кран-балка для перемещения деталей, сушильная печь с выкатным поддоном.

Газопылевые выбросы в атмосферу представляют собой процесс освобождения газов и микроскопических частиц в атмосферу от разнообразных источников. Эти выбросы могут происходить как в результате природных явлений, так и в результате деятельности человека, включая промышленные процессы, сжигание ископаемого топлива и сельскохозяйственную деятельность.

Проблема газопылевых выбросов стоит в центре внимания экологических исследований, поскольку они оказывают значительное влияние на качество воздуха, климат и здоровье человека.

Компоненты выбросов:

1 Газообразные выбросы:

- Углекислый газ (CO_2): один из главных парниковых газов, способствующий глобальному потеплению.

- Сероводород (H_2S): токсичный газ с характерным запахом тухлых яиц.

- Метан (CH_4): мощный парниковый газ, выделяемый при разложении органических веществ.

2 Твердые частицы:

- Пыль и сажа: микроскопические частицы, которые могут попадать в легкие и вызывать респираторные заболевания.

- Частицы, образующиеся при сжигании ископаемого топлива: включают сажу, металлические оксиды и другие вещества, вредные для здоровья и окружающей среды [1,2].

Понимание источников и состава газопылевых выбросов является ключевым элементом в разработке стратегий их контроля и уменьшения. Учитывая их многообразие и сложность, эффективное управление этими выбросами требует комплексного подхода, включающего в себя как технологические, так и политические решения, а также активное участие общественности.

Экологические последствия:

- Глобальное потепление: парниковые газы, входящие в состав выбросов, способствуют изменению климата.

- Загрязнение воздуха: твердые частицы и некоторые газы ухудшают качество воздуха, что особенно заметно в городских районах.

- Кислотные дожди: некоторые выбросы, например, сернистые газы, способствуют образованию кислотных дождей, негативно влияющих на экосистемы.

Влияние на здоровье человека:

Респираторные заболевания: загрязнение воздуха твердыми частицами увеличивает риск развития хронических заболеваний легких и астмы.

Сердечно-сосудистые проблемы: постоянное воздействие загрязненного воздуха связано с увеличением риска сердечно-сосудистых заболеваний. [2]

Методы контроля и уменьшения газопылевых выбросов. **Политика и регулирование:**

- Экологические нормы и стандарты: внедрение и строгое соблюдение правил и стандартов, регулирующих уровни выбросов промышленными предприятиями и транспортными средствами.

- Государственные и международные инициативы: развитие и реализация программ, направленных на снижение выбросов парниковых газов и улучшение качества воздуха на национальном и международном уровнях.

Инновационные технологии

- Технологии снижения выбросов: разработка и внедрение чистых технологий, включая возобновляемые источники энергии, энергоэффективное оборудование и системы очистки выбросов.

- Системы мониторинга и аналитики: использование передовых технологий для мониторинга и анализа данных о выбросах, что позволяет более эффективно управлять ими на промышленных объектах и в транспортной сфере.

Комплексный подход к проблеме газопылевых выбросов

Многогранность решения

Эффективное управление газопылевыми выбросами требует комплексного подхода, включающего в себя как нормативное регулирование и политические меры, так и научно-технические инновации. Это также включает в себя повышение общественной осведомленности и участие в процессе снижения выбросов.

Стремление к устойчивому будущему

Активные действия в области контроля и сокращения газопылевых выбросов являются ключевым элементом на пути к созданию более чистого и здорового будущего. Они способствуют улучшению качества воздуха, снижению воздействия на климат и повышению качества жизни населения.

Инновации в производстве ЛКМ включают в себя использование новых технологий, альтернативных источников сырья и инновации в упаковке. Применение новых технологий:

1. Роботизация становится все более важной в производстве ЛКМ, так как она позволяет автоматизировать процесс и повысить его эффективность.

2. Цифровизация является ключевым элементом в современном производстве ЛКМ. Она позволяет оптимизировать производственные процессы, улучшить контроль качества и сократить затраты.

3. 3D печать становится все более популярной в производстве ЛКМ благодаря своей способности создавать уникальные и сложные формы [1,2].

Использование альтернативных источников сырья. Некоторые ЛКМ могут быть изготовлены из растительного сырья, такого как масла и смолы, что делает их более экологичными и устойчивыми. Переработка отходов становится все более актуальной в производстве ЛКМ. Отходы могут быть использованы для создания новых материалов.

Такая практика не только улучшает финансовую устойчивость предприятия, но и способствует сохранению окружающей среды, что особенно актуально в условиях роста требований к экологической ответственности.

Список литературы

1. Лукин П.А. *Номографический метод предварительных оценок эффективности режимов абсорбционной очистки пылегазовых выбросов (Текст)* / С.В. Беломутенко, С.И. Голубева, П.А. Лукин // *Качество внутреннего воздуха и окружающей среды: сб. матер. междунар. науч. конф. / гос. арх.*, 2007.

2. Лазарев Н.В. *Вредные вещества в промышленности* / Н.В. Лазарев. – М.: ЁЁ Медиа, 2020. – 844 с.

3. Перегуд Е.А. *Быстрые методы определения вредных веществ в воздухе* / Е.А. Перегуд, М.С. Быховская, Е.В. Гернет. – М.: Химия, 2021. – 354 с.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДДТ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ И АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ ПЕСТИЦИДОВ

Студент гр. 340631/03 Е.И. Носова,
Научный руководитель Л.Н. Савинова
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В работе рассматривается влияние остаточного содержания дихлордифенилтрихлорэтана (ДДТ) и его метаболитов на почву. Исследована ферментативная активность почвы в условиях содержания в ней ДДТ. Проанализированы наиболее актуальные и инновационные технологии обезвреживания стойких загрязнителей.*

Производство и использование хлорорганических пестицидов (ХОП) оказало существенное влияние на плодородный слой почв Тульской области. Из-за высокой персистентности ДДТ даже спустя несколько десятилетий обнаруживается в почвах, водоемах и атмосферном воздухе и представляет опасность для живых организмов из-за высокой токсичности [1].

Пик мирового производства ДДТ пришёлся на 1960-е годы, но, несмотря на его доказанную эффективность, в России его применение было запрещено ещё в 1970-х годах, а в 2001 году он был включён в список ограничиваемых веществ согласно Стокгольмской конвенции, которую РФ ратифицировала в 2011 году. Однако последствия загрязнения данным пестицидом не теряют своей актуальности.

ДДТ – высокоэффективный пестицид, который существует в виде основного продукта и его метаболитов – *дихлордифенилдихлорэтан* (ДДД) и *дихлордифенилдихлорэтилен* (ДДЕ) [2]. ДДТ и продукты его распада обладают высокой липидо- и низкой растворимостью в воде, в результате чего основным путем поступления этих веществ в организм человека являются продукты питания, причем в основном жиросодержащие (яйца, масло, жирное мясо или рыба).

Полихлорбифенилы (ПХБ) в Тульской области изготавливали методом хлорирования бифенила на ПО «Оргсинтез» (г. Новомосковск Тульской области) до 1995 года. В 2005г. проведено определение ПХБ в куриных яйцах в домашних хозяйствах, расположенных вблизи предприятия «Оргсинтез». В куриных яйцах, отобранных в хозяйствах, расположенных в непосредственной близости от бывшего производства Совола уровень загрязнения ПХБ и метаболитами ДДТ превышает норму в 5 раз.

Анализ информации по среднему содержанию стойких органических загрязнителей (СОЗ) в куриных яйцах хозяйств Новомосковска, Чапаевска и Саратовской области показал, что среднее содержание ДДТ и его метаболитов в поверхностных слоях урбаноземов РФ не превышает 2000 мкг/кг. Суммарное содержание ДДТ и его метаболитов в почвах РФ колеблется от десятков до полутора тысяч мкг/кг, но в илах могут достигать десятков тысяч мкг/кг [1].

Используя титриметрический метод Ромейко, основанном на определении степени протеолитического распада желатина путем титрования гидролизованного желатина раствором хлорида железа (III) в присутствии роданида аммония, мы проанализировали влияние хлорорганических пестицидов на ферментативную активность почвы. Учитывая изложенное, исследования ферментативной активности почвы в нашей работе проведены в условиях содержания в почве ДДТ в диапазоне концентраций от 100 до 25000 мкг/кг.

В ходе эксперимента установлено, что при концентрации ДДТ не превышающей 2000 мкг/кг ферментативная активность почвы меняется незначительно. При достижении концентрации ХОП до 25000 мкг/кг снижение активности почвенных протеаз снижается на треть [3].

Наиболее эффективным методом обезвреживания ХОП в историческом контексте было высокотемпературное сжигание загрязнителя в среде избытка кислорода ($>1100^{\circ}\text{C}$). Основное преимущество метода – разрушение хлорорганического пестицида до 99,99 %.

Особое внимание уделяется использованию почвенных микроорганизмов и консорциумов бактерий для эффективного и экологически безопасного устранения ДДТ [4]. Новой веткой изучения механизмов связывания ДДТ в почве стал метод добавления биоугля [5].

Устранение последствий производства и использования ХОП важная и перспективная для изучения задача, поскольку при выборе метода обезвреживания экотоксиканта, необходимо учитывать специфические условия загрязнённых участков, такие как тип почвы, концентрация загрязнителя и климатические условия.

Список литературы

1. Трегер Ю. СОЗ-стойкие и очень опасные / Ю. Трегер // *The Chemical Journal*. – 2013. – Т. 1. – С. 30-34.
2. Ровинский Ф.Я. Фоновый мониторинг загрязнения экосистем суши хлорорганическими соединениями / Ф.Я. Ровинский, Л.Д. Воронова, М.И. Афанасьев, А.В. Денисова, И.Г. Пушкарь. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 270 с.
3. Савинова Л.Н. Изучение влияния стойких хлорорганических пестицидов (дихлордифенилтрихлорэтана) на протеазную активность почвы / Савинова Л.Н. [и др.] // *Приоритетные направления развития науки и технологий*. – 2019. – С. 12.
4. Putri R. Utilization of bacterial consortium and co-carbon to reduce DDT concentration in contaminated soil / R. Putri, E.P. Hestianah // *E3S Web of Conferences*. – 2024. – Vol. 438. – Art. 02009.
5. Chalmers University of Technology. Biochar reduces the risks of DDT-contaminated soil // *Chalmers.se*. – 2024.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕКИ УПА В РАЙОНЕ Г. ТУЛА И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Студент гр. 340631/03 А.Е. Маршалов,
Научный руководитель А.Е. Коряков
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В статье описывается комплексное исследование, сочетающее анализ существующих проблем, разработку инновационных решений и обоснование их эффективности. Внедрение автоматизированной системы мониторинга станет важным шагом в сохранении и восстановлении экологического баланса реки Упа.*

Река Упа подвергается значительному антропогенному воздействию, что приводит к ухудшению качества воды и угрозе для здоровья населения [3]. Промышленные предприятия, такие как ПАО «Тулачермет» и АО «Щекиноазот», сбрасывают тяжелые металлы и нефтепродукты, коммунальные стоки содержат органические и биогенные вещества, а сельскохозяйственная деятельность способствует эвтрофикации [1]. Существующая система мониторинга, основанная на ручных замерах, не обеспечивает оперативного выявления загрязнений из-за высокой погрешности и задержек в получении данных.

В качестве решения предлагается автоматизированная система мониторинга «ЭКОМАКС-Р», включающая многоволновые лидары, датчики качества воды и технологии передачи данных в реальном времени. Система позволяет контролировать ключевые параметры, такие как pH, содержание кислорода, концентрация тяжелых металлов, нефтепродуктов и биогенных элементов.

Ожидаемая эффективность внедрения системы «ЭКОМАКС-Р» отражена в таблице, где сравниваются показатели до и после реализации проекта. До внедрения время обнаружения загрязнений составляло до 8 часов при ручных замерах, а погрешность измерений достигала 25 %. После внедрения время обнаружения сократится до 15-40 минут, а погрешность снизится до 8 % [2-3]. Средние концентрации загрязняющих веществ, таких как медь и нефтепродукты, уменьшатся на 50-60 %, а количество выявленных нарушений увеличится в 4-6 раз. Это позволит не только оперативно реагировать на аварийные сбросы, но и прогнозировать изменения экологического состояния реки.

Практическая значимость работы заключается в том, что предложенные меры позволят существенно улучшить качество воды в реке Упа, снизить антропогенную нагрузку и минимизировать экологический ущерб. Результаты исследования могут быть применены региональными органами власти, промышленными предприятиями и природоохранными организациями для разработки стратегий устойчивого управления водными ресурсами. Опыт внедрения системы «ЭКОМАКС-Р» на реке Упа также может быть

масштабирован на другие водные объекты России, способствуя выполнению национальных экологических программ.

Ожидаемая эффективность предлагаемых мер

Критерий оценки	До внедрения (2025 г.)	После внедрения (2027 г., прогноз)	Эффект
1. Время обнаружения превышения ПДК	До 8 часов (ручные замеры 2 раза в неделю)	15-40 минут (автоматический режим)	Ускорение в 12-32 раза
2. Точность измерений	Погрешность $\pm 25\%$ (лабораторные анализы с задержкой)	Погрешность $\pm 8\%$ (калиброванные датчики + мгновенная коррекция)	Повышение точности в 3 раза
3. Средние концентрации	Сu: 1.8 ПДК (0.009 мг/л) Нефтепродукты: 1.5 ПДК (0.075 мг/л)	Сu: 0.7 ПДК (0.0035 мг/л) Нефтепродукты: 0.6 ПДК (0.03 мг/л)	Снижение на 50-60%
4. Количество выявленных нарушений	3-5 случаев/год (по отчетам предприятий)	18-22 случая/год (автоматическая фиксация)	Рост выявляемости в 4-6 раз

Таким образом, работа представляет собой комплексное исследование, сочетающее анализ существующих проблем, разработку инновационных решений и обоснование их эффективности. Внедрение автоматизированной системы мониторинга станет важным шагом в сохранении и восстановлении экологического баланса реки Упа.

Список литературы

1. Официальный сайт Росгидромета – www.meteorf.ru (данные мониторинга г. Тула).
2. Мониторинг водных ресурсов: Учеб. пособие. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2009. – 77 с.
3. Санитарно-эпидемиологическое состояние водоохраных территорий городского округа Тула.

ИСТОЧНИКИ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ

Студент гр. 340631/03 Р.В. Плотников,
Научный руководитель С.П. Туляков
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье рассмотрены источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, дана их классификация, особенности их рассеивания.

Источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу классифицируются по следующим признакам:

- 1) по назначению:

- технологические, предназначенные для отведения газовой смеси непосредственно от технологических аппаратов в ходе технологического процесса (например, трубы электростанций);

- вентиляционные, предназначенные для местных отсосов от оборудования, общеобменной вытяжки с целью поддержания гигиенических условий труда;

2) по степени организации:

- организованные (выбросы, поступают в атмосферу через специально сооруженные газоотводы, воздухопроводы, трубы);

- неорганизованные (выбросы поступают в виде ненаправленных потоков газа в результате нарушений герметичности оборудования, отсутствия или неудовлетворительной работы оборудования по отсосу газа в местах загрузки, выгрузки и хранения продукта).

Выбросы вредных веществ осуществляются, преимущественно, через дымовые трубы, главное назначение которых – отводить образующиеся газы в верхние слои атмосферы и рассеивать их. Рассеивание является одним из способов достижения установленных нормативов качества воздуха в приземном слое атмосферы в районе расположения предприятия.

На процесс рассеивания выбросов существенное влияние оказывает состояние атмосферы, расположение предприятий, характер местности, физические и химические свойства выбрасываемых веществ, высота источника, диаметр устья и т. п. Горизонтальное перемещение примесей определяется, в основном, скоростью ветра, а вертикальное – распределением температур. Определяющую роль в рассеивании загрязняющих веществ в атмосфере играет диффузия.

Диффузия (от латинского *diffusio* – распространение, растекание, рассеивание) – перенос вещества, обусловленный выравниванием его концентрации в первоначально неоднородной системе. Диффузия может возникать также при наличии разности температур. В движущейся среде может возникать конвективная диффузия, при вихревом движении газа или жидкости – турбулентная диффузия.

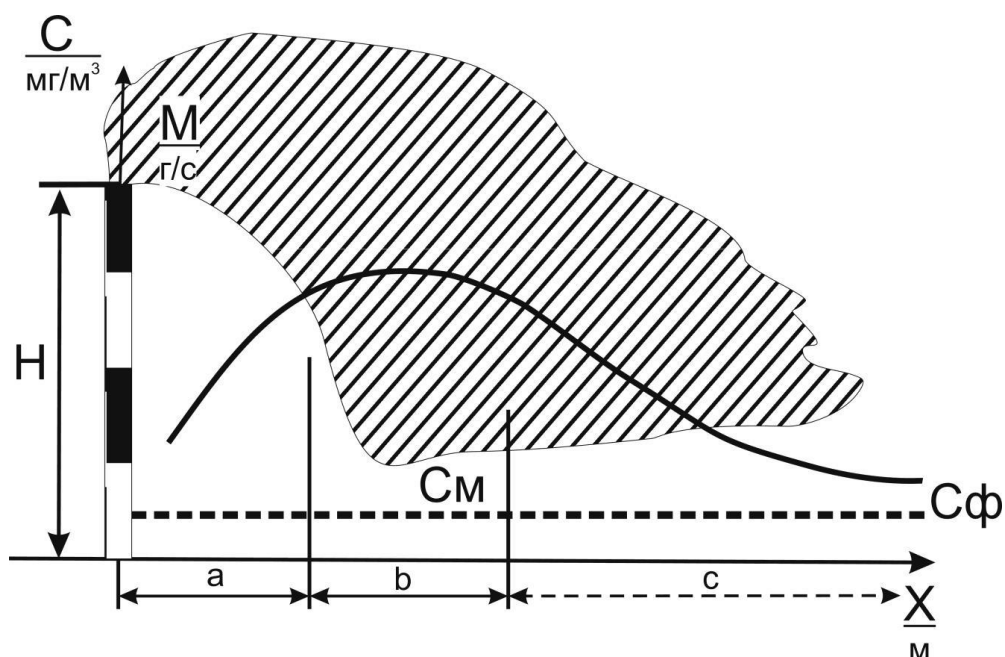
Стратификация атмосферы (от лат. *stratum* – слой) – распределение температуры воздуха по вертикали, благоприятствующее или неблагоприятствующее развитию вертикальных перемещений воздуха (коэффициент стратификации (A) учитывается при расчете максимальной приземной концентрации загрязняющих веществ (C_m)).

Пространство под факелом по мере удаления от источника выброса можно условно разделить на три зоны (рисунок):

- а – зону переброса факела, характеризующуюся сравнительно невысоким содержанием вредных веществ;

- б – зону задымления с максимальным содержанием вредных веществ, которая распространяется на расстоянии 10-49 высот трубы (эта зона исключается из селитебной (жилой) застройки);

- с – зону постепенного снижения концентрации вредных веществ.



Распределение концентрации вредных веществ в атмосфере
от организованного высокого источника выбросов

Основным документом, регламентирующим расчет рассеивания и определения приземных концентраций, создаваемых выбросами промышленных предприятий, является «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД – 86» [1]. В основу методики положено условие, при котором суммарная концентрация каждого вредного вещества не должна превышать максимальную разовую предельно допустимую концентрацию данного вредного вещества в атмосферном воздухе, т.е.

$$C_m + C_\phi \leq \text{ПДК}_{\text{м.р.}},$$

где C_m (максимальная приземная концентрация) – максимальная концентрация загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы (от поверхности земли до высоты 2-х метров), создаваемая источниками выбросов, мг/м^3 ; C_ϕ (фоновая концентрация) – концентрация загрязняющего вещества в атмосфере, создаваемая всеми источниками выбросов на данной территории, исключая рассматриваемый (принимается по данным территориального управления Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС)), мг/м^3 .

ПДК (предельно-допустимая концентрация) – максимальная концентрация примеси в атмосфере, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него и на окружающую среду в целом вредного влияния, включая отдаленные последствия.

Список литературы

1. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 93с.

ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЕСТИЦИДОВ И АГРОХИМИКАТОВ В МАЛЫХ РЕКАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАЙОНОВ

Студентка гр. 320621 А.В. Волкова,
Научный руководитель Е.М. Рылеева
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В данной статье рассматриваются особенности химического состава вод малых рек, проанализированы основные источники поступления агрохимикатов в поверхностные водоёмы, приведены данные по устойчивости распространённых пестицидов, выделены особенности их остаточных концентраций. Освещены основные механизмы трансформации агрохимических загрязнителей в водной среде и дана предварительная оценка потенциального риска для водных экосистем.*

***Ключевые слова:** малые реки, агрохимикаты, пестициды, остаточная концентрация, водные экосистемы, загрязнение, сельскохозяйственные стоки.*

Проблема загрязнения водных объектов остаточными концентрациями пестицидов и агрохимикатов в настоящее время приобретает всё большую экологическую значимость. Особенно остро эта проблема стоит в районах с развитым сельскохозяйственным производством, где малые реки часто становятся основными приемниками химически активных соединений, используемых при обработке сельхозугодий. В силу своих гидрологических и морфометрических особенностей малые реки обладают ограниченной способностью к разбавлению и самоочищению, что делает их особенно уязвимыми к антропогенному воздействию. Попадая в водную среду, пестициды и агрохимикаты способны сохранять свою активность на протяжении длительного времени, подвергаясь при этом частичной трансформации и образуя продукты с непредсказуемым токсикологическим профилем.

Сельскохозяйственные стоки, включающие как прямой поверхностный водоносный сброс с полей, так и опосредованную фильтрацию через почвогрунт, становятся основным каналом поступления агрохимических соединений в малые водотоки. Накапливаясь в водной толще и донных отложениях, эти соединения могут оказывать хроническое воздействие на водные организмы, нарушать трофические цепи и снижать общую биологическую продуктивность водных экосистем. Кроме того, миграция остатков пестицидов по водной системе может представлять угрозу для источников хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Целью настоящей работы является обобщение сведений о составе и поведении остаточных концентраций пестицидов и агрохимикатов в малых реках сельскохозяйственных районов, а также определение факторов, влияющих на уровень их присутствия в водной среде. Дополнительно рассматриваются методы аналитического контроля загрязнённости и возможные пути минимизации агрохимической нагрузки на водные объекты.

Агрохимикаты представляют собой широкую группу соединений, применяемых в сельском хозяйстве с целью повышения урожайности, защиты

растений от вредителей и стимуляции роста культур. По характеру воздействия и химической структуре их можно условно разделить на следующие категории: пестициды (гербициды, инсектициды, фунгициды), минеральные удобрения (азотные, фосфорные, калийные), стимуляторы роста, а также вспомогательные вещества, применяемые в составе рабочих растворов.

Наиболее значимыми с точки зрения остаточного загрязнения водных объектов являются пестициды, обладающие высокой устойчивостью и способностью к бионакоплению. Гербициды (например, атразин, глифосат) широко применяются для уничтожения сорной растительности, инсектициды (хлорпирифос, перметрин) – для борьбы с насекомыми, а фунгициды (карбендазим, триазолы) – для защиты от грибковых заболеваний. Эти соединения, даже при соблюдении агротехнических регламентов, могут попадать в окружающую среду вследствие неполной абсорбции почвой и частичного смыва во время осадков или полива.

Таблица 1

Основные процессы трансформации загрязнителей

Тип загрязнителя	Примеры	Основные процессы трансформации
Органические	Глифосат, хлорпирифос, атразин	Биодеградация, фотолиз, гидролиз
Минеральные	Нитраты, фосфаты, калийные соли	Окисление, восстановление, сорбция, осаждение
Синтетические	ПАВы, остатки медикаментов	Адсорбция, частичный фотолиз, биоаккумуляция

Пути поступления агрохимикатов в поверхностные водоёмы включают:

1. Поверхностный сток с сельскохозяйственных полей, особенно во время сильных дождей и таяния снега.
2. Инфильтрацию через почвенно-грунтовые горизонты и поступление в водоносные горизонты, питающие реки и ручьи.
3. Аэрозольный дрейф, возникающий при опрыскивании посевов, когда частицы пестицидов оседают на близлежащих водных объектах.
4. Сброс хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод, содержащих остатки агрохимикатов или продуктов их метаболизма.
5. Речную эрозию и вынос загрязнённых частиц почвы в русло малых рек.

Особую опасность представляет комбинированное воздействие нескольких веществ, когда в водной среде одновременно присутствуют остатки различных агрохимикатов, способных вступать в химические взаимодействия и усиливать токсичность друг друга (синергизм).

В связи с этим особую актуальность приобретает систематический анализ химического состава поверхностных вод и идентификация потенциально опасных соединений с целью экологической оценки и предотвращения деградации малых водных экосистем.

Оценка остаточного содержания агрохимикатов в водной среде требует применения высокочувствительных и воспроизводимых методов химического

анализа. В связи с разнообразием химических структур и свойств пестицидов и удобрений, а также низкими концентрациями их остаточных количеств в природных водах, используется широкий спектр инструментальных и экспресс-методов, обеспечивающих как качественное, так и количественное определение загрязняющих веществ.

Наиболее распространёнными методами аналитического контроля являются:

1. Газовая хроматография (ГХ) – используется для определения летучих и полуметучих органических соединений, включая хлорорганические пестициды, инсектициды и гербициды. Метод отличается высокой чувствительностью (до нг/л) и возможностью многокомпонентного анализа. Применяется в сочетании с детекторами электронного захвата (ECD) или масс-спектрометрии (ГХ-МС).

2. Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) – эффективна для анализа полярных и термолабильных соединений, в том числе фосфорорганических пестицидов и метаболитов удобрений. Метод часто применяется с УФ-детекторами или масс-спектрометрическим детектированием (ВЭЖХ-МС/МС).

3. Спектрофотометрические методы – находят применение при анализе азотсодержащих удобрений (нитраты, нитриты, аммиак), а также фосфатов. Они основаны на реакции образования окрашенных комплексов, интенсивность окраски которых пропорциональна концентрации исследуемого вещества.

4. Энзимные и иммуноферментные методы (ELISA) – применяются для быстрого скрининга определённых групп пестицидов. Хотя они уступают хроматографическим методам по точности, их основное преимущество – высокая скорость и возможность анализа большого числа проб при относительно низких затратах.

5. Методы пробоподготовки – также играют ключевую роль в точности анализа. Для концентрирования и извлечения загрязнителей из воды используются твердофазная экстракция (SPE), жидкостно-жидкостная экстракция (LLE), метод QuEChERS и другие подходы.

Выбор метода зависит от предполагаемого состава загрязнителей, ожидаемого уровня концентраций, а также наличия аналитического оборудования. В большинстве лабораторных исследований используются комбинированные подходы: предварительная пробоподготовка с последующим хроматографическим анализом.

Точность и воспроизводимость анализа обеспечиваются соблюдением требований действующих нормативных документов, включая ГОСТ Р 52901-2007, ГОСТ 31861-2012, а также СанПиН 1.2.3685-21. Использование валидированных методик позволяет проводить достоверный экологический мониторинг и формировать объективную картину состояния малых водоёмов.

Наличие и стойкость остаточных концентраций агрохимикатов в водной среде определяется целым рядом природных и антропогенных факторов, оказывающих влияние на миграцию, трансформацию и вымывание

загрязняющих веществ. Особенности течения, геоморфология русла, физико-химические параметры воды, состав донных отложений и сезонные колебания – всё это определяет, насколько активно происходит естественное самоочищение малых рек и как долго в них могут сохраняться остатки пестицидов и удобрений.

Таблица 2
Перечень ключевых факторов

Гидрологические параметры водотока	Малые реки имеют ограниченный объём и низкую скорость течения, особенно в летне-осенний период, что снижает процессы разбавления и способствует накоплению загрязняющих веществ. В условиях низкой водности концентрации пестицидов могут возрастать в несколько раз по сравнению с периодами паводков.
Температура воды	Температурный режим влияет на интенсивность химических и биологических реакций. Более высокие температуры способствуют ускорению биodeградации и гидролиза, однако также могут повышать токсичность некоторых соединений за счёт усиления их растворимости и реакционной способности.
рН и окислительно-восстановительный потенциал (ОВП)	Кислотно-щелочная реакция среды существенно влияет на устойчивость пестицидов. Например, органофосфатные соединения активно гидролизуются в щелочной среде, тогда как карбаматы устойчивы в диапазоне рН 5-7. ОВП определяет преобладание аэробных или анаэробных процессов, что важно для разложения органических веществ.
Содержание взвешенных веществ и органики	Загрязнители могут абсорбироваться на взвешенных частицах или связываться с растворённым органическим углеродом, что влияет на их подвижность и доступность для биотрансформации. Водоёмы с высоким содержанием органических веществ часто обладают большей буферной ёмкостью, но при этом замедляют естественное очищение.
Сезонность и режим осадков	Весной и в начале лета, в период активных полевых работ и повышенного уровня осадков, наблюдается наиболее интенсивный вынос агрохимикатов в водные объекты. Зимой и в засушливый сезон остаточные концентрации снижаются, но возможно накопление загрязнителей в донных отложениях.
Типы почв и структура сельхозугодий	Лёгкие песчаные почвы с низкой сорбционной способностью способствуют более быстрому проникновению агрохимикатов в грунтовые воды и далее в реки. Наличие склонов и отсутствие защитных лесополос увеличивает риск смыва с полей.
Антропогенная нагрузка и применение агрохимикатов	Частота, дозировка и состав применяемых препаратов напрямую определяют масштаб химического воздействия. В районах интенсивного земледелия с нарушением севооборота и переизбытком удобрений значительно возрастает агрохимическая нагрузка на водные системы.

В совокупности указанные факторы определяют не только уровень остаточных концентраций загрязнителей, но и скорость их трансформации, глубину проникновения в экосистему и вероятность образования вторичных токсичных соединений. Поэтому при анализе состояния малых рек необходимо учитывать весь комплекс природных и хозяйственных особенностей конкретного водосбора.

Остаточные количества агрохимикатов, присутствующие в водной среде, представляют серьёзную угрозу для устойчивости водных экосистем и здоровья человека. Несмотря на то, что концентрации отдельных веществ могут не превышать предельно допустимые уровни (ПДК), их совокупное воздействие, длительное присутствие и возможность синергетического взаимодействия значительно повышают экологическую опасность.

Одним из ключевых последствий является нарушение трофических связей. Пестициды обладают избирательной токсичностью, однако в природной среде они воздействуют на широкий спектр водных организмов – от бактерий и фитопланктона до ракообразных, рыб и амфибий. Даже при низких концентрациях они могут подавлять активность фотосинтеза у водорослей, вызывать гибель зоопланктона и снижать численность донных организмов, играющих важную роль в самоочищении водоёма.

Также наблюдается эффект биоаккумуляции, особенно в отношении устойчивых хлорорганических и фосфорорганических соединений. Эти вещества накапливаются в организмах, передаются по пищевым цепям и могут достигать опасных концентраций у хищных видов, включая рыб, используемых человеком в пищу. В ряде исследований были зафиксированы случаи наличия остатков гербицидов и инсектицидов в тканях промысловых видов, выловленных в малых реках, протекающих по сельскохозяйственным территориям.

Гидробиологические последствия включают снижение видового разнообразия, замещение чувствительных видов устойчивыми формами, а также изменение структуры биоценозов. Это приводит к биологическому обеднению и нарушению механизмов самоочищения, в результате чего даже при снижении поступления загрязнителей река не возвращается к исходному экологическому состоянию.

С точки зрения санитарно-гигиенической безопасности, остаточные агрохимикаты могут проникать в системы питьевого водоснабжения, особенно в случае забора воды из нецентрализованных источников. Некоторые соединения (например, нитраты и нитриты) обладают канцерогенным и мутагенным потенциалом, а их комбинации с органическими веществами могут образовывать нитрозамины – одни из самых токсичных вторичных продуктов.

Для оценки степени риска используются интегральные показатели, такие как индекс загрязнённости воды (ИЗВ), коэффициенты биотоксичности, а также данные по превышению ПДК по отдельным веществам. При наличии устойчивых многокомпонентных загрязнений целесообразно проведение биотестирования с использованием модельных организмов (дафнии, водоросли, рыбки-дандии).

Таким образом, даже остаточные концентрации пестицидов и агрохимикатов, сохраняющиеся в малых водоёмах, требуют регулярного контроля и оценки риска, особенно в регионах с высоким уровнем агропромышленной активности. Эти данные должны использоваться при принятии решений о регламенте применения химических средств и при разработке комплексных программ охраны водных ресурсов.

Проведённый анализ показал, что остаточные концентрации пестицидов и агрохимикатов в малых реках сельскохозяйственных районов являются устойчивым и многофакторным типом загрязнения, способным оказывать продолжительное негативное воздействие на водные экосистемы. Основными путями поступления агрохимикатов в водную среду остаются поверхностный сток, инфильтрация и аэрозольное оседание, при этом наибольшую опасность представляют устойчивые органические соединения, сохраняющие активность в течение длительного времени.

Малые реки, обладающие ограниченной способностью к разбавлению и самоочищению, особенно чувствительны к химической нагрузке, что требует регулярного мониторинга их экологического состояния. Выявленные остаточные концентрации загрязнителей могут накапливаться в биоте, нарушать биологическое равновесие и формировать долговременные экологические последствия. Даже при отсутствии превышения ПДК по отдельным веществам совокупный эффект, в том числе за счёт взаимодействия между различными соединениями, представляет собой потенциальную угрозу как для водных организмов, так и для населения, использующего воду из локальных источников.

Современные методы анализа, включая газовую и жидкостную хроматографию, позволяют эффективно выявлять даже следовые количества агрохимикатов, однако важным остаётся не только количественный, но и качественный контроль – с оценкой биотоксичности и возможной трансформации веществ.

Полученные выводы подчёркивают необходимость внедрения природоохранных мероприятий, направленных на снижение агрохимической нагрузки, таких как создание буферных зон, оптимизация дозирования удобрений, развитие органического земледелия и усиление контроля за применением пестицидов. Устойчивое управление аграрными территориями должно основываться на балансе между производственной эффективностью и сохранением природных водных ресурсов.

Список литературы

1. Гаврилов М.П. *Экологическая химия водных экосистем* / М.П. Гаврилов. – М.: Академия, 2019. – 256 с.
2. Орлова Т.Н. *Химия природных и промышленных вод: учебное пособие* / Т.Н. Орлова. – Ярославль: ЯрГУ им. П.Г. Демидова, 2021. – 180 с.
3. Митрофанова Е.Н. *Пестициды в окружающей среде: экологическая оценка и контроль* / Е.Н. Митрофанова. – СПб.: Гидрометеиздат, 2017. – 204 с.
4. Курбатова А.В. *Остаточные количества агрохимикатов в водных объектах: методы анализа и мониторинг* / А.В. Курбатова, И.А. Ястребова // *Вестник экологической безопасности*. – 2020. – № 2. – С. 45-51.
5. СанПиН 1.2.3685-21. *Гигиенические нормативы содержания химических веществ в водах водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования*. – М.: Минздрав РФ, 2021.

6. ГОСТ Р 52901-2007. Вода. Общие требования к отбору проб. – М.: Стандартинформ, 2007.
7. Рогов А.А. Экологическая токсикология водных систем / А.А. Рогов. – М.: Наука, 2020. – 312 с.
8. Базарова Н.Б. Методы анализа загрязняющих веществ в водной среде / Н.Б. Базарова. – Екатеринбург: УрФУ, 2018. – 136 с.
9. Соловьёва Е.А. Биологическая очистка сточных вод в условиях пестицидной нагрузки / Е.А. Соловьёва // Вода и экология: проблемы и решения. – 2021. – № 3. – С. 67–74.
10. Аверина О.В. Поверхностный сток как источник агрохимического загрязнения малых рек / О.В. Аверина // Экология и промышленность России. – 2022. – № 4. – С. 88–94.

ПРОМЫШЛЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Студентка гр. 320621 А.И. Горелкина,
Научный руководитель Е.М. Рылеева
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В данной статье рассматриваются особенности химического загрязнения малых рек стоками промышленных предприятий, проанализированы основные источники их поступления, приведены основные механизмы трансформации в водной среде и дана предварительная оценка потенциального риска для водных экосистем.*

***Ключевые слова:** малые реки, поверхностные водные объекты, остаточная концентрация, водные экосистемы, загрязнение, промышленные стоки.*

Промышленные предприятия остаются основным источником токсичных загрязнений водных объектов [1]. Химические вещества, попадающие в водоёмы, нарушают экологическое равновесие, угрожают биоразнообразию и здоровью населения [2]. В условиях роста промышленного производства проблема требует комплексного решения, включающего технологические, нормативные и превентивные меры [3].

Цель исследования – систематизировать данные о промышленном загрязнении водных ресурсов, оценить его последствия и предложить эффективные методы минимизации ущерба.

Для достижения поставленной цели необходимо прежде всего проанализировать ключевые источники загрязнения, которые формируют основную антропогенную нагрузку на водные экосистемы.

Ключевыми отраслями, влияющими на качество поверхностных вод, являются [4]:

- химическая промышленность (удобрения, пластмассы, фармацевтика);
- металлургия (тяжёлые металлы: Pb, Hg, Cd, As) [5];
- нефтехимия (нефтепродукты, бензол, толуол);

- текстильная промышленность (токсичные красители, формальдегид);
- горнодобывающая отрасль (кислотные стоки, цианиды) [6].

Перечисленные отрасли поставляют в водную среду широкий спектр опасных соединений, каждое из которых обладает специфическим механизмом воздействия на экосистемы и здоровье человека. Наибольшую опасность представляют следующие группы веществ, представленные в таблице 1 [7].

Понимание природы загрязнителей требует изучения путей их проникновения в водные объекты, которые варьируются от прямых сбросов до сложных процессов миграции.

Примеры воздействия загрязняющих веществ

Категория	Примеры	Воздействие
Тяжёлые металлы	Hg, Pb, Cd	Нейротоксичность, поражение почек, биоаккумуляция [8].
Органические соединения	ПАУ, ДДТ, диоксины	Канцерогенность, гормональные нарушения [9].
Неорганические кислоты	H ₂ SO ₄ , NaOH	Изменение pH воды, гибель гидробионтов [10].

Выделяются следующие пути попадания загрязнителей в водоёмы:

1. Прямые сбросы сточных вод (регламентируются Водным кодексом РФ и СанПиН 1.2.3685-21).
2. Атмосферные осадки.
3. Поверхностный сток с промплощадок.
4. Подземная миграция.

Неконтролируемое поступление загрязняющих веществ приводит к масштабным последствиям, затрагивающим как экосистемы, так и социально-экономическую сферу.

Возможные последствия загрязнения:

1. Экологические.
 - Гибель водных организмов [11];
 - Накопление токсинов в донных отложениях [12].
2. Социально-экономические
 - Рост заболеваемости (рак, неврологические расстройства) [13];
 - Утрата рыбных ресурсов [14].

Яркой иллюстрацией серьёзности проблемы служат экологические катастрофы, зафиксированные в России и мире. Например, авария на Норильском ТЭК (2020) [15]. 29 мая 2020 года на ТЭЦ-3 Норильско-Таймырской энергетической компании произошла масштабная утечка дизельного топлива из резервуара хранения, причинами которой были:

- коррозия резервуара (конструкция 1985 года);
- отсутствие системы мониторинга целостности ёмкостей;

- нарушение правил эксплуатации.

В результате аварии объём разлива составил ~ 21 тыс. тонн нефтепродуктов, площадь загрязнения – 180 тыс. м² земель, 20 км водотоков (реки Далдыкан и Амбарная, озеро Пясино), экологический ущерб – 148 млрд руб. (крупнейший в истории РФ). Последствия:

- гибель водных биоресурсов (до 90 % ихтиофауны на отдельных участках);
- загрязнение донных отложений (глубина проникновения нефтепродуктов – до 1,5 м);
- рост заболеваемости среди местного населения (отравления, кожные патологии).

Данный случай демонстрирует критическую важность превентивного контроля промышленных объектов и необходимость разработки долгосрочных программ реабилитации пострадавших территорий. Для предотвращения подобных инцидентов и снижения текущей нагрузки необходимы современные методы контроля и инновационные технологии очистки.

Список литературы

1. Иванов А.А. Промышленная экология и охрана водных ресурсов / А.А. Иванов, Б.Н. Петров, В.Г. Сидорова. – М.: Академия, 2019. – 320 с.
2. Петрова В.М. Загрязнение водных объектов тяжёлыми металлами: современные проблемы и решения / В.М. Петрова, Е.Д. Козлов // Экология и промышленность России. – 2021. – № 3. – С. 45-52.
3. Сидоров К.Л. Нормативное регулирование водопользования в Российской Федерации / К.Л. Сидоров, А.В. Михайлов. – СПб.: Профессия, 2020. – 180 с.
4. Волков С.Н. Промышленные источники загрязнения гидросферы / С.Н. Волков, Т.П. Григорьева. – М.: Эколайн, 2018. – 215 с.
5. Кузнецова Е.С. Токсикология тяжёлых металлов в водных экосистемах / Е.С. Кузнецова, В.Г. Морозов. – Новосибирск: Наука, 2020. – 154 с.
6. Алексеев В.Р. Горнодобывающая промышленность и её экологические последствия / В.Р. Алексеев, О.И. Белова. – Екатеринбург: УрО РАН, 2017. – 198 с.
7. Смирнов А.Д. Классификация опасных веществ в водной среде / А.Д. Смирнов, Л.К. Фёдорова // Водные ресурсы. – 2019. – № 4. – С. 78-85.
8. Громов В.В. Биоаккумуляция металлов в водных пищевых цепях / В.В. Громов, С.А. Николаева. – М.: Медицина, 2018. – 167 с.
9. Зайцева Н.В. Органические загрязнители в водных экосистемах / Н.В. Зайцева, А.А. Титов. – СПб.: Химиздат, 2021. – 223 с.
10. Белов П.С. Кислотные загрязнения поверхностных вод / П.С. Белов, М.В. Крылова. – М.: МГУ, 2020. – 132 с.
11. Кондратьев К.Я. Экодинамика и геополитика. Т. 2: Антропогенные воздействия на водные экосистемы / К.Я. Кондратьев, В.К. Донченко. – СПб.: Гидрометеиздат, 2017. – 342 с.

12. Венчиков В.И. Донные отложения как индикатор загрязнения водных объектов / В.И. Венчиков, В.Н. Луканин. – М.: НИИ-Природа, 2020. – 187 с.
13. Онищенко Г.Г. Гигиенические аспекты загрязнения питьевой воды / Г.Г. Онищенко, С.М. Новиков. – М.: Медицина, 2019. – 256 с.
14. Решетников Ю.С. Экологические последствия загрязнения рыбохозяйственных водоёмов / Ю.С. Решетников, О.А. Попова. – М.: ВНИРО, 2018. – 178 с.
15. Макаров О.А. Анализ экологических последствий аварии в Норильске / О.А. Макаров, А.А. Гусев // Экология промышленного производства. – 2021. – № 2. – С. 34-42.

ОЗЕЛЕНЕНИЕ КАК ЭЛЕМЕНТ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИИ ГОРОДОВ

Аспирант 2 курса А.О. Кокина,
Научный руководитель Н.Р. Сунгурова
Северный (Арктический) федеральный университет
имени М.В. Ломоносова,
г. Архангельск

***Аннотация.** Статья посвящена значимости озеленения городских территорий как ключевого элемента улучшения экологической ситуации в городах. Рассматриваются основные аспекты влияния зеленых насаждений на окружающую среду, подчеркивается их способность улучшать микроклимат, очищать воздух, повышать эстетическую привлекательность и способствовать поддержанию биологического разнообразия. Статья предназначена для широкой аудитории, заинтересованной вопросами экологии и сохранения природного наследия.*

Озеленение городов играет ключевую роль в улучшении экологии, способствуя очищению воздуха и созданию комфортной городской среды [1].

Как известно, городская среда является важным фактором качества жизни населения. Современная урбанизация сопровождается увеличением числа автомобилей, ростом промышленных предприятий и сокращением зеленых зон, что негативно сказывается на экологической обстановке и здоровье горожан. Одним из эффективных способов решения этих проблем является озеленение городских территорий.

Озеленение представляет собой процесс посадки деревьев, кустарников, цветов и трав на улицах, площадях, парках и скверах города. Оно играет важную роль в улучшении экологического состояния населенных пунктов, обеспечивая следующие преимущества:

Улучшение качества воздуха. Многие города страдают от загрязнения воздуха, вызванного выбросами от транспорта и промышленных предприятий. Озеленение помогает улучшить качество воздуха, и растения играют в этом важную роль. Они поглощают углекислый газ и выделяют кислород в процессе

фотосинтеза. Кроме того, зеленые насаждения способны задерживать пыль и другие загрязняющие вещества, что так же способствует улучшению качества воздуха. Исследования показывают, что даже небольшие зеленые зоны могут значительно снизить уровень загрязнения в городских условиях. Целенаправленное, обдуманное озеленение территории города является важным моментом исправления сложившейся экологической обстановки. Зеленые насаждения обогащают воздух кислородом, поглощают углекислый газ, повышают степень ионизации воздуха в 5-8 раз, улавливают до 70–80 % пыли и аэрозолей, снижают силу звука в 5-7 раз [3].

Снижение температуры и создание микроклимата. Города, насыщенные зелеными насаждениями, имеют более низкие температуры по сравнению с бетонными джунглями. Растения испаряют влагу, что способствует охлаждению воздуха. Это особенно важно в условиях глобального потепления, когда летние температуры в городах могут достигать критических значений. Озеленение помогает создать комфортный микроклимат, что, в свою очередь, снижает потребность в кондиционировании воздуха и, как следствие, уменьшает потребление энергии. Так же способствуют уменьшению скорости ветра.

Поддержка биоразнообразия. Озеленение городов создает новые экосистемы, которые поддерживают разнообразие флоры и фауны. Парки, скверы и сады становятся домом для различных видов птиц, насекомых и других животных. Это не только обогащает городской ландшафт, но и способствует поддержанию экологического баланса.

Создание зеленых зон. На примере города Архангельска, можно увидеть, как активно развиваются проекты по созданию и благоустройству зеленых зон. Например, Набережная Северной Двины была преобразована в современное общественное пространство с зелеными насаждениями, скамейками и прогулочными дорожками. Это не только улучшает эстетический вид города, но и создает комфортные условия для отдыха горожан, способствуя их психоэмоциональному благополучию. Озеленение промышленных городов является одним из необходимых условий формирования комфортной окружающей среды.

На данный момент существуют федеральные проекты, нацеленные на улучшение экологической ситуации промышленных городов, и озеленению присвоено не последнее место в списке необходимых задач. Но предварительно необходимо оценить текущее состояние объектов озеленения – уровень техногенной нагрузки, степень деградации насаждений и так далее [2].

Психологическое и социальное благополучие. Зеленые пространства оказывают положительное влияние на психическое здоровье горожан. Исследования показывают, что наличие зеленых зон способствует снижению уровня стресса, улучшению настроения и повышению общей удовлетворенности жизнью. Кроме того, такие пространства становятся местом для общения и взаимодействия между людьми, что укрепляет социальные связи в сообществе. Процесс озеленения рекреационных территорий всегда сопровождается предварительной оценкой уже имеющихся насаждений на территории. Как

правило, оценивают состояние деревьев по сумме биоморфологических признаков: густота и цвет кроны, ее охвоенность (облиственность), цвет и поврежденность хвои (листвы) некрозами инфекционного и неинфекционного характера, вредителями и патогенами, относительным приростом побегов и ствола, возрасту сохраняющейся на побегах хвои (среднему и предельному), наличию сухих ветвей, по состоянию коры и луба. На основании всех этих признаков, устанавливается категория состояния дерева, являющаяся его интегральной характеристикой [4-7]. В целом для озеленения городского пространства используют растений с высокими декоративными качествами.

Устойчивость к климатическим изменениям. С учетом изменения климата, озеленение помогает городам адаптироваться к новым условиям. Растения способны удерживать влагу в почве, что снижает риск наводнений, особенно в весенний период, когда происходит таяние снега. Создание зеленых крыш и вертикальных садов также может помочь в управлении дождевыми водами и снижении нагрузки на городские дренажные системы.

Экономические преимущества. Инвестиции в озеленение городов могут привести к значительным экономическим выгодам. Увеличение зеленых насаждений повышает стоимость недвижимости, привлекает туристов и создает рабочие места в сфере озеленения и ухода за растениями. Кроме того, улучшение экологической ситуации может снизить затраты на здравоохранение, связанные с заболеваниями, вызванными загрязнением.

Озеленение городов – это не просто эстетическая задача, а важный элемент устойчивого развития и улучшения экологии. Оно способствует созданию здоровой и комфортной городской среды, улучшает качество жизни горожан и поддерживает биоразнообразие. Важно, чтобы городские власти и сообщества осознавали значимость озеленения и активно внедряли его в городское планирование. Только так можно создать экологически устойчивые и комфортные города для будущих поколений.

Список литературы

1. *Атрощенко Г.П. Плодовые деревья и кустарники для ландшафта: учебное пособие / Г.П. Атрощенко, Г.В. Щербакова. – СПб: Издательство «Лань», 2022. – 192 с. (+ вклейка, 8с.). – Учебники для вузов. Специальная литература ISBN 978-5-8114-1524-3.*

2. *Гакаев Р.А. Массивы зеленых насаждений урбанизированных территорий и их влияние на нормализацию окружающей среды / Р.А. Гакаев, Л.Л. Сатуева // Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии 2016. – С.10-16.*

3. *Гладов А.В. Озеленение как фактор повышения благоустройства города (на примере городского округа Самары) / А.В. Гладов // Вестник Самарского государственного университета, 2015. – № 2 (124). – С. 207–214.*

4. *Нефедов В.А. Ландшафтный дизайн и устойчивость среды / В.А. Нефедов. – Санкт-Петербург, 2002. – 143 с.*

5. *Сунгурова Н.Р. Систематическая структура дендрофлоры г. Мирного / Н.Р. Сунгурова, С.Р. Страздаускене, Г.Н. Стругова, С.С. Макаров, И.Н. Зубик //*

Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2024. – № 3 (76). – С. 118-126.

6. Сунгурова Н.Р. Состояние зеленых насаждений на территории дошкольных учреждений в г. Архангельске / Н.Р. Сунгурова, С.Р. Страздаускене, Г.Н. Стругова, С.С. Макаров // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2023. – № 245. – С. 140-158.*

7. Сунгурова Н.Р. Экологические аспекты озеленения детских учреждений / Н.Р. Сунгурова, С.Р. Страздаускене, Г.Н. Стругова // *Вестник БурГСХА им. В.Р. Филиппова. – 2023. – №2 (71). – С. 135-142.*

ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА КАРБАМИДНОГО ОЛИГОМЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Студент группы 831-М12 Э.Ф. Хоснутдинов,

Научный руководитель А.А. Усманова

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

***Аннотация.** В данной статье рассматривается возможность и перспективы производства карбамидного олигомера методом непрерывного технологического процесса с применением современных автоматизированных систем контроля и безопасности. Особое внимание уделяется внедрению оборудования КИП (контрольно-измерительных приборов) и систем автоматизации, обеспечивающих высокую эффективность, безопасность и экологическую устойчивость производства. Актуальность темы обусловлена необходимостью повышения технологической надежности и снижения негативного воздействия на окружающую среду, что соответствует современным требованиям в области техносферной безопасности.*

Карбамидные олигомеры представляют собой важный класс органических соединений, широко используемых в сельском хозяйстве как эффективные удобрения, а также в производстве различных материалов. В связи с ростом спроса на экологически безопасные и высокоэффективные удобрения, разработка новых технологий их производства становится актуальной задачей. Современные методы позволяют перейти к непрерывным технологиям, что обеспечивает повышение производительности, снижение затрат и минимизацию экологического воздействия.

Актуальность и новизна темы

Традиционные методы производства карбамидных олигомеров основаны на дискретных циклах, что связано с низкой технологической гибкостью и

высоким уровнем отходов. Внедрение непрерывных процессов позволяет значительно повысить эффективность производства, снизить энергоемкость и обеспечить стабильное качество продукции [1]. Кроме того, использование современных систем автоматизации и КИП обеспечивает высокий уровень техносферной безопасности – предотвращение аварийных ситуаций, контроль за выбросами и соблюдение экологических нормативов.

Технологический процесс и оборудование

Производство карбамидных олигомеров в непрерывном режиме включает следующие основные этапы:

- Подготовка сырья: Мочевина и формальдегид подаются в реактор с помощью автоматизированных дозаторов фирмы «Yokogawa», обеспечивающих точность дозировки и минимизацию отходов [2].

- Реакция полимеризации: В реакторе под контролем датчиков температуры (например, «Endress+Hauser») и давления (например, «Siemens») происходит полимеризация компонентов при заданных параметрах. Использование систем автоматического регулирования (ПИД-контроллеры) позволяет поддерживать оптимальные условия реакции.

- Контроль параметров: Для обеспечения стабильности процесса применяются системы сбора данных с датчиков уровня (например, емкостных датчиков фирмы «Rosemount») и расхода веществ (массомеры фирмы «Bronkhorst»). Все параметры передаются на централизованный контроллер системы Yokogawa для анализа и корректировки режима работы.

- Охлаждение и стабилизация: После реакции продукт охлаждается в теплообменниках с автоматическим управлением режимами работы для предотвращения нежелательной полимеризации.

- Очистка и упаковка: На завершающем этапе осуществляется очистка от примесей с помощью фильтров и адсорберов (например, системы фильтрации фирмы «Parker»), а затем продукт упаковывается в автоматические линии.

Обеспечение техносферной безопасности

Важнейшим аспектом современного производства является обеспечение безопасных условий труда и охрана окружающей среды. Для этого внедряются системы аварийной сигнализации (например, системы газоанализаторов фирмы «Dräger»), автоматические блокировки при превышении допустимых параметров (например, чрезмерное давление или температура), а также системы мониторинга выбросов вредных веществ. Использование интегрированных систем автоматического управления позволяет своевременно выявлять отклонения от нормы и предотвращать аварийные ситуации [3].

Перспективы развития

Современные технологии позволяют не только повысить эффективность производства карбамидных олигомеров, но также значительно снизить их экологический след. Внедрение методов замкнутого цикла переработки отходов, использование возобновляемых источников энергии для питания оборудования — все это способствует созданию более устойчивых производственных систем. Перспективными направлениями являются разработка новых катализаторов для

ускорения реакции при меньших температурах и давлениях, а также применение интеллектуальных систем мониторинга на базе искусственного интеллекта для повышения уровня техносферной безопасности [4].

Заключение

Производство карбамидных олигомеров методом непрерывного технологического процесса с использованием современных систем автоматизации представляет собой перспективное направление развития химической промышленности. Такой подход обеспечивает не только повышение эффективности производства, но также способствует соблюдению требований техносферной безопасности – важнейшего аспекта современного экологически ориентированного производства. Внедрение инновационных решений в области КИПиА позволяет минимизировать риски аварийных ситуаций, снизить негативное воздействие на окружающую среду и обеспечить устойчивое развитие отрасли.

Список литературы

1. Иванов И.И. *Современные методы получения карбамидных олигомеров* / И.И. Иванов, П.П. Петров // *Журнал химической промышленности*. – 2020. – №3. – С. 45-52.
2. Смирнова А.В. *Технология производства карбамидных олигомеров: современные достижения* / А.В. Смирнова, В.С. Кузнецов // *Химическая технология*. – 2019. – №7. – С. 78-85.
3. Лебедев А.Н. *Автоматизация процессов полимеризации мочевины* / А.Н. Лебедев, М.С. Федоров // *Автоматизация химических производств*. – 2021. – №2. – С. 112-119.
4. Гусев Ю.В. *Экологические аспекты применения карбамидных удобрений* / Ю.В. Гусев, В.П. Макаров // *Экология промышленности*. – 2018. – №4. – С. 33-39.
5. Тарасов А.А. *Перспективы развития технологий получения карбамидных олигомеров* / А.А. Тарасов, Д.Д. Новиков: под ред.: Е.И.Смирнова // *Современные материалы и технологии в химической промышленности*. – М.: Изд-во науки, 2022.

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА В ПРОИЗВОДСТВЕ: РАСЧЕТНЫЕ АСПЕКТЫ И ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ

Студент гр. 831-М12 А.Н. Фатхуллина,
Научный руководитель В.В. Кузнецов

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

Аннотация. Любое современное производство не может существовать без четкого соблюдения правил техники безопасности и производственной санитарии.

В комплексной системе мер по созданию благоприятных условий труда и повышению его безопасности важная роль принадлежит научно обоснованным инженерным расчетам, внедрению прогрессивных технологических процессов.

Данные вопросы решаются на всех этапах технологической подготовки производства – от разработки планировочных решений, проектов и технологических процессов до внедрения их в производство. Необходима значительная работа по приведению эксплуатируемого оборудования, машин, механизмов в соответствие с требованиями правил и норм охраны труда. Для решения этой задачи необходимо владение навыками инженерных расчетов по безопасности труда.

Во время эксплуатации производственного оборудования, основа работы которой лежит на электроэнергии, могут возникать различного рода повреждения изоляции. Такие ситуации могут приводить к ударам электрического тока. Специфика таких травм:

1. Отсутствие видимых признаков опасности;
2. Шанс получить травму в непосредственной близости с местом повреждения изоляции, не только при прямом взаимодействии с напряжением;
3. Скорость взаимодействия организма и электрического тока.

Для обеспечения безопасности сотрудников на производствах, существует ряд мер по защите и охране здоровья. Одним из основополагающих мер является заземление, т.е. преднамеренное электрическое соединение с землей.

Заземление - такое устройство, выполненное из стали и представляющее собой П-образный контур. Согласно определенным стандартам, заземление не должно быть установлено ниже 2-ух метров земли. Также существуют нормы для напряжения в 220 В, в этом случае сопротивление заземление не должно превышать 4 Ом.

Расчет заземления будет происходить по следующим параметрам:

1. Удельное сопротивление грунта равно $\rho = 80 \text{ Ом} \cdot \text{м}$;
2. Длина стержня 4 м;
3. Диаметр стержня 20мм.

Сопротивление растекания тока для отдельного стержня – заземлителя круглого сечения рассчитывается по формуле:

$$R_o = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} * \ln \frac{4 \cdot l}{d},$$

где ρ – сопротивление грунта; l – длина стержня, м; d – диаметр стержня.

Таким образом получим:

$$R_o = \frac{80}{2 * 3,14 * 4} * \ln \frac{4 * 4}{0,02} = 21,28 \text{ Ом}$$

Далее определяется допустимое количество заземлителей для снижения сопротивления до нормальных по формуле:

$$n = \frac{R_o}{R_n * \alpha_3},$$

где α_3 – коэффициент экранирования заземлителей.

$$n = \frac{21,28}{4 * 0,8} = 6,65$$

Таким образом, количество заземлителей должно быть равно 7.

Сопротивление соединительной стальной полосы определяется по формуле:

$$R_n = \frac{\rho}{2 * \pi * L} * \ln \frac{2 * L^2}{b * t_0},$$

Где: L – длина полосы; b – ширина полосы; t_0 – глубина заложения полосы; ρ – сопротивление грунта.

$$R_n = \frac{80}{2 * 3,14 * 140} * \ln \frac{2 * 140^2}{0,05 * 0,9} = 1,24 \text{ Ом}$$

Сопротивление всего заземляющего устройства:

$$R_{об} = \frac{R_o * R_n}{R_o * \alpha_n + R_n * \alpha_э * n}$$

Где: α_n – коэффициент взаимного экранирования заземлителей с полосой; R_o – сопротивление растекания тока для одного стержня; R_n – сопротивление соединительной стальной полосы; n – количество заземлителей.

$$R_{об} = \frac{21,28 * 1,24}{21,28 * 0,64 + 1,24 * 0,8 * 7} = 1,28 \text{ Ом}$$

Также не стоит и забывать при конструировании операторского помещения и погодные условия. Они должны должным образом обеспечивать безопасность и сохранность здоровья персонала т.е. должны обеспечивать здание должно быть построено так, что будет защищать персонал от повреждений, которое вызвано действиями молний.

Количество ударов молний в год по определенному объекту можно найти по формуле:

$$N = [(S + 6 \cdot H) * (L + 6 \cdot H) - 7,7 \cdot H^2] \cdot n \cdot 10^{-6},$$

где: S – ширина здания, равная 6 метрам; H – высота здания, равная 4 метрам; L – длина здания, равная 9 метрам; n – среднегодовое число ударов молний в 1 км² земной поверхности, которое равно 4 при 20-35ч среднегодовой продолжительности гроз:

$$N = [(6 + 6 \cdot 4) * (9 + 6 \cdot 4) - 7,7 * 4^2] * 2 * 10^{-6} = 0,0017$$

где L – длина здания, равная 9 метрам; h – высота здания, равная 4 метрам.

$$H_m = \frac{\frac{\sqrt{9^2 + 4^2}}{2} + 1,63 * 4}{1,5} = 7,63 \text{ м}$$

Также необходимо вычислить радиус защиты на уровне земли R_0 и высоту защиты конуса H_0 по формулам

$$R_0 = 1,5 * H_m, \quad H_0 = 0,92 * H_m,$$

где H_m – высота молниеотвода.

$$R_0 = 1,5 * 7,63 = 11,45 \text{ м}$$

$$H_0 = 0,92 * 7,63 = 7,02 \text{ м}$$

Получается, для должной защиты необходимо использовать молниеотвод высотой 7,63 метра.

Шумы на производстве – это звуки, которые неблагоприятно действуют на персонал. Данные звуки есть сумма различных звуков с различной частотой,

хаотичной интенсивности и продолжительности. Человек не может нормально функционировать в полной тишине, нормой для человека является звуки природы, улицы и прочих шумов не достигающих 10-20 Дб.

Полная изоляция звука на производстве невозможна, т.к. есть конструктивные особенности оборудования: поршни, различные двигательные механизмы, выхлопы, лазеры и т.д. Также не следует упускать из виду частые ремонтные работы на производстве: демонтаж, установка нового оборудования, устранение поломок, которые непосредственно вызывают различного рода шум.

При сильных шумах работоспособность сотрудников в разы уменьшается: появляется утомляемость, головные боли, развитие глухоты, нарушение равновесия и появление тошноты. И именно по этим причинам защита сотрудников от излишнего шума и посторонних звуков является одной из основных задач на производстве. Существуют два вида защиты коллективный и индивидуальный.

Рассмотрим коллективные меры защиты:

1. Уменьшение уровня шума на пути его распространения и непосредственно в самом источнике шума;
2. Внедрение глушителей шума: экранов, которые звукопоглощают и звукоизолируют;
3. Рациональное размещение оборудования.

Рассматривая индивидуальные средства защиты, нужно выделить пробки, наушники, беруши и шлемы. Эти средства основаны на защите непосредственно органов слуха человека.

Также следует отметить, что, рассматривая любое производство, помимо высоких шумов существует и вибрация, которая также может травмировать человека.

Вибрация – это механические колебания, которые возникают в упругих телах.

При долгом воздействии колебаний на организм человека возникают патологии различного характера, основной из которых является вибрационная болезнь.

Устранение пагубного влияния вибрации на человека включает в себя комплекс мер как на источниках вибрации, так и средства индивидуальной защиты.

Рассматривая меры воздействия на источники вибрации выделяют:

1. Следует исключить резонансные режимы работы оборудования;
2. Необходима балансировка неуравновешенно вращающихся масс;
3. Применение вибродемпфирования;
4. Установка виброизоляции и виброгашения.

К индивидуальным средствам защиты от вибрации относят: виброизолирующую обувь, рукавицы с двойным слоем, антивибрационные пояса, резиновые коврики, перчатки, специальные стельки.

В заключение, важно подчеркнуть, что безопасность на современном

производстве – это не просто набор формальных требований, а комплекс мероприятий, направленных на защиту работников и сохранение здоровья. Эффективная реализация правил техники безопасности и производственной санитарии требует системного подхода и особого внимания на всех этапах технологической подготовки – от проектирования до эксплуатации.

Научно обоснованные инженерные расчеты играют ключевую роль в создании безопасных условий труда. Внедрение прогрессивных технологий, таких как системы заземления и молниезащиты, а также оценка потенциальных опасностей от шума и вибрации, способствует минимизации рисков, связанных с производственной средой. Настоящая работа становится основой для осознания и грамотного обращения с техногенными угрозами, что позволяет не только улучшить рабочие условия, но и повысить общую производительность труда.

Важность владения навыками выполнения инженерных расчетов по безопасности труда становится очевидной, как и задача достижения соответствия эксплуатируемого оборудования современным требованиям охраны труда. Это означает, что успешная реализация безопасности на производстве требует высокой квалификации специалистов и постоянной актуализации знаний о новых технологических процессах и инновациях. Таким образом, интеграция индивидуального подхода, современного оборудования и строгого соблюдения норм обеспечивает создание безопасной и эффективной рабочей среды.

Список литературы

1. *Производственный шум и вибрация. Способы защиты* // StudBooks URL: https://studbooks.net/1416506/bzhd/proizvodstvennyy_vibratsiya_sposoby_zashchity;
2. *Иванов И.И. Электротехника и основы электроники: учебное пособие* / Иванов И.И. – М.: Высшая школа, 2012. – 312 с.
3. *Беляков Г.И. Электробезопасность: учебник для вузов* / Г.И. Беляков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва. – 164 с.

ВЫЯВЛЕНИЕ ОПАСНОСТЕЙ В РАМКАХ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Студент гр. 236-511 Л.В. Данилова,
Научный руководитель М.В. Графкина
ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет»,
г. Москва

***Аннотация.** Представлены практические рекомендации по выявлению опасностей на промышленном предприятии в целях дальнейшей оценки профессиональных рисков.*

Сегодня избранным направлением государственного регулирования в области охраны труда и здоровья работников является формирование не

предписывающего, а направляющего, «риск-ориентированного» законодательства, что предполагает «рамочное участие» государства и предоставление большей автономии работодателям и работникам в выборе наиболее эффективных средств управления охраной труда и профилактических мер с учетом специфики конкретного предприятия, сферы деятельности. Усилия государства в сфере регулирования охраны труда должны быть направлены не столько на подробную регламентацию процессов безопасного выполнения работ, сколько на внедрение эффективной системы выявления, оценки и снижения опасностей и профессиональных рисков до того, как они станут причиной ухудшения здоровья работников [1]. Целью работы является анализ методов идентификации существующих опасностей и разработка рекомендаций к использованию их на промышленном предприятии. Методами исследования является систематизация и анализ правовых, нормативных и научных источников по этой проблеме.

ГОСТ Р ИСО 45001-2020 «Национальный стандарт Российской Федерации. Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования и руководство по применению», принятый приказом Росстандарта от 28.08.2020 № 581-ст, определяет выявление опасностей как процесс распознавания и понимания опасности на рабочем месте и для работников, чтобы оценить, расставить по приоритетам, устранить или уменьшить риски в области безопасности труда и охраны здоровья.

Опасности подлежат обнаружению, распознаванию и описанию в ходе проводимого работодателем контроля за состоянием условий и охраны труда и соблюдением требований охраны труда в структурных подразделениях и на рабочих местах, при проведении расследования несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, а также при рассмотрении причин и обстоятельств событий, приведших к возникновению микроповреждений (микротравм) (ст. 218 ТК РФ). Таким образом, выявление опасностей происходит в процессе других проводимых работодателем в рамках системы управления охраной труда процедур. Приказом Минтруда России от 31.01.2022 № 36 были утверждены рекомендации по классификации, обнаружению, распознаванию и описанию опасностей (далее – Рекомендации по идентификации опасностей). Рассмотрим их применение на практике более подробно.

Рекомендациями по идентификации опасностей предлагается первоначально классифицировать опасности для более эффективного их выявления. Предлагается три способа классификации: по видам профессиональной деятельности работников, по причинам возникновения опасностей на рабочих местах и по опасным событиям вследствие воздействия опасности. Примерные классификации по первым двум способам содержатся в приложениях к Рекомендациям по идентификации опасностей, примерная классификация по третьему способу содержится Приложении № 1 к Примерному положению о системе управления охраной труда, утвержденному приказом Минтруда России от 29.10.2021 № 776н. Любой из этих способов можно взять за

основу классификации опасностей на промышленном предприятии, изменив его, при необходимости, с учетом специфики деятельности предприятия.

Нахождение и распознавание опасностей предлагается осуществлять тремя этапами: сбор исходной информации; анализ государственных нормативных требований охраны труда в соответствии со спецификой деятельности работодателя; обследование территории, объектов, структурных подразделений, рабочих мест, выполняемых работ и опрос работников.

На первом этапе собирается информация о видах выполняемых работ, сведения о зданиях, сооружениях, территории, оборудовании, технологических процессах, применяемых инструментах, сырье и материалах, составляются перечни нормативных правовых актов, содержащих государственные нормативные требования охраны труда, локальных нормативных актов, паспортов и инструкций по эксплуатации оборудования, паспортов зданий и сооружений, изучаются результаты специальной оценки условий труда (далее – СОУТ) и имеющиеся результаты производственного контроля условий труда. Также на данном этапе изучается статистика несчастных случаев, микротравм, профессиональных заболеваний работников предприятия; изучаются предписания органов государственного контроля (надзора), профсоюзного контроля, предписания специалистов по охране труда работодателя.

На втором этапе анализируются нормативно-правовые акты, локальные нормативные документы, техническая документация, результаты контроля.

Первым рассматриваемым документом является профессиональный стандарт, утверждаемый приказом Минтруда России. Изучив обобщенные трудовые функции, трудовые функции и трудовые действия, выполняемые в рамках каждой функции, определяется объект исследования – выполняемые работы. Из перечня трудовых действий выделяются потенциально опасные. Также согласно Рекомендациям по идентификации опасностей, на основании профстандарта определяются необходимые требования к подготовке персонала (профессиональное обучение, переподготовка).

Далее рассматриваются отраслевые правила по охране труда, также утверждаемые приказом Минтруда России. В них содержатся требования к зданиям, территории, площадкам, организации рабочих мест, производственным процессам, сопоставив которые с существующими на предприятии условиями, можно определить потенциальные источники опасностей. В разделе «Общие положения» всех отраслевых правил содержится перечень вредных и (или) опасных производственных факторов, воздействие которых возможно на работников при выполнении работ, в отношении которых разработаны данные правила. Сопоставив данный перечень с условиями труда работника на рассматриваемом предприятии, можно определить, какие из данных факторов могут воздействовать на работника на конкретном рассматриваемом рабочем месте. Например, если на рассматриваемом предприятии электрогазосварщик работает только на стационарном сварочном посту в пределах цеха, то работы на высоте и в труднодоступных и замкнутых пространствах, указанные в отраслевых правилах как опасные, можно не рассматривать.

Также в отраслевых правилах по охране труда содержатся требования безопасности при выполнении работ, которые в дальнейшем можно использовать при разработке мероприятий по устранению (снижению) рисков, если данные требования не в полной мере исполнены работодателем. Отсюда же можно определить, какие нештатные и аварийные ситуации, влекущие за собой опасные события, могут произойти при несоблюдении требований.

Далее рассмотрим локальные нормативные документы. Из должностной (производственной) инструкции получаем сведения о характеристике работ. В какой-то мере они перекликаются со сведениями, полученными из профстандарта, но зачастую изложены более подробно и конкретно. Отсюда же получаем сведения о рабочем месте (рабочей зоне), где выполняются работы. Следующий документ – инструкция по охране труда, – как правило, основывается на отраслевых правилах по охране труда. Но, как и в случае с должностной инструкцией и профстандартом, работодатель дополняет инструкции по охране труда с учетом особенностей своего предприятия.

Третьим большим блоком документов являются нормативные технические документы (стандарты и регламенты выполнения работ) (далее – НТД). Из данного источника также можно получить информацию о выполняемых работах, а также об используемых оборудовании, инструментах, приспособлениях, сырье и материалах. Указанный блок документов достаточно объемен (так, например, для сварочных работ существует более двадцати основных НТД). Как правило, на промышленных предприятиях службой главного технолога на основе НТД уже разработаны технологические регламенты, технологические процессы или технологические карты применительно к видам работ на данном предприятии. В них также содержится вся необходимая информация, поэтому целесообразно использовать именно их в работе по выявлению опасностей. Также в данном блоке рекомендуется рассматривать инструкции по эксплуатации оборудования, инструментов и приспособлений. Как правило, каждая инструкция содержит раздел «Требования безопасности», которыми в первую очередь необходимо руководствоваться при выявлении опасностей, которые несет данное оборудование (инструмент). Требования данного раздела инструкции обязательно должны включаться работодателем в инструкцию по охране труда по виду работ, проводимому на данном оборудовании (с использованием данного инструмента).

В рамках рассмотрения четвертого блока документации анализируются результаты контроля состояния и условий охраны труда. Во-первых, это результаты производственного контроля условий труда на рабочих местах предприятия. Производственный контроль условий труда является одной из процедур СУОТ. Как правило, на промышленных предприятиях имеется программа производственного контроля условий труда. Собственной лабораторией, либо привлеченной организацией на предприятии проводятся инструментальные измерения факторов производственной среды (физических, химических), результаты сопоставляются с нормативами и делается вывод о соответствии или несоответствии условий труда на рабочем месте нормативным

требованиям. Далее разрабатываются мероприятия по приведению условий труда к допустимым, либо минимизации воздействия вредных факторов на работника. Таким образом, результаты производственного контроля могут достоверно выявить существующие опасности воздействия на работника вредных производственных факторов. Во-вторых, рассматриваются результаты СОУТ. Как и по результатам производственного контроля, выявляются факторы, обуславливающие возможность возникновения опасностей и опасных событий, а также определяются объекты возникновения опасностей и опасных событий. В-третьих, анализируются акты расследования несчастных случаев и случаев профессиональных заболеваний. В результате анализа реализовавшихся опасностей можно определить их источники и вероятность дальнейшего проявления с учетом мер, предпринятых работодателем по результатам расследования. В Рекомендациях по идентификации опасностей не указан в качестве документа для анализа журнал учета микротравм, хотя он так же может быть полезен при выявлении опасностей.

Третьим этапом нахождения и распознавания опасностей является непосредственно обследование с посещением рабочих мест. Именно на этом этапе происходит подтверждение выдвинутых ранее при документарном анализе предположений о наличии тех или иных опасностей. Как показывает практика, чаще всего эти предположения в значительной мере дополняются. Именно на этом этапе проявляется преимущество самостоятельного выявления опасностей силами работодателя. Если временные рамки обследования привлеченной организацией, как правило, ограничены, то специалисты работодателя могут использовать предыдущий опыт проведения проверок, обследования рабочих мест, наблюдения за работой. Это значительно сокращает затраты времени и повышает эффективность процесса. Также при оценке исправности и режимов работы оборудования могут привлекаться ремонтно-механические подразделения работодателя, уже владеющие необходимой информацией.

Результаты осмотра рабочих мест рекомендуется фиксировать в анкете, форма которой приведена в приложении к Рекомендациям по идентификации опасностей. Анкета содержит девять вопросов и для реального промышленного предприятия является недостаточно полной. С высокой долей вероятности работодателю необходимо будет дополнить ее. Например, можно включить вопросы о наличии на рабочих местах производственных инструкций и инструкций по охране труда, знаков безопасности (выявление опасностей, вызванных организационными недостатками), об исправности защитного заземления оборудования (выявление опасности поражения электрическим током), о возможности прикосновения работника к поверхностям оборудования, имеющим высокую/низкую температуру (выявление термической опасности) и прочее. Кроме того, при наличии на предприятии производств с отличными друг от друга технологическими процессами (литейное, металлообрабатывающее, гальваническое и пр.), целесообразно разработать для каждого из них разные анкеты, учитывающие специфику того или иного производства.

Одним из самых эффективных инструментов на данном этапе, как показывает практика, является опрос работников, руководителей и специалистов, непосредственно задействованных в том или ином производственном процессе. Примерная анкета опроса работников также приведена в приложении к Рекомендациям по идентификации опасностей. Данную анкету также необходимо переработать, сделав ее приближенной к реальным условиям конкретного производства и более понятной простому работнику. Проблемой, с которой, вероятно, придется столкнуться на данном этапе, является низкая культура безопасности работников на большинстве промышленных предприятий, а именно непонимание работниками необходимости наиболее полного и развернутого ответа на вопросы анкеты. В таком случае предлагается привлекать для бесед с работниками руководителей подразделений, наиболее авторитетных работников («неформальных лидеров»), уполномоченных лиц профсоюзных организаций в подразделениях. Также полезно будет организовать материальное или нематериальное поощрение наиболее активных и добросовестных работников.

Информационные ресурсы не могут быть для всех рабочих мест одинаковыми. Поскольку рабочие места отличаются своей спецификой деятельности, у каждого места свои опасности, а значит, источники для идентификации опасностей нужно подбирать и изучать индивидуально. Только таким образом, можно получить конкретный и наиболее исчерпывающий реестр опасностей [2].

По результатам проведенной работы составляются перечни опасностей для всех профессий и должностей работников предприятия. Перечни целесообразно составить отдельно для каждого подразделения, так как, например, электрогазосварщик ремонтно-механического цеха и электрогазосварщик цеха паросилового хозяйства подвергаются как схожим, так и отличающимся видам опасностей. Перечни опасностей необходимо утвердить протоколом специально созданной на предприятии комиссии с участием руководителей подразделений. На этом процедура идентификации опасностей считается завершенной и можно приступать к процедуре оценки уровней профессиональных рисков.

Список литературы

1. Гончарова Э.А. Перспективные направления в области охраны труда / Э.А. Гончарова, С.В. Федорова // Сборник материалов XXVIII Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием. Безопасность – 2023. Проблемы техносферной безопасности современного мира. – 2023. – С. 118-121.

2. Божич С.М. Оценка информационных ресурсов, используемых для оценки профессиональных рисков / С.М. Божич // Сборник материалов юбилейной XX Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ – 2024». – 2024. – С. 172-174.

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Д.С. Агеев

Студент Федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования «Московский политехнический
университет», группа № 236-511,
г. Москва

***Аннотация.** В условиях развития современных технологий вопросы производственной безопасности наиболее актуальны. Современные производства должны быть обеспечены всеми видами новейших технологий для обеспечения минимизации рисков и травм на производстве, поскольку защита жизни и здоровья работников являются главными задачами любого предприятия. В работе представлена статистика несчастных случаев в Самарской области, рассмотрены основные принципы производственной безопасности, предложены пути решения для минимизации рисков на производстве.*

***Ключевые слова:** охрана труда, риски, производственная безопасность, современные технологии, управление, травматизм, работник, труд, принципы, анализ.*

Производственная безопасность – это состояние защищенности работников, третьих лиц, их имущества, окружающей среды от воздействия происшествий, вредных и опасных производственных факторов. Защита жизни и здоровья работников являются главными задачами любого предприятия. По данным Роструда, в 2023 году в России зафиксировано 5411 смерть на предприятиях, из них 1609 непосредственно связаны с производством¹. По оперативным данным, с учетом несчастных случаев, происшедших в 2024 году, расследование которых до настоящего времени не завершено, в 2024 году только в Самарской области произошло 12 групповых несчастных случаев на производстве, в которых погибло 7 человек, 102 тяжелых несчастных случая на производстве и 32 несчастных случаев на производстве со смертельным исходом. Общее количество несчастных случаев с тяжелыми последствиями составило 146 случаев. Общее количество погибших – 39 работников.

Анализ материалов несчастных случаев с тяжелыми последствиями свидетельствует, что 50,8 % от общего числа расследованных несчастных случаев занимают причины организационного характера: неудовлетворительная организация производства работ, недостатки в организации и проведении подготовки работников по охране труда, нарушение работником трудового распорядка и дисциплины труда; неудовлетворительное содержание и недостатки в организации рабочих мест, использование пострадавшего не по специальности. В связи с приведенными выше данными возникает необходимость введения концепции безопасного современного производства, которая включает в себя:

¹ Федеральная служба по труду и занятости: отчеты о деятельности федеральной службы по труду и занятости. URL: https://rostrud.gov.ru/rostrud/deyatelnost/?CAT_ID=14167&sysclid=m7vlp2z97b926913484

- снижение травматизма;
- обеспечение соблюдения предприятиями законодательства в области охраны труда;
- повышение производственной эффективности при минимальном использовании труда человека.

Б.А. Прадин выделяет следующие принципы производственной безопасности²:

1. Ориентирующие принципы – принципы поиска безопасных решений и идей.
2. Технические принципы основаны на использовании физических законов с применением технических средств.
3. Организационные принципы – это принципы, которые для повышения безопасности реализуют положение о научной организации деятельности.
4. Управленческие принципы – это принципы, которые определяют взаимосвязи и отношения между отдельными стадиями и этапами процесса обеспечения безопасности.

После выбора принципов необходимо определить методы обеспечения трудовой деятельности и предусмотреть соответствующие средства безопасности человека и производственной среды.

Предлагаю следующие основные современные методы, которые способны повысить безопасность на производстве:

1. Автоматизация производственных процессов. Достигается путем минимального участия человека в производственных процессах, дистанционным управлением, что особенно актуально для таких отраслей, как химическая, нефтегазовая и др. Внедрение автоматизированных систем управления повышает безопасность на производстве.

2. Ведение на производстве постоянного мониторинга территории. Данный метод достигается путем использования камер видеонаблюдения и современных датчиков, которые могут отслеживать различные параметры, такие, как: уровень шума, температуру, влажность, уровень токсичности в воздухе и так далее. При возникновении экстренной ситуации датчики сразу передают информацию на сервер, и сотрудники предпринимают необходимые меры до наступления несчастного случая.

3. Введение сенсорных технологий. Установленные сенсоры позволяют собирать данные, которые в дальнейшем способны прогнозировать неисправности, утечки и оценивать состояние оборудования.

4. Обучение сотрудников с использованием безопасных современных систем. В современном обществе помимо обычных, привычных инструктажей разработаны различные современные методов обучения. Одним из таких методов являются виртуальные стимуляции, которые при помощи системы виртуальной реальности создают имитацию рабочего процесса, что помогает

²Прадин Б.А. Производственная безопасность оборудования и высокотемпературных технологических процессов / Б.А. Прадин, Е.Е. Минликаева, Н.В. Якшина : Изд. Уральского университета, 2020. 27 с.

сотрудникам применять полученные знания на практике. С помощью виртуальной стимуляции можно создать ситуации различных угроз на производстве, что позволит сотрудникам правильно на них отреагировать в будущем. Также необходимо отметить и постоянство обучения, обучение должно проводиться регулярно всеми сотрудниками, чтобы они могли улучшать свои знания и изучать новые виды угроз.

5. Анализ данных. Планирование и использование базы данных позволяет предсказать сбои, аварии и предотвратить несчастные случаи на производстве.

Таким образом, развитие современных технологий не только увеличивает требования к производству, но и становится главной задачей любого предприятия. В настоящее время активно внедряются в производственные процессы системы автоматизации, умные датчики, сенсорные технологии и виртуальная реальность, которые создают более безопасную атмосферу в предприятии. Тем не менее, производственная безопасность должна стать персональной ответственностью и личной целью каждого работника предприятия. Только при условии использования современных технологий, соблюдения норм закона и персональной ответственности сотрудников можно снизить количество несчастных случаев и улучшить условия труда.

Список литературы

1. Федеральная служба по труду и занятости: отчеты о деятельности федеральной службы по труду и занятости. URL: https://rostrud.gov.ru/rostrud/deyatelnost/?CAT_ID=14167&ysclid=m7vlp2z97b926913484 (дата обращения 04.03.25)
2. Государственная инспекция труда в Самарской области: информация о производственном травматизме за 2024 г. URL: <https://git63.rostrud.gov.ru/news/1285363.html> (дата обращения 04.03.25)
3. Анискин Р.Е. Производственная безопасность – важнейший фактор успешного функционирования предприятия / Р.Е. Анискин, А.Н. Силенко // Вестник науки. – 2023. – № 7. – С. 30-33.
4. Гроина Н.В. Повышение производственной безопасности при добыче нефти / Н.В. Гроина // Вестник науки. – 2024. – № 11(80). – С. 1532-1536.
5. Кукин П.П. Безопасность технологических процессов и производств (охрана труда) / П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев [и др.]. – М.: Высш. Шк., 2007. – 337 с.
6. Плохих Ю.В. Промышленные технологии и инновации / Ю.В. Плохих, Е.В. Храпова, Н.А. Кулик [и др.]. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2017. – 139 с.
7. Менлиева А. Развитие сенсорных технологий для мониторинга и управления в промышленности / А. Менлиева, Л. Халлыева, М. Халлыева // Вестник науки. – 2024. – № 11. – С. 961-964.
8. Михайлова Е.Я. Совершенствование системы государственного регулирования охраны труда / Е.Я. Михайлова // Вестник науки. – 2025. – №1. – С. 701-704.

9. Одаева Г. Современные тренды в производственных технологиях: от автоматизации до искусственного интеллекта / Г. Одаева // Вестник науки. – 2024. – № 12. – С. 246- 249.

10. Перетокин С.Н. Анализ влияния цифровой трансформации на предприятия и рынок труда / С.Н. Перетокин, Д.В. Крутья, Е.В. Коньшева // Вестник науки. – 2024. – № 12. – С. 250-256.

11. Пирлиев К. Влияние сенсорных технологий на повышение эффективности автоматических систем / К. Пирлиев, М. Нурмырадова, Я. Гокиев // Вестник науки. – 2024. – С. 973-976.

12. Попов А.А. Производственная безопасность / А.А. Попов. – Изд-во Лань, 2021. – 432 с.

13. Прадин Б.А. Производственная безопасность оборудования и высокотемпературных технологических процессов / Б.А. Прадин, Е.Е. Минликаева, Н.В. Якишина. – Изд-во Уральского университета, 2020. – 74 с.

14. Стукало Р.Е. Эффективная организация баз данных в промышленных системах / Р.Е. Стукало, М.А. Сафин // Проблемы современной науки и образования. – 2024. – С. 1-3.

15. Храмцов Б.А. Промышленная безопасность опасных производственных объектов / Б.А. Храмцов, А.П. Гаева, И.В. Дивиченко. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2007. – 187 с.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ РИСКАМИ В ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Студент гр. 236-511 Д.Д. Исаева,
Научный руководитель М.В. Графкина
кафедра Экологическая безопасность технических систем,
ФГАОУ ВО Московский политехнический университет,
г. Москва

Аннотация. Данная статья посвящена вопросам управления профессиональными рисками в области техносферной безопасности, с особым вниманием к методам оценки, анализа и снижения угроз, связанных с производственной средой. В ней рассматриваются теоретические основы оценки рисков, их роль в обеспечении безопасности на предприятиях, а также практические меры, такие как модернизация оборудования, внедрение современных технологий и активное участие сотрудников в системе управления безопасностью. На основе анализа существующих подходов и практических решений предложены рекомендации по снижению числа аварийных ситуаций, травматизма и повышению устойчивости предприятий к техногенным угрозам. Статья подчеркивает важность системного подхода и интеграции профилактических мер в производственные процессы для обеспечения безопасности работников и окружающей среды.

Ключевые слова: Профессиональные риски, техносферная безопасность, система управления безопасностью, оценка рисков, обеспечение безопасности.

Управление рисками в техносферной безопасности является важным элементом современного менеджмента, направленным на обеспечение

безопасных условий труда и минимизацию негативного воздействия производственных процессов на окружающую среду. Техносферная безопасность охватывает широкий спектр вопросов, связанных с защитой человека, оборудования и экосистем от техногенных угроз. Одним из ключевых инструментов в этой области является оценка рисков, которая позволяет выявить потенциальные угрозы и разработать меры по их предотвращению.

Актуальность темы обусловлена необходимостью создания эффективных механизмов управления рисками в условиях роста сложности производственных процессов и увеличения числа техногенных аварий. Управление рисками не только способствует снижению аварийности и травматизма, но и повышает устойчивость предприятия к внешним и внутренним угрозам.

Цель данной статьи – проанализировать методы управления рисками в области техносферной безопасности и выработать практические рекомендации по их снижению.

Теоретические основы управления рисками

Управление профессиональными рисками в области техносферной безопасности представляет собой систематический процесс, включающий выявление, анализ, оценку и контроль возможных угроз. Цель данного процесса — снижение вероятности возникновения аварий, травм и других негативных последствий, связанных с производственной деятельностью.

Ключевым элементом этого управления является оценка рисков, которая предполагает изучение вероятности возникновения угроз и их потенциального воздействия на людей, оборудование и окружающую среду. На основе полученных данных разрабатываются превентивные меры, такие как модернизация оборудования, внедрение новых технологий и повышение квалификации сотрудников.

Роль оценки рисков в техносферной безопасности

Оценка рисков является важным элементом обеспечения техносферной безопасности, поскольку помогает выявлять уязвимые места в производственных процессах и разрабатывать меры по их устранению. Кроме того, этот процесс способствует формированию культуры безопасности на предприятии, поскольку активное участие руководства в выявлении и устранении угроз укрепляет доверие сотрудников и повышает их мотивацию соблюдать правила безопасности.

Оценка рисков проводится в соответствии с действующим законодательством и нормативными актами, устанавливающими требования к процедурам идентификации, анализа и минимизации угроз. Эти документы создают правовую и методологическую основу для обеспечения безопасных условий труда и снижения техногенных рисков. Процесс оценки включает этапы идентификации, анализа и оценки уровней рисков, а также разработку и внедрение мер по их снижению.

Нормативное регулирование оценки рисков играет ключевую роль в формировании безопасной рабочей среды и обеспечении устойчивого развития

предприятий. Соблюдение требований законодательства и применение рекомендаций нормативных документов позволяют систематизировать управление рисками, сокращать количество аварий и травм, а также повышать общую культуру безопасности. Это способствует не только защите здоровья и жизни работников, но и повышению эффективности производственных процессов.

В зависимости от целей, специфики производства и доступных ресурсов методы оценки рисков делятся на две основные группы: качественные и количественные.

Качественные методы основаны на экспертной оценке и не требуют сложных математических расчётов, что делает их подходящими для предварительного анализа и выявления наиболее существенных угроз.

Количественные методы используют математические модели и вычисления для определения вероятности возникновения рисков и их потенциального воздействия, что особенно актуально на предприятиях с высоким уровнем опасности и требует более детальной аналитики.

Практические меры по управлению рисками

Одним из наиболее действенных методов снижения рисков является модернизация оборудования. Внедрение современных технологий позволяет не только уменьшить угрозы, но и повысить производительность труда. Например, автоматизация производственных процессов снижает вероятность человеческих ошибок, которые зачастую становятся причиной аварийных ситуаций.

Важным элементом управления рисками также являются организационные изменения. Если оценка рисков выявила, что определённые задачи сопряжены с повышенной опасностью, необходимо пересмотреть рабочие процессы. Это может включать введение дополнительных перерывов, изменение графика работы или обучение сотрудников методам снижения стрессовых состояний.

Активное вовлечение сотрудников в управление рисками является важным шагом на пути формирования устойчивой культуры безопасности. Когда работники участвуют в оценке угроз и разработке мер по их устранению, это способствует повышению их осознанности и ответственности. Примером успешной реализации таких мер служит опыт предприятий, где после улучшения условий труда снижается уровень травматизма и значительно сокращается число профессиональных заболеваний. Это ясно показывает, что оценка профессиональных рисков – не только законодательно установленная необходимость, но и эффективный инструмент укрепления культуры безопасности.

Заключение

Управление рисками в области техносферной безопасности является неотъемлемой составляющей стратегии устойчивого развития предприятия. Постоянная оценка рисков, обновление оборудования и активное участие работников в процессах управления позволяют не только уменьшить вероятность аварий и травм, но и создать безопасную и комфортную рабочую

обстановку. Эти меры повышают устойчивость предприятия к техногенным угрозам и способствуют его долгосрочному развитию.

Таким образом, системный подход к управлению профессиональными рисками играет ключевую роль в обеспечении техносферной безопасности и достижении стратегических задач организации.

Список литературы

1. Оценка и учет профессиональных рисков: все, что необходимо знать. COURSON. URL: <https://courson.ru/blog/assessment-and-accounting-of-professional-risks> (дата обращения 18.06.2025)

2. Культура безопасности. Системный подход к внедрению. Smarta.life. URL: https://smarta.life/blog/Kultura_bezopasnosti (дата обращения 18.06.2025)

3. Приказ Минтруда России от 28.12.2021 № 926 «Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков». URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=411523> (дата обращения 18.06.2025)

4. Как повысить культуру безопасности: руководство для специалистов по охране труда. URL: <https://www.mostrudexpert.ru/infocentr/kak-povysit-kulturu-bezopasnosti-rukovodstvo-dlya-spetsialistov-po-ohrane-truda/> (дата обращения 18.06.2025)

КОРПОРАТИВНАЯ КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Студент гр. 236511 Е.А. Угланова
Московский политехнический университет,
г. Москва

Аннотация. В статье рассматривается сущность и значение корпоративной культуры безопасности как важнейшего элемента системы управления охраной труда и устойчивого развития предприятий. Раскрыты современные подходы к формированию культуры безопасности, включая проактивные методик, лидерство, цифровизацию процессов и обучение персонала. Особое внимание уделено оценке уровня культуры безопасности, её влиянию на производственные показатели, финансовую устойчивость и репутацию компании. На основе анализа практик ведущих российских предприятий обоснована необходимость системного подхода к развитию культуры безопасности в условиях цифровой трансформации и ESG-повестки.

Ключевые слова: корпоративная культура безопасности; охрана труда; проактивный подход; риск-ориентированное управление; лидерство в безопасности; обучение персонала; цифровые инструменты безопасности.

Корпоративная культура безопасности (КБ) представляет собой совокупность устойчивых норм, поведенческих установок, ценностей и управленческих решений, направленных на обеспечение безопасных условий труда, минимизацию профессиональных рисков и сохранение жизни и здоровья сотрудников. В условиях современных требований к устойчивому развитию и

цифровой трансформации предприятий КБ становится неотъемлемой частью стратегического управления. От уровня её сформированности зависит не только производственная стабильность, но и инвестиционная привлекательность, репутационный капитал и социальная устойчивость компании.

Корпоративная культура безопасности как концепт получила широкое распространение в профессиональной среде начиная с 1986 года после катастрофы на Чернобыльской АЭС, когда в отчётах МАГАТЭ впервые было отмечено, что причиной аварии стал не технический сбой, а именно недостаточная культура безопасности на всех уровнях управления. С тех пор термин стал активно использоваться в практике управления охраной труда, особенно в высокорисковых отраслях – нефтегазовой, атомной, химической и горнодобывающей.

За рубежом корпоративная культура безопасности является обязательным элементом интегрированных систем менеджмента. В компаниях Shell, DuPont, BP реализуются многоуровневые модели, включающие обучение, поведенческий аудит, систему личной ответственности и предиктивную аналитику. Например, DuPont применяет поведенческий подход (Behavior-Based Safety), где работники обучаются выявлять опасные действия и безопасно прерывать работу в случае несоответствий.

Оценка уровня культуры безопасности требует использования комплексных инструментов. Распространённой моделью является Bradley Curve, согласно которой организации проходят путь от состояния «патологической» культуры (где безопасность игнорируется) до «взаимозависимой» (где каждый сотрудник отвечает не только за себя, но и за коллег). Европейский инструмент Safety Culture Ladder (SCL) используется для сертификации подрядчиков и оценки зрелости безопасности на пяти уровнях: от принудительного соблюдения требований до ценностно-ориентированного лидерства.

В России применяются как адаптированные зарубежные модели, так и собственные разработки. Например, в компании SRG-ECO используется комбинированный подход, включающий психологическое анкетирование, поведенческие опросы, интервью и анализ инцидентов. Методика позволяет выявить скрытые риски и сопротивление сотрудников изменениям, что особенно важно при внедрении новых стандартов.

Однако на пути внедрения КБ часто возникают препятствия. Среди них наиболее распространены управленческий скепсис, формальное отношение к охране труда, недооценка поведенческих факторов, низкий уровень вовлечённости линейного персонала, а также сопротивление изменениям со стороны опытных сотрудников. Дополнительную сложность представляют кадровые и коммуникационные разрывы между уровнями управления, особенно в крупных холдингах с территориально распределённой структурой.

На нормативном уровне вопросы культуры безопасности регулируются сразу несколькими документами. Это статьи 209-221 Трудового кодекса Российской Федерации, ГОСТ Р 54934-2012 / OHSAS 18001, а также международные стандарты ISO 45001:2018. С 2024-2025 годов в рамках

реформы охраны труда усиливается акцент на интеграцию охраны здоровья, благополучия и ESG-факторов в систему управления производственной безопасностью.

Цифровизация процессов охраны труда, являясь неотъемлемой частью современной КБ, требует не только технических решений, но и трансформации поведенческих установок. Внедрение онлайн-курсов, мобильных приложений для регистрации отклонений, систем видеоаналитики и AI-моделей предиктивной оценки позволяет существенно повысить эффективность превентивных мероприятий. Однако без культурной адаптации сотрудников эти инструменты могут остаться формальными.

Интеграция принципов КБ в систему корпоративного управления и ESG-отчётности — перспективный вектор, соответствующий глобальным стандартам ответственности и устойчивого развития. Компании, демонстрирующие зрелую культуру безопасности, не только повышают внутреннюю эффективность, но и формируют позитивный инвестиционный образ, соответствующий требованиям рейтинговых агентств и международных аудиторских организаций.

В российских организациях происходит переход от традиционного реактивного подхода в управлении охраной труда к проактивной модели. Если ранее мероприятия в области безопасности разрабатывались после наступления инцидентов, то сегодня акцент делается на предупреждение рисков, активное участие персонала и использование цифровых инструментов управления. Проактивный подход предполагает оценку рисков ещё до начала работ, внедрение платформ обратной связи, проведение тренингов и обучение в формате VR/AR, участие линейных и топ-менеджеров в ежедневных наблюдениях за безопасностью, формирование паспортов безопасности и использование поведенческой аналитики.

Процесс формирования культуры безопасности начинается с диагностики текущего состояния. Оценивается уровень знаний персонала, соблюдение процедур, восприятие стандартов, наличие нарушений, частота инцидентов и качество коммуникации. На следующем этапе формируются цели и стратегия развития КБ, разрабатываются инструменты и методики, определяются показатели эффективности, барьеры и зоны риска. Затем осуществляется внедрение через обучение, стандартизацию процедур, развитие лидерства, визуализацию стандартов и закрепление новых моделей поведения. Финальным элементом становится регулярный мониторинг изменений, корректировка практик, внешняя и внутренняя аудитория, а также вовлечение сотрудников в процессы непрерывного улучшения.

Практика показывает, что эффективность корпоративной культуры безопасности во многом зависит от вовлечённости руководства. Так, в компании Юнипро акцент делается на формирование лидерства в охране труда, где руководители сами проходят обучение и формируют личные планы действий. Помимо сертифицированной системы по ISO 45001-2018, на предприятиях компании внедрены паспорта безопасности работников, осуществляется регистрация благодарностей и нарушений, проводятся исследования по

эффективности визуальных материалов, а также реализуются цифровые решения, такие как «умные каски» и системы мониторинга действий сотрудников.

В компании ЕВРАЗ построена многоуровневая система, сочетающая обязательное обучение, практические тренировки, поведенческие беседы и внедрение ключевых поведенческих индикаторов. Работники обязаны проходить ежегодную проверку знаний, в том числе по действиям в чрезвычайных ситуациях, а также участвуют в специальных форматах обучения: виртуальная шахта, высотные работы, электробезопасность. Важным элементом является система поведенческих бесед, в ходе которых фиксируются случаи отклонений и проводятся коррекционные мероприятия. Каждому руководителю выставляются показатели качества и количества таких бесед, оценивается его влияние на поведенческие установки сотрудников. Также в ЕВРАЗ реализуется программа лидерства, в рамках которой руководители всех уровней оцениваются по критериям вовлечённости в процессы охраны труда.

Анализ практик свидетельствует о том, что высокий уровень культуры безопасности оказывает комплексное воздействие на показатели производственной и финансовой деятельности. Снижается уровень травматизма, уменьшаются затраты на лечение, компенсации и штрафы, минимизируются репутационные риски. Вместе с тем, растёт производительность труда, улучшается атмосфера внутри коллектива, формируется доверие между сотрудниками и руководством. Компании с устойчиво высокой КБ получают более выгодные тарифы на страхование, более высокие позиции в ESG-рейтингах и позитивную оценку со стороны инвесторов.

Современные вызовы – автоматизация, внедрение новых технологических решений, переход к Единой типовой норме по СИЗ с 2025 года, усиление ESG-требований – предъявляют к культуре безопасности новые требования. Для соответствия этим вызовам необходим переход к сквозному управлению безопасностью, где вопросы охраны труда интегрируются в стратегические планы, KPI, процессы внутреннего контроля, обучение и систему оценки персонала. Цифровизация процессов, широкое применение VR/AR, Big Data и платформ предиктивной аналитики становятся неотъемлемой частью культуры безопасности в лидирующих компаниях.

Таким образом, корпоративная культура безопасности перестаёт быть вспомогательной функцией и становится системной основой устойчивого развития, производственной эффективности и социальной ответственности бизнеса. Её формирование требует не разовых усилий, а постоянной работы всех участников производственного процесса, начиная от сотрудников на местах и заканчивая первыми лицами организации. Только в этом случае культура безопасности становится внутренним убеждением, а не внешним требованием.

Список литературы

1. Гордиенко Д. *Культура безопасности на предприятии [Электронный ресурс] // SRG-ECO. – URL: <https://srg-eco.ru/article/kultura-bezopasnosti> (дата обращения: 22.06.2025).*

2. *Институт прогрессивных технологий. Культура безопасности на производстве в 2025 году: зачем развивать, как оценить и внедрить [Электронный ресурс] // Mostrudexpert.ru. – URL: <https://www.mostrudexpert.ru/infocentr/kak-povysit-kulturu-bezopasnosti-rukovodstvo-dlya-spetsialistov-po-ohrane-truda> (дата обращения: 22.06.2025).*

3. *Корпоративная культура безопасности – главная задача: интервью с директором по охране труда ПАО «Юнипро» [Электронный ресурс] // Getsiz.ru. – URL: <https://getsiz.ru/korporativnaya-kultura-bezopasnosti-glavnaya-zadacha.html> (дата обращения: 22.06.2025).*

4. *Развитие культуры безопасности: охрана труда, промышленная безопасность и экология [Электронный ресурс] // Годовой отчёт Группы ЕВРАЗ. – URL: <https://sr2018.evraz.com/ru/hse/health-and-safety/development-of-the-safety-culture> (дата обращения: 22.06.2025).*

АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ТЕХНОСФЕРУ И МЕТОДЫ ЕГО МИНИМИЗАЦИИ

Студент гр. 236511 Е.А. Угланова
Московский политехнический университет,
г. Москва

***Аннотация.** В статье рассматриваются формы и масштабы антропогенного воздействия на техносферу как глобальную искусственную среду обитания, созданную и поддерживаемую человеческой деятельностью. Особое внимание уделяется методам минимизации негативных последствий этого воздействия, включая технические, организационные и нормативно-правовые подходы. Проведен анализ состояния техносферы, а также возможностей обеспечения её устойчивого развития в условиях возрастающей нагрузки на природные и антропогенные системы.*

***Ключевые слова:** техносфера, антропогенные факторы, устойчивое развитие, экологическая безопасность, техногенное загрязнение, методы защиты.*

Современная эпоха характеризуется беспрецедентным уровнем технологического развития, сопровождающимся глобальной трансформацией среды обитания человека. Результатом этой трансформации стало формирование техносферы – искусственной оболочки планеты, включающей в себя всю совокупность технических средств, промышленных комплексов, энергетических систем, транспорта и городской инфраструктуры. В отличие от биосферы, техносфера развивается исключительно под влиянием человеческой воли и инженерной деятельности. С её расширением возникают не только новые возможности, но и существенные угрозы, связанные с разрушением природных связей, накоплением техногенных рисков и ростом загрязнения.

Вопрос минимизации антропогенного воздействия на техносферу становится актуальным в условиях растущего объёма отходов, деградации инфраструктуры, изменения климата и угроз устойчивому функционированию как искусственных, так и природных систем. Целью настоящей статьи является

комплексное рассмотрение форм антропогенного воздействия на техносферу и анализ современных методов их минимизации.

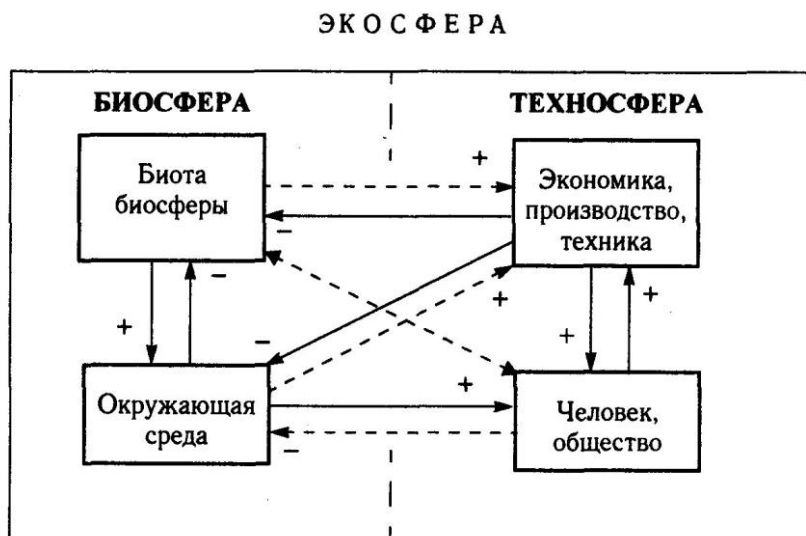


Рис. 1. Структура взаимодействий между биосферой и техносферой в рамках экосферы

Понятие техносферы начало активно разрабатываться в научной литературе с середины XX века. В наиболее широком значении под техносферой понимается совокупность всех технических объектов, производственных систем, коммуникаций и урбанизированных территорий, формирующих особую среду жизнедеятельности человека. Характерной чертой техносферы является её автономный и экспоненциальный рост: по данным исследований П. Хаффа, масса техносферы уже сравнима с биомассой Земли и составляет около 30 триллионов тонн.

Техносфера функционирует как системная структура, в рамках которой человеческая деятельность оказывает двойственное воздействие: с одной стороны – поддерживает жизнедеятельность, с другой – создаёт техногенные угрозы. Рост городов, энергетических и промышленных узлов приводит к концентрации рисков и увеличению масштабов влияния на природную среду. В то же время сама техносфера подвержена разрушительным процессам – износу, авариям, экологическим сбоям, и требует постоянной модернизации.

Антропогенное воздействие на техносферу выражается в множестве аспектов – от физического разрушения ландшафтов до глобального загрязнения воздушной и водной среды. Одним из ключевых факторов является использование природных ресурсов в объёмах, значительно превышающих способность экосистем к восстановлению. Так, по данным Росгидромета, только в России ежегодно в атмосферу выбрасывается свыше 15 миллионов тонн загрязняющих веществ, из которых до 70 % приходится на промышленные предприятия.

Существенным последствием становится и деградация техногенных объектов. Старение зданий, износ инженерных систем, коррозия и аварийность энергетической инфраструктуры снижают устойчивость техносферы к внешним

и внутренним угрозам. Это особенно опасно в условиях плотной урбанизации, где аварии на объектах ЖКХ, тепло- и электроснабжения могут иметь масштабные последствия. Кроме того, антропогенное воздействие нарушает микроклиматические условия, создаёт эффекты теплового острова в городах, приводит к деградации городской почвы и истощению водных ресурсов.

Эти процессы тесно связаны с нерациональной организацией производственной и территориальной деятельности, недостаточной интеграцией экологических принципов в городское и промышленное планирование, а также слабой нормативной базой в части контроля над техносферными изменениями.

Минимизация антропогенного воздействия на техносферу возможна только при реализации комплекса мероприятий, включающего технические инновации, организационные решения и нормативно-правовую поддержку.

Среди технических методов наибольшее распространение получили системы очистки выбросов и сточных вод, фильтрационные сооружения, нейтрализаторы и биологические методы регенерации среды. Современное машиностроение и химическая промышленность всё чаще ориентируются на принципы безотходного производства и замкнутых технологических циклов, что позволяет существенно сократить выбросы и количество отходов. Внедрение технологий рекуперации, повторного использования энергии и переработки отходов снижает нагрузку как на природные ресурсы, так и на сами объекты техносферы.

Организационно-управленческие меры предполагают развитие системы экологического менеджмента, стандартизацию мониторинга состояния среды и создание механизмов внутреннего контроля. Многие крупные промышленные предприятия внедряют международные стандарты, такие как ISO 14001, позволяющие системно отслеживать и минимизировать экологические риски.

Нормативно-правовая база Российской Федерации в области техносферной безопасности включает Федеральный закон «Об охране окружающей среды», а также СанПиН, ГОСТ и СНиП, регламентирующие эксплуатацию опасных производств, утилизацию отходов и защиту населения от вредных воздействий. Несмотря на наличие базового законодательства, его реализация на практике сталкивается с рядом проблем: от недостаточного финансирования до слабого экологического контроля со стороны органов власти.

Наконец, важнейшей задачей становится формирование культуры экологической ответственности. Повышение уровня образования в области устойчивого развития, включение экологической тематики в корпоративную и государственную повестку, просветительские кампании и участие населения в мониторинге среды являются необходимыми элементами эффективной модели устойчивой техносферы.

Формирование техносферы – это неотъемлемый результат индустриального и постиндустриального развития человечества. Однако без должного контроля и комплексного регулирования техносфера из средства развития может превратиться в источник системных угроз. Устойчивость

искусственной среды обитания человека зависит от того, насколько эффективно реализуются меры по снижению антропогенного давления, обновлению инфраструктуры и управлению техногенными рисками.

Только интеграция инженерных инноваций, правовых механизмов и экологической культуры способна обеспечить стабильное и безопасное развитие техносферы в долгосрочной перспективе. В этом контексте необходима дальнейшая научная разработка концепции техносферной устойчивости, развитие соответствующих индикаторов, а также институциональная поддержка на государственном и международном уровнях.

Список литературы

1. Хафф П. Техносфера: новая стадия взаимодействия человека с техникой / П. Хафф // Вестник МГУ. Серия 27: Глобальные процессы. – 2020. – № 1. – С. 15-22.
2. Haff P. The Technosphere and Anthropocene / P. Haff // The Anthropocene Review. – 2014. – Vol. 1(2). – P. 126–136.
3. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды РФ в 2023 году. – М.: Росгидромет.
4. Григорьев А.П. Методы экологически безопасного проектирования / А.П. Григорьев, Н.В. Чернышёв. – М.: Академия, 2021. – 240 с.
5. Иванова О.М. Основы экологического менеджмента / О.М. Иванова. – СПб.: Питер, 2020. – 288 с.
6. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 01.01.2024) «Об охране окружающей среды».
7. Ерохина И.Н. Образование и устойчивое развитие: вызовы XXI века / И.Н. Ерохина, С.А. Лазарев // Вестник образования. – 2023. – № 12. – С. 18-24.
8. Биосфера и техносфера URL – <https://kasheloff.ru/photos/biosfera-i-technosfera/>

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ АВАРИЙНО-РЕМОНТНЫХ РАБОТ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Студент гр. 236-511 А.В. Дедов,
Научный руководитель О.Б. Громова
Московский политехнический университет,
г. Москва

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные вопросы повышения безопасности при проведении аварийно-ремонтных работ на промышленном предприятии. Особое внимание уделено анализу факторов риска, организационно-техническим мерам предупреждения несчастных случаев, а также совершенствованию системы управления охраной труда. Приводятся предложения по разработке регламентов, обучению персонала и применению современных средств индивидуальной защиты. Цель исследования – снижение уровня производственного травматизма и повышение устойчивости промышленных объектов к аварийным ситуациям.

Ключевые слова: Аварийно-ремонтные работы, промышленная безопасность, охрана труда, техносферная безопасность, средства индивидуальной защиты, оценка рисков.

Аварийно-ремонтные работы являются важной частью производственного процесса на предприятиях промышленного сектора. Их своевременное и безопасное выполнение оказывает существенное влияние на устойчивость технологических процессов, экологическую безопасность и сохранение жизни и здоровья работников. Учитывая высокий уровень потенциальной опасности таких работ, особенно в условиях ограниченного времени и неблагоприятных условий среды, разработка и внедрение мер по повышению их безопасности является приоритетной задачей современной промышленной политики.

При проведении аварийно-ремонтных работ на промышленном предприятии существует множество факторов риска, которые могут привести к травмам, авариям, загрязнению окружающей среды и другим негативным последствиям. К основным рискам относятся:

1) технические риски – риски, связанные с техническим состоянием оборудования, инструментов и конструкций (изношенность и неисправность оборудования, утечки и др.);

2) организационные риски – риски, связанные с недостатками в управлении, планировании, документации и координации работ (недостаточная проработка регламентов, отсутствие координации между работниками или подразделениями и др.);

3) личностно-поведенческие риски – риски, обусловленные действиями и квалификацией персонала (пренебрежение средствами индивидуальной защиты и инструкциями по охране труда, переутомление и стресс, низкий уровень квалификации и др.);

4) физические и природные риски – риски, связанные с окружающей средой и физическими условиями на предприятии (высокая температура, скользкие или обледенелые поверхности, недостаточная освещенность и др.);

5) химико-биологические риски – риски, связанные с воздействием вредных веществ, патогенных организмов или токсичными выбросами (работа с кислотами, щелочами, токсичными газами и др.).

Проведение аварийно-ремонтных работ требует всестороннего анализа всех возможных рисков, для чего необходимо регулярно проводить предварительную оценку рисков перед началом работ, оформлять наряд-допуски с точным перечнем опасностей, использовать карты рисков и средства контроля атмосферы, обеспечивать постоянное обучение и инструктаж работников, применять современные средства индивидуальной защиты.

Одним из ключевых направлений повышения безопасности аварийно-ремонтных работ является разработка мер предупреждения несчастных случаев и создание комплексной системы управления охраной труда и промышленной безопасностью. Данные мероприятия представляют собой совокупность управленческих, инженерных и технологических действий, направленных на снижение риска травматизма, аварий и нарушений технологических процессов.

Такие меры должны охватывать все этапы работ: от планирования до контроля исполнения и анализа результатов, а именно:

1. Организационные меры включают:

- разработку и внедрение регламентов и инструкций (инструкции должны быть прописаны для каждого вида аварийно-ремонтных работ, необходимо четко прописывать порядки выполнения работ, включая нестандартные и экстренные ситуации);
- оформление нарядов-допусков (наряд-допуск должен содержать условия, исполнителей, объем работ, средства индивидуальной защиты, особые меры предосторожности, перечень ответственных лиц);
- проведение инструктажа и обучения персонала, отработку аварийных сценариев (тренировки, учения), проверку знаний по охране труда и правилам эксплуатации оборудования;
- разделение зон ответственности (назначение руководителя работ и наблюдающего лица, создание бригады с четким распределением функций);
- планирование и координацию работ (согласование аварийно-ремонтных работ с другими подразделениями, организация сменности и отдыха, исключение переутомления);
- ограничение доступа к опасным зонам (установка временных знаков, ограждений, блокировок).

2. Технические меры подразумевают:

- подготовку оборудования (отключение и блокировка источников энергии при необходимости и т.п.);
- контроль параметров среды (измерение наличия взрывоопасных, токсичных веществ, кислорода, температуры, влажности, установка газоанализаторов и сигнализаторов и др.);
- применение надежных средств индивидуальной и коллективной защиты (выдача средств индивидуальной защиты, соответствующих конкретной работе, установка вентиляции, освещения, заземлений, применение мобильных укрытий, защитных экранов, страховочных конструкций);
- применение сертифицированного оборудования и инструмента (использование только исправных, проверенных и допущенных к работе средств, регулярное проведение технического обслуживания оборудования).

3. Контроль и мониторинг – предполагают ведение журналов учета нарядов, инструктажей, нарушений и т.п., разбор и анализ инцидентов и корректирующих мероприятий.

Так, например, во избежание несчастного случая перед проведением аварийно-ремонтных работ на трубопроводе необходимо применить следующие предупреждающие меры: созыв предварительного совещания, на котором будут назначены ответственные лица; выдача наряда-допуска, проведение инструктажа, отключение источников энергии, дегазация и т.п. (при необходимости), выдача работникам средств индивидуальной защиты, проведение контроля атмосферы в зоне работ. Работы проводятся под

наблюдением ответственного. После завершения работ ответственными лицами подготавливается акт приёмки, анализ результатов, обновление рисков.

С целью повышения безопасности аварийно-ремонтных работ на промышленном предприятии необходимо уделить особое внимание разработке типовых технологических карт аварийно-ремонтных работ. Каждый вид работ должен быть описан с указанием последовательности действий, задействованного оборудования, необходимых средств индивидуальной защиты и контрольных точек. Технологические карты должны включать блоки оценки рисков и сценариев аварийных ситуаций. Регламенты, инструкции, технологические карты подлежат обязательному согласованию с отделами охраны труда, технологами и специалистами по безопасности во избежание ситуаций, когда документация противоречит требованиям техники безопасности или нормам промышленной экологии. Кроме того, целесообразно создать реестр «опасных работ» и стандартных процедур допуска, что позволит повысить контроль за безопасностью их проведения. Также, с учетом современных технологических возможностей, на предприятии могут быть организованы интерактивные регламенты с использованием электронных планшетов с доступом к актуальным регламентам и видеоинструкциям прямо на рабочем месте, с возможностью быстрого обновления регламентов в цифровом виде после каждого анализа инцидентов.

Организация и совершенствование обучения персонала является неотъемлемой частью повышения безопасности аварийно-ремонтных работ на промышленном предприятии. Для чего необходимо:

- регулярно проводить практические тренировки (учения) с отработкой сценариев и обязательным разбором результатов. Например, «взрыв в замкнутом пространстве», «отказ оборудования при ремонте», «утечка газа при сварке»;
- использовать иммерсивные технологии для обучения, поскольку виртуальная реальность позволяет безопасно моделировать опасные ситуации (тушение возгорания, работа с высоковольтными шкафами, спасение пострадавшего), повышается качество восприятия информации;
- разработать онлайн-платформу с курсами по охране труда и тестированием знаний. База знаний должна включать все актуальные инструкции и видеоуроки;
- ввести системы наставничества для новых сотрудников (сопровождение новичков в течение первого месяца допуска к аварийным работам).

Обязательным элементом безопасности при проведении аварийно-ремонтных работ являются современные средства индивидуальной защиты. С целью повышения уровня безопасности возможно применять «умные» средства индивидуальной защиты. Например, каски с датчиками падения и удара, световой сигнализацией и встроенной связью, обувь с индикацией пробоя током, одежда с термодатчиками. На предприятии должен осуществляться контроль за наличием средств индивидуальной защиты, их состоянием и количеством, для чего на каждом предприятии необходимо внедрить автоматическую систему контроля выдачи и возврата средств индивидуальной защиты. Кроме того,

средства индивидуальной защиты должны быть адаптированы под конкретные виды аварийно-ремонтных работ (например, при резке металла на высоте обязательна каска с защитным щитком и встроенным фонарём, перчатки с устойчивостью к порезам, страховочный пояс с ограничителем падения).

Комплексная реализация вышеуказанных предложений позволяет повысить осведомлённость персонала о потенциальных опасностях, стандартизировать поведение в нестандартных ситуациях, минимизировать человеческий фактор, обеспечить соответствие современным стандартам техносферной безопасности.

Повышение безопасности аварийно-ремонтных работ – это многоаспектная задача, требующая системного подхода. Внедрение передовых технологий, регулярное обучение персонала, обеспечение средствами индивидуальной защиты и контроль за соблюдением процедур позволяют существенно снизить риски как для человека, так и для окружающей среды. Предлагаемые в докладе меры могут стать основой для совершенствования системы техносферной безопасности на предприятиях различного профиля.

Список литературы

1. *Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».*
2. *Постановление Минтруда России от 29.10.2021 № 776н «Об утверждении типового положения о системе управления охраной труда».*
3. *Егоров С.А. Охрана труда и техника безопасности на производстве / С.А. Егоров, И.П. Назаров. – СПб.: Питер, 2021. – 288 с.*
4. *Журавлев И.В. Техносферная безопасность и охрана труда на промышленных объектах / И.В. Журавлев. – Екатеринбург: УрФУ, 2020.*
5. *Ковалев А.В. Промышленная безопасность: учебник для вузов / А.В. Ковалев. – М.: Академия, 2022. – 312 с.*
6. *Кузнецова Т.В. Безопасность жизнедеятельности. учебное пособие / Т.В. Кузнецова, В.И. Смирнов. – М.: Инфра-М, 2023.*
7. *Мельников А.В. Руководство по анализу и управлению рисками на производстве / А.В. Мельников, А.Г. Тарасов. – М.: НИЦ Безопасность, 2021.*

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИИ ИОНОВ МЕДИ (II) ВЕРМИКУЛИТОМ В СТАТИЧЕСКОМ РЕЖИМ

Студентка группы ЭиП 05.03.06 С.С. Цуканова,
Научный руководитель О.В. Бурыкина
Российский государственный социальный университет,
г. Москва

Аннотация. Изучена сорбция ионов меди (II) вермикулитом из водных растворов. Результаты микроскопического анализа показали, что используемый сорбент обладает развитой поверхностью и высокой пористостью. Полученный вид изотермы сорбции ионов

меди (II) характеризует вермикулит как микропористый сорбент. Степень сорбции ионов Cu^{2+} в статическом режиме колеблется в пределах 78-81,7 %, что доказывает высокую сорбционную способность вермикулита по отношению к ионам меди (II).

В настоящее время вода широко используется в различных областях промышленности в качестве теплоносителя.

Источниками загрязнения теплоносителя ионами тяжелых металлов, например, ионами Cu^{2+} , является электрохимическая и химическая коррозия теплоэнергетического оборудования под действием примесей [1].

Концентрации ионов меди (II) в теплоносителе обязательно контролируется на соответствие установленным нормам. Это связано с тем, что в зонах высоких тепловых нагрузок могут образовываться медистые накипи.

Поддержание максимальной чистоты теплоносителя, минимизация скорости коррозии и предотвращение отложений является одним из актуальных вопросов для предприятий теплоэнергетического комплекса.

Ограничение содержания продуктов коррозии конструкционных материалов в теплоносителе путем очистки теплоносителя позволяет уменьшить скорость образования отложений на различных поверхностях контура [2].

При выборе методов очистки воды от загрязнений широко используется сорбционный метод, где в качестве сорбента применяются ионообменные смолы [3]. Однако в последнее время появляются альтернативные фильтрационные материалы [4], обладающие высокими сорбционными и ионообменными свойствами по отношению к ионам тяжелых металлов, например ионов меди (II), например вермикулит.

Вермикулит представляет собой сыпучий пористый минерал из группы гидрослюд, серебристого, золотистого или желтого цвета, который имеет своеобразную пластинчатую пористость, что обуславливает объемный вес 100-300 кг/м³ и теплопроводность 0,065-0,09 ккал/м час град. Вместе с тем из-за упругости своих зерен он не оседает в теплоизоляционных засыпных конструкциях.

Основными химическими компонентами вермикулита является диоксид кремния (38,0-49 %), оксиды магния (20,0-23,5 %) калия (5,2-7,9 %), полуторные оксиды железа (5,4-9,3 %) и алюминия (12,0-17,5 %), вода (5,2-11,5 %) [5].

Для изучения структуры используемого вермикулита провели электронно-микроскопический анализ. Полученные микрофотографии представлены на рисунке 1.

Согласно полученным данным, вермикулит имеет слоистую структуру. Его частицы представляют собой червеобразные столбики или нити с поперечным делением на тончайшие чешуйки. Частицы вермикулита имеют пористую слоистую структуру и размеры от 733 до 2,84 мкм.

Полученные данные показали, что образец исследуемого вермикулита относится к группе материалов с развитой поверхностью и высокой открытой пористостью. Такая структура сорбента предполагает возможность эффективного поглощения различных ионов из водных растворов.

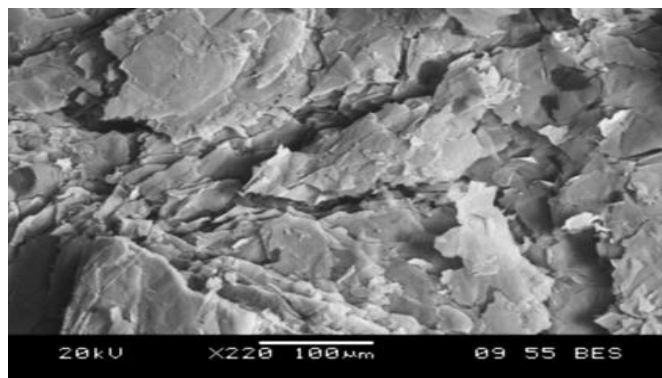


Рис.1. Микрофотографии используемого вермикулита

Модельный раствор сорбата готовили путем растворения пяти водного сульфата меди в воде. Для приготовления раствора с концентрацией ионов меди (II) 100 мкг/дм^3 взвесили $0,0039 \text{ г CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и растворили в 100 см^3 воды. Для предотвращения гидролиза соли добавили 5 см^3 2н. серной кислоты. Полученный раствор поместили в мерную колбу на 1 дм^3 и довели его объем дистиллированной водой до метки.

Остаточную концентрацию ионов меди (II) определяли фотометрическим методом – методом калибровочного графика.

Для построения калибровочного раствора приготовили серию стандартных растворов. В мерные колбы вместимостью 100 см^3 поместили $0; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0, 25,0$ и $10,0 \text{ см}^3$ приготовленного раствора соли меди (II). Далее добавили 5 мл 25%-ного раствора аммиака, и довели водой до метки. Оптическую плотность стандартных растворов измеряли на спектрофотометре при длине волны 620 нм .

По полученным данным построили калибровочный график зависимости оптической плотности от концентрации ионов меди (II). У полученного графика коэффициент линейной корреляции близок к единице ($0,9992$), следовательно, его можно использовать как градуировочный.

Процесс сорбции ионов меди вермикулитом изучали методом неизменных навесок и переменных концентраций. Систему, состоящую из $0,05 \text{ дм}^3$ сорбата и $0,1 \text{ г}$ сорбента, перемешивали магнитной мешалкой при температуре 20°C , в течение 30 минут, затем сорбент отфильтровывали. Анализ содержания ионов меди (II) в фильтрате проводили фотометрически (метод калибровочного графика) с использованием КФК-3-01.

Эффективность степени сорбции (Γ , %) рассчитывали по формуле (1):

$$\Gamma = \frac{(C_0 - C_p)}{C_0} \cdot 100\% \quad (1),$$

где C_0 - исходная концентрация иона Cu^{2+} в растворе, мкг/дм^3 ;

C - концентрация иона Cu^{2+} в очищенной воде, мкг/дм^3 ;

Статическую обменную ёмкость (A , мкг/г) сорбента рассчитывали по формуле (2):

$$A = \frac{(C_0 - C_p) \cdot V}{m} \quad (2),$$

где C_0 - исходная концентрация иона Cu^{2+} в модельном растворе, мкг/дм^3 ;

C_p - концентрация иона Cu^{2+} в очищенной в процессе сорбции воде, мг/дм³;
 V - объём сорбата, дм³;
 m - масса сорбента, г.

Результаты, полученные при проведении статической сорбции ионов меди (II) вермикулитом приведены в таблице 1.

Таблица 1
 Результаты статической сорбции

$C_{исх}(Cu^{2+})$, мкг/дм ³	$pH_{исх}$	$C_{ост}(Cu^{2+})$, мкг/дм ³	$pH_{кон}$	Γ , %
10,0	5,61	2,2	9,88	78
50,0	5,48	10,1	9,19	79,8
100,0	5,17	18,3	9,19	81,7

Данные таблицы показывают, что вермикулит обладает высокой сорбционной способностью по отношению к ионам меди (II) (78-81,7%), но при этом он сильно увеличивает pH среды.

По полученным данным построили график зависимости $\Gamma=f(C)$ – изотерму сорбции.

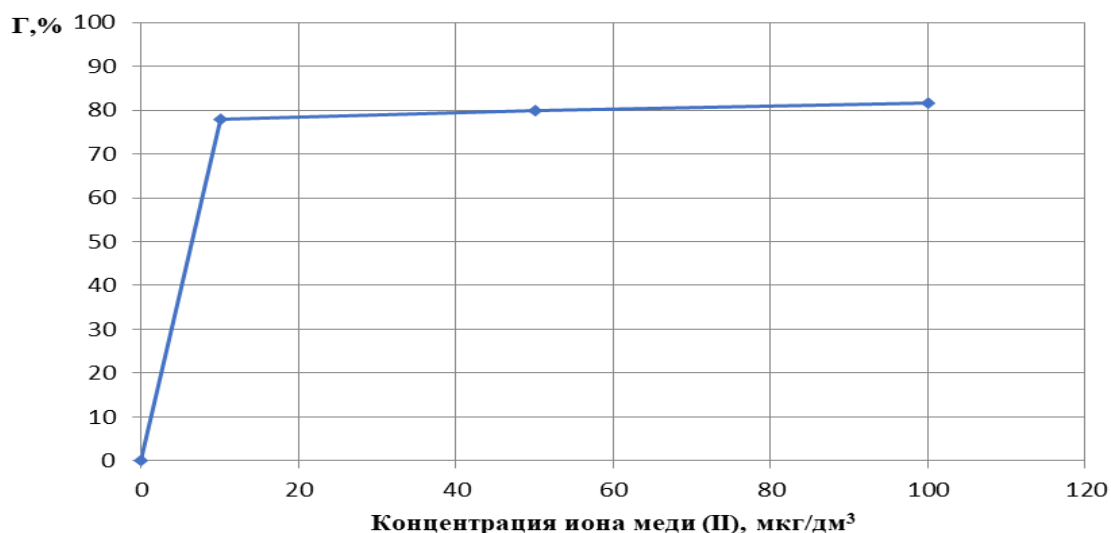


Рис. 2. Изотерма сорбции ионов меди (II) вермикулитом

Изотерма сорбции характеризуется увеличением сорбционной ёмкости с ростом концентрации ионов Cu^{2+} в растворе. По форме кривую можно отнести к I типу по классификации С. Брунауэра, Л. Деминга, У. Деминга, Э. Теллера, характерному для микропористых тел.

Изотерма сорбции иона меди (II) вермикулитом в области низких концентраций имеет линейный вид. Подобный вид изотерм соответствует участку Генри для адсорбции в мономолекулярном слое. Следовательно, при низких концентрациях механизм адсорбции ионов меди (II) на поверхности вермикулита описывается моделью физической адсорбции.

Для вермикулита была определена статическая обменная емкость (СОЕ). Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2
СОЕ для вермикулита

$C_{\text{исх}}(\text{Cu}^{2+})$, мкг/дм ³	СОЕ, мкг/г
10	3,9
50	19,95
100	40,84

Результаты исследований показали, что вермикулит проявляет высокую сорбционную способность по отношению к иону меди (II) при проведении сорбции в статическом режиме.

Список литературы

1. Мелеховец А.Ю. Механизмы коррозии оболочек твэлов ВВЭР (Обзор) / А.Ю. Мелеховец, И.В. Пышин // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика ядерных реакторов. – 2019. – № 3. – С. 67-85.
2. Гусев Б.А. Поведение продуктов коррозии в первом контуре ЯЭУ с водным теплоносителем / Б.А. Гусев, В.Г. Семенов, А.А. Ефимов, В.В. Панчук // Вестник Санкт-Петербургского университета. Физика и химия. – 2012. – № 4. – С. 110-118.
3. Обоснование выбора перспективных аналогов ионообменных смол для очистки теплоносителя высокопоточных исследовательских реакторов // РЖ 19Л. Технология неорганических веществ и материалов. – 2005. – № 7.
4. Юрк В.М. Сорбция ионов двухвалентной меди на поверхности частиц бетонной крошки / В.М. Юрк, Е.С. Коковина, Ж.В. Шалыгина // V Международная конференция «Современные синтетические методологии для создания лекарственных препаратов и функциональных материалов» (MOSM 2021): Сборник тезисов, Екатеринбург, 08-12 ноября 2021 года. – Екатеринбург: Индивидуальный предприниматель Шестакова Екатерина Вячеславовна, 2021. – С. 170-175.
5. Крашенинников О.Н. Способ получения вермикулита с пониженной температурой вспучивания / О.Н. Крашенинников, С.В. Бастрыгина, А.Д. Журбенко. // Вестник МГТУ. Том 9, – №2. – 2006. – С. 344-346.

ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛОКАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Студентка гр. 340601 П.А. Гречишкина,
Научный руководитель Л.В. Кашинцева
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье показан исторический путь становления локальных правовых документов. Отражены ранние формы управленческих распоряжений в древних обществах, особенности нормотворчества в цеховых и корпоративных структурах средневековья, а также этапы развития локального нормотворчества в России – от дореволюционного

периода до современного законодательства. Подчёркивается значимость локальных актов в современных условиях и их роль в адаптации правового пространства под нужды хозяйствующего субъекта.

Одной из категорий правовых норм являются локальные правовые нормы, которые обладающие важной особенностью: они предназначены для практической реализации государственных требований на уровне организаций, предприятий или органов местного самоуправления.

Государство, устанавливая законы, не имеет возможности детализировано регулировать производственные, экономические и социальные отношения каждого субъекта хозяйствования, то есть полностью контролировать его деятельность. Локальные нормативные акты, обладая свойством конкретизации, в известной степени восполняют недостающие пробелы в законодательстве. Это ведет к формированию целостной системы регулирования экономических отношений, когда государственные законы дополняются и уточняются конкретными решениями на местах, обеспечивая тем самым практическую реализацию государственных требований на уровне местного самоуправления или хозяйствующего субъекта.

Несмотря на кажущуюся «техническую» направленность, локальные нормативные акты имеют богатую историческую основу [1].

Идеи внутреннего регулирования деятельности общин и коллективов появились еще в древности. В Древнем Египте, Месопотамии и античности существовали определённые внутренние правила для рабов, ремесленников, военных и служащих, отражающие зачатки локальных норм. Эти правила формировались традициями, авторитетом лидера или письменными распоряжениями.

В феодальных государствах локальные нормы стали приобретать форму уставов цехов, торговых союзов и монастырей. Они регулировали поведение членов общины и определяли санкции за нарушения. Эти акты носили локальный характер, действуя в рамках определённой организации или территориального образования [2].

В Российской империи внутреннее нормотворчество проявлялось, например, в виде уставов фабрик, учебных заведений, армейских частей. Несмотря на отсутствие единой системы, такие акты играли важную роль в регулировании дисциплины, норм труда и быта.

Начало научной разработки вопросов локального регулирования, согласно исследованию, С.В. Ухиной, восходит к 1920-м годам, когда активно анализировались механизмы коллективного договора как источника права [3]. В этот период появились научные работы таких авторов, как И. Войтинский, Я.А. Канторович, В.М. Догадов, Л.В. Забелин и других, которые посвящались локальным договорам [4].

Правовой основой для разработки локальных актов в форме коллективных договоров стал декрет Совета народных комиссаров РСФСР от 2 июля 1918 г «О порядке утверждения коллективных договоров (тарифов), устанавливающих ставки заработной платы и условия труда»,

который, согласно п. 1, распространял своё действие «на все коллективные договоры, устанавливающие оплату труда во всех видах и формах (подённую, сдельную, месячную, урочную, премии, гонорар и т.д.), а также определяющие условия труда и службы, заключаемые профессиональными союзами рабочих и служащих, с одной стороны, и предпринимательскими союзами, обществами (торговыми, промышленными), правительственными и общественными предприятиями и учреждениями, с другой».

Период СССР стал поворотным моментом в развитии ЛНА. Термин «локальный нормативный акт» впервые был упомянут в письме Министерства юстиции СССР от 15 октября 1981 года под номером К-8-591. Появление этого термина стало следствием роста промышленного производства, роста числа промышленных предприятий и организаций, а также необходимостью учёта в действующем законодательстве динамичных изменений в экономической и социальной сферах. В результате сформировался массив нормативно-правовых актов, способных осуществлять юридическую защиту интересов хозяйствовавшего субъекта в отношении развивающихся производственных и управленческих отношений. Это дало повод для введения понятия «локального правового комплекса» [5].

В 2001 году термин «локальный нормативный акт» был включён в Трудовой кодекс Российской Федерации (ТК РФ) с акцентом на кадровую деятельность предприятий и организаций. Локальными нормативными актами стали называть документы, принимаемые на уровне предприятия для регламентации процедур управления кадрами. В дальнейшем эти акты начали разрабатываться и для других аспектов управления [6].

Сегодня правовой базой для разработки локальных актов служит статья 8 ТК РФ. В ней говорится, что «работодатели... принимают локальные нормативные акты, содержащие нормы трудового права, в пределах своей компетенции в соответствии с трудовым законодательством и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права, коллективными договорами, соглашениями» [7].

Сложная и разнообразная структура современного общества делает практически невозможным создание детализированных правовых норм в чисто централизованном формате. В этой связи локальные нормативные правовые акты становятся наиболее действенным инструментом для применения законов и подзаконных актов к особенностям конкретных субъектов хозяйствования. Эти акты не только упорядочивают взаимоотношения, требующие правового регулирования, но и обращают внимание на аспекты, которые не охвачены государственными нормами. Частое применение локальных правовых норм на практике привлекает большое внимание исследователей права, стремящихся осветить их роль и значение.

Список литературы

1. Киселев И.Я. Правовое регулирование труда в России / И.Я. Киселев. – М.: Норма, 2020. – 320 с.

2. Прозоров А.Н. История административного права России / А.Н. Прозоров. – СПб.: Питер, 2020. – 256 с.
3. Арзамасов Ю.Г. Локальный нормативный акт – Текст: электронный // Большая Российская энциклопедия [сайт]. – URL: <https://bigenc.ru/c/lokal-nyi-normativnyi-akt-ad014a> (дата обращения: 14.04.2025).
4. Ухина С.В. Локальное нормотворчество. Вопросы теории и практики: диссертация кандидата юридических наук / С.В. Ухина. – Коломна, 2005. – 194 с.
5. Самигуллин В.К. Локальное нормативное регулирование в механизме современного правового регулирования общественных отношений / В.К. Самигуллин // Вестник ВЭГУ. – 2015. – № 4 (78). – С. 68-77.
6. Мельникова А.В. Локальный нормативный акт, как управленческий инструмент: делопроизводственные аспекты / А.В. Мельникова // Московский экономический журнал. – 2019. – №1. – С. 592-596.
7. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 07.04.2025) – Текст: электронный // Консультант Плюс [сайт]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ (дата обращения: 10.04.2025).

МОНИТОРИНГ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ

Студент гр. 340641/01 С.П. Никитин,
Научный руководитель: В.Г. Павпертов
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. Внедрение системы мониторинга, основанной на данных с частотного преобразователя и датчиков, позволяет в реальном времени отслеживать параметры работы производственного оборудования на химическом производстве, включая общее время работы, температуру подшипника, скорость вращения, ток и частоту двигателя, температуру масла в редукторе и вес продукта в смесителе.

Система мониторинга основана на данных с частотного преобразователя и датчиков и позволяет в реальном времени отслеживать параметры работы производственного оборудования на химическом производстве, включая общее время работы, температуру подшипника, скорость вращения, ток и частоту двигателя, температуру масла в редукторе и вес продукта в смесителе. Это обеспечивает своевременное обслуживание оборудования без остановки производственного процесса, а также позволяет программе автоматически анализировать данные и предупреждать о критических значениях, предлагая эффективные способы их устранения [1].

Системы мониторинга, основанные на данных с частотных преобразователей и датчиков, позволяют отслеживать следующие критически важные параметры:

1. Общее время работы:

Описание: общее время работы оборудования – это суммарное время, в течение которого машина или система функционируют без остановок. Этот параметр важен для анализа производительности и планирования технического обслуживания.

Значение: позволяет определить периодичность обслуживания, выявить узкие места в производственном процессе и проводить анализ загруженности оборудования. Данные о времени работы помогают в составлении отчетов и планировании будущих производственных циклов.

2. Температура подшипника:

Описание: подшипники – это критически важные компоненты вращающегося оборудования. Контроль температуры подшипников позволяет предотвратить их перегрев, который может привести к их выходу из строя.

Значение: повышенная температура может сигнализировать о недостаточной смазке, механических повреждениях или неправильной установке подшипников. Своевременное обнаружение аномалий позволяет избежать дорогостоящих ремонтов и простоев.

4. Ток и частота двигателя:

Описание: ток и частота – это показатели, которые характеризуют состояние электродвигателя. Изменения в этих параметрах могут указывать на проблемы с самим двигателем или с нагрузкой.

Значение: мониторинг тока помогает выявлять перегрузки и короткие замыкания, а также контролировать эффективность работы двигателя. Частота позволяет оценить стабильность работы системы и выявлять возможные сбои.

5. Температура масла в редукторе:

Описание: редукторы используются для передачи мощности и изменения скорости вращения. Температура масла в редукторе критична для его нормальной работы.

Значение: поддержание оптимальной температуры масла предотвращает его старение и разрушение, что может привести к серьезным поломкам. Контроль температуры позволяет своевременно менять масло и проводить профилактические мероприятия.

6. Вес продукта в смесителе:

Описание: контроль веса продукта в смесителе необходим для обеспечения точности процессов смешивания и соблюдения рецептуры.

Значение: это позволяет избежать перерасхода сырья, что ведет к снижению затрат и повышению качества конечного продукта. Точный контроль веса также способствует оптимизации производственных процессов [2].

Преимущества системы мониторинга. Внедрение системы мониторинга на химическом производстве предлагает множество преимуществ:

Своевременное обслуживание оборудования:

1. Система позволяет проводить техническое обслуживание без остановки производственного процесса, что значительно увеличивает общую эффективность работы.

2. Автоматизация процессов обслуживания снижает риск человеческой ошибки и повышает надежность операций.

Предупреждение о критических значениях:

1. Программное обеспечение автоматически анализирует данные и при обнаружении критических значений выдает предупреждения.

2. Оперативная реакция на предупреждения минимизирует риски аварийных ситуаций и снижает вероятность повреждения оборудования.

Предложения по устранению проблем:

1. В случае выявления аномалий система предлагает эффективные способы их решения, благодаря уже прописанным способам решения и внедрению ИИ в программу.

2. Это способствует быстрому восстановлению нормальной работы оборудования и снижает время простоя.

Разработка и внедрение системы мониторинга на химическом производстве являются важными шагами к улучшению безопасности и эффективности эксплуатации производственного оборудования. Использование данных с частотных преобразователей и датчиков позволяет не только контролировать ключевые параметры работы, но и предотвращать потенциальные аварийные ситуации. Таким образом, современные технологии мониторинга способствуют повышению надежности производственных процессов и обеспечивают безопасность работников.

Список литературы

1. *Руководство по эксплуатации. Преобразователь частоты серии EKF-VECT0R-PROxima.* <https://vector-100.ru/files/Rukovodstvo-po-ekspluatatsii-EKF-VECT0R-PROxima.pdf>.

2. *Фрейдин Я. Современные датчики: справочник / Я. Фрейдин.* – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2021. – 800 с. ISBN 978-5-94836-619-7.

УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА ОПЕРАТОРА ПРЕЦИЗИОННОЙ ФОТОЛИТОГРАФИИ

Студент гр. 340641/01 А.Г. Кандрашкин,
Научный руководитель Л.Э. Шейнкман
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** Данная работа посвящена исследованию условий труда оператора прецизионной фотолитографии в современном мире, где технологии развиваются с невероятной скоростью, важность условий труда становится все более актуальной. Вопрос о том, как улучшить условия труда, требует особого внимания, так как от этого зависит не только производительность, но и здоровье работников.*

Прецизионная фотолитография – это высокотехнологичный процесс, используемый в производстве полупроводников, который требует высокой

концентрации и точности от операторов. Это определение подчеркивает важность создания комфортной и безопасной рабочей среды для специалистов, работающих в этой области.

Я считаю, что улучшение условий труда операторов прецизионной фотолитографии должно включать в себя как физические, так и психологические аспекты, что в конечном итоге приведет к повышению качества работы и снижению уровня стресса у сотрудников. Обратимся к опыту компаний, которые уже внедрили изменения в своих производственных процессах. Например, в одной из ведущих компаний в области полупроводников была проведена реорганизация рабочего пространства, что позволило создать более удобные и эргономичные рабочие места для операторов. В результате этого изменения, работники стали меньше уставать, а производительность возросла на 15 %.

Важным аспектом является также внедрение системы регулярных перерывов и физической активности в рабочий день. Это позволяет не только снизить уровень усталости, но и улучшить общее самочувствие сотрудников. В одной из статей по теме улучшения условий труда упоминается, что компании, которые заботятся о здоровье своих работников, получают более высокие результаты в производительности и качестве продукции. Таким образом, создание комфортной рабочей среды и внедрение программ по улучшению здоровья сотрудников напрямую связано с успехом компании [1].

Также стоит отметить количество средств индивидуальной защиты оператора. Согласно приказу Министерства Труда и Социальной Защиты Российской Федерации от 29.10.2021 №767н «Об утверждении Единых типовых норм выдачи средств индивидуальной защиты и смывающих средств», в пункте №3211 указаны тип, наименование и нормы выдачи СИЗ, таких как костюм для защиты от механических воздействий (истирания), обувь специальная для защиты от механических воздействий (истирания), перчатки для защиты от механических воздействий (истирания), головной убор для защиты от общих производственных загрязнений. В связи с тем, что рабочее место расположено в помещении с особым микроклиматом, чистотой воздушной среды и специальными условиями производства, а также предусмотрена технологическая одежда, такая как защитный антистатический халат, антистатический браслет и «сабо антистатические», разумным решением будет пересмотр норм выдачи СИЗ для данной категории работников, дабы избежать избытка необходимых средств у работника, часть из которых не будет выполнять свою функцию из-за отсутствия тех или иных вредных и опасных производственных факторов [2].

Функциональное состояние органа зрения изучалось однократно и в динамике рабочего дня. Исследовалась работа аккомодационного аппарата, а также состояние рецепторного звена по порогам цветовосприятия. Результаты. Выявлено, что уровни химических и физических факторов производственной среды при выполнении операций сборки, герметизации и маркировки не превышают нормируемых значений. По результатам хронометражных наблюдений время использования оптических приборов составляет от 55 до

75 % смены, что характеризует трудовой процесс как напряжённый как 3-й класс 1-й и 2-й степени, по длительности нахождения в фиксированной позе «сидя» более 50 % времени тяжесть труда оценивается как 3-й класс 1-й степени. Получены данные, свидетельствующие об уменьшении объёма аккомодации глаза и об увеличении порогов цветоразличения в динамике рабочего дня. Заключение. Несмотря на модернизацию производственного оборудования, значительная доля трудовых операций по сборке электронных компонентов и устройств выполняется вручную. В условиях невозможности обеспечения полной автоматизации технологических процессов на изучаемых предприятиях профилактические мероприятия должны быть направлены на организацию рационального режима работы, обеспечивающего снятие напряжения зрения [3].

В заключение, можно сказать, что улучшение условий труда операторов прецизионной фотолитографии – это не просто вопрос комфорта, но и важный фактор, влияющий на эффективность работы и здоровье сотрудников. Я считаю, что компании, которые инвестируют в создание безопасных и удобных условий труда, получают значительные преимущества на рынке, что подтверждается множеством примеров успешных предприятий.

Список литературы

1. Кручинин Д.Ю. Фотолитографические технологии в производстве оптических деталей / Д.Ю. Кручинин, Е.П. Фарафонтова // Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина, 2014. – С. 25-54.

2. Приказ Министерства Труда и Социальной Защиты Российской Федерации от 29.10.2021 №767н «Об утверждении Единых типовых норм выдачи средств индивидуальной защиты и смывающих средств».

3. Малькова Н.Ю. Условия труда и функциональное состояние органа зрения работающих в современном производстве изделий микроэлектроники /. Н.Ю. Малькова, М.Д. Петрова, М.Н. Кирьянова. – Санкт-Петербург, 2014. – С. 591-596.

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ НА БЕТОННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Студент гр. 340641/01 Н.А. Захаров,
Научный руководитель Л.В. Кашинцева
Тульский Государственный университет
г. Тула

Аннотация. Бетонное производство относится к категории промышленных процессов с повышенным уровнем риска для работников из-за использования тяжелой техники, высоких температур, химических компонентов и пылевых выбросов [1]. Несмотря на существующие нормативные требования [2], актуальной проблемой остаются профессиональные травмы, аварии и долгосрочные заболевания сотрудников, связанные с условиями труда. Целью работы является разработка комплексных мероприятий, направленных на минимизацию рисков и повышение безопасности на всех этапах производства бетона.

Бетонное производство – критически важный сегмент строительной индустрии, однако его специфика связана с множеством рисков: механические травмы при работе с оборудованием, воздействие цементной пыли на дыхательные пути, термические ожоги от горячих смесей [1]. Несмотря на внедрение современных технологий, статистика свидетельствует о сохраняющемся уровне профзаболеваний (до 15 % случаев среди работников) [2]. Актуальность темы обусловлена необходимостью гармонизации производственных процессов с требованиями устойчивого развития и социальной ответственности бизнеса.

Проведен анализ текущего состояния безопасности на примере действующего предприятия, в результате которого выявлены ключевые проблемные зоны:

- недостаточная автоматизация контроля за оборудованием;
- низкий уровень соблюдения правил индивидуальной защиты;
- отсутствие системного обучения персонала.

На основе методологии HAZOP [3] (анализ опасностей и работоспособности) и международных стандартов ISO 45001 предложены практические решения, включающие модернизацию технических систем [4], внедрение цифровых инструментов мониторинга, а также организационные изменения [5].

На примере предприятия «Х» (производитель бетонных смесей) выявлены следующие недостатки [6]:

Технические:

- отсутствие датчиков аварийного отключения бетоносмесителей при перегрузке;
- устаревшие системы вентиляции, не обеспечивающие нормативную очистку воздуха от пыли.

Организационные:

- недостаточная частота инструктажей (1 раз в год вместо рекомендованных квартальных);
- отсутствие протоколов действий при ЧС, связанных с утечками химикатов.

Человеческий фактор: 40 % работников не используют респираторы из-за дискомфорта, 20 % игнорируют средства защиты слуха.

Для устранения рисков разработан комплекс мер:

Технические улучшения:

- установка IoT-датчиков на оборудование для мониторинга вибрации, температуры и запыленности в режиме реального времени [5-6];
- модернизация систем аспирации с фильтрами HEPA-класса.

Организационные изменения:

- введение ежемесячных тренингов с симуляцией аварийных ситуаций;
- разработка мобильного приложения для оперативного оповещения о нарушениях безопасности.

Мотивационные программы:

- внедрение KPI для руководителей цехов, связанных с показателями травматизма;

- система поощрений для сотрудников, соблюдающих правила охраны труда.

Расчет экономического эффекта показал, что инвестиции в размере 2,5 млн руб. окупятся за 2 года за счет:

- снижения штрафов за нарушения Трудового кодекса на 40 %;
- увеличения производительности (сокращение простоев на 15 %);
- уменьшения страховых выплат по профзаболеваниям.

Разработанные мероприятия формируют системный подход к безопасности на бетонном производстве, сочетающий превентивные технологии, обучение персонала и управленческие инновации. Их внедрение не только защитит здоровье работников, но и повысит конкурентоспособность предприятия за счет роста репутации и эффективности.

Реализация предложенных мер позволит снизить травматизм на 25-30 %, сократить простои производства из-за аварий и повысить экологическую безопасность. Результаты работы могут быть применены на предприятиях строительной отрасли для формирования устойчивой системы управления охраной труда.

Список литературы

1. Crawl D.A. *Chemical Process Safety: Fundamentals with Applications* / D.A. Crawl, J.F. Louvar. – 4th ed. – New York : Pearson, 2019. – 672 p.
2. Иванов А.В. *Цифровизация производственных процессов: IoT в промышленности* / А.В. Иванов, С.К. Петров. – Москва: Инфра-Инженерия, 2022. – 184 с.
3. HAZOP: *Guide to Best Practice* / IChemE. – 3rd ed. – Rugby : IChemE, 2020. – 98 p.
4. Рыжков И.М. *Аспирационные системы в строительной индустрии* / И.М. Рыжков, Д.А. Козлов. – Москва: Стройиздат, 2020. – 120 с.
5. Смирнова Е.А. *Управление охраной труда: современные подходы* / Е.А. Смирнова. – Санкт-Петербург: Профессия, 2021. – 256 с.
6. Johnson M. *Reducing Occupational Hazards in Concrete Manufacturing* / M. Johnson // *Journal of Industrial Safety*. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 45–58.

СНИЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА ПРИ РАБОТАХ НА ВЫСОТЕ

Студент группы 3340641/01 К.А. Самохвалов,
Научный руководитель Л.В. Кашинцева
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. Работы на высоте являются одними из наиболее опасных видов трудовой деятельности, сопряжённых с высоким риском травмирования и даже гибели работников. Согласно статистике, несчастные случаи на производстве чаще всего происходят именно при

проведении высотных работ. Поэтому задача снижения производственного травматизма является одной из приоритетных задач для работодателей и органов надзора.

Производственная практика показывает, что основной причиной большинства происшествий становится несоблюдение правил безопасности, недостаточная квалификация работников, плохое техническое оснащение и ненадлежащее качество защитных устройств.

Причины производственного травматизма при высотных работах

Основными причинами травматизма при осуществлении работ на высоте являются [1]:

- Нарушение требований инструкций по технике безопасности.
- Отсутствие должного контроля со стороны руководства и специалистов службы охраны труда.
- Недостаточный контроль состояния защитного снаряжения и инструментов.
- Низкий уровень квалификации и слабая подготовленность работников.
- Неблагоприятные погодные условия и неудовлетворительное состояние строительных конструкций.

Наиболее частыми видами повреждений становятся падения с высоты, удары током, травмы конечностей и головы вследствие неправильного закрепления страховочных приспособлений и нарушения инструкции по эксплуатации подъёмников [1].

Нормативно-правовая база регулирования работ на высоте

Регулирование вопросов безопасности при работе на высоте осуществляется рядом нормативных документов, среди которых основными являются [2]:

- Постановление Правительства РФ № 1164 от 2014 года «Правила по охране труда при работе на высоте».
- СНиП II-23-81* «Строительные нормы и правила. Стальные конструкции».
- ГОСТ Р 53247-2009 «Технические средства обеспечения безопасности при строительстве зданий и сооружений».

Указанными документами установлены обязательные требования к проведению организационных и технических мероприятий, направленных на предотвращение аварий и обеспечение безопасной работы на высоте [2].

Средства и методы профилактики травматизма

Организационные меры

Организационная профилактика предполагает комплекс действий, направленных на предупреждение возможных ситуаций, приводящих к травме [3]:

- Составление подробных планов работ с учётом всех аспектов опасности.
- Назначение лиц, ответственных за организацию и контроль соблюдения техники безопасности.
- Проведение обязательных инструктажей перед началом каждой смены.
- Установление строгого порядка допуска к работам на высоте.

Инженерно-технические меры

Инженерно-технические решения направлены на устранение физических источников потенциальной угрозы [3]:

- Применение надёжных ограждений и страхующих поясов.
- Использование исправных монтажных люлек и автоподъёмников.
- Монтаж сигнализационных приборов и автоматических блокировок на оборудовании.

Индивидуальная защита работников

Использование индивидуальных средств защиты также играет ключевую роль в снижении вероятности травмирования [2]:

- Специальные каски и обувь.
- Страхочные пояса и тросовые крепления.
- Поясные ремни и предохранительные устройства.

Медицинская помощь и обучение персонала

Предоставление качественной медпомощи пострадавшим работникам и регулярное повышение квалификации персонала существенно снижают вероятность тяжёлых травм и повышают общий уровень осведомлённости работников о мерах предосторожности [4, 5].

Практические рекомендации по снижению производственного травматизма

- Укреплять материально-техническую базу организаций, обеспечивающих работу на высоте.
- Организовать постоянное обучение работников безопасным методам работы.
- Проводить регулярные проверки состояния технического оборудования и средств индивидуальной защиты.
- Использовать современные информационные технологии для дистанционного мониторинга объектов повышенной опасности.
- Создать систему мотивации руководителей и работников за соблюдение норм охраны труда.

Проблема производственного травматизма при работах на высоте остаётся актуальной задачей для современной экономики. Для её успешного решения необходимо сочетание организационно-методических решений, инженерно-технического прогресса и воспитания культуры безопасности у работников.

Эффективные меры профилактики, применение инновационных технологий и систематический контроль обеспечат значительное сокращение числа несчастных случаев и сохранение жизни и здоровья трудящихся.

Список литературы

1. *Правила по охране труда при работе на высоте. Утверждены Постановлением Правительства РФ № 1164 от 28 ноября 2014 г.*
2. *Строительные нормы и правила. Часть II, издание второе. Стальные конструкции (СНиП II-23-81*).* – М.: Госстрой СССР, 1983.
3. *Гост Р 53247-2009. Безопасность при строительстве зданий и сооружений. Требования к средствам защиты от падения с высоты.*

4. Меренков Ю.В. Охрана труда при строительстве многоэтажных жилых домов / Ю.В. Меренков, Н.И. Сериков // Строительство и архитектура. – 2017. – № 3. – С. 12-17.

5. Берёзкин Д.А. Проблемы производственного травматизма в строительной отрасли / Д.А. Берёзкин // Научно-практический журнал «Охрана труда». – 2019. – № 2. – С. 34-39.

СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ МАЛЯРА

Студент группы 3340641/01 К.А. Самохвалов,
Научный руководитель Л.В. Кашинцева
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** Рабочая деятельность маляра связана с постоянными профессиональными рисками, вызванными влиянием опасных и вредных факторов производственной среды. Среди них выделяются химические вещества, выделяемые красками и лаками, повышенный шум от инструмента, длительное пребывание в неудобных позах и психоэмоциональные перегрузки. Все эти факторы оказывают негативное воздействие на здоровье работников, приводят к профессиональным заболеваниям и снижению эффективности труда. Поэтому разработка и реализация комплекса профилактических мер, направленных на улучшение условий труда маляров, приобретает особую важность.*

Основные аспекты профессиональной деятельности маляра

Работа маляра характеризуется интенсивностью и длительным пребыванием в контакте с лакокрасочными материалами, содержащими различные органические соединения, такие как растворители, пигменты и пластификаторы. Эти компоненты обладают высокой степенью токсичности и могут вызывать отравления организма, поражения кожи, слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей [3].

Кроме химического воздействия, важным фактором риска является физическая нагрузка, связанная с необходимостью постоянно находиться в положении стоя, поднимать тяжелые инструменты и емкости с краской, перемещаться по лестницам и рабочим площадкам [5].

Психофизиологическое перенапряжение возникает из-за однообразия выполняемых операций, монотонности работы и повышенного эмоционального напряжения, возникающего в связи с ограниченным пространством рабочего места и постоянным контактом с людьми.

Также важно отметить высокие уровни шума, создаваемые инструментом и оборудованием, способствующие развитию нарушений слуха и сердечно-сосудистой системы [3].

Нормативные правовые основы

Основополагающими документами, регулирующими охрану труда маляров, являются [1]:

- Трудовой кодекс Российской Федерации.

- Федеральный закон № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда».
- Приказ Минтруда России № 33н «Об утверждении Правил по охране труда при окрасочных работах».
- Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарные требования к воздуху рабочей зоны».

Данные нормативные акты определяют обязанности работодателя по созданию безопасных условий труда, порядок проведения специальных оценок условий труда и меру ответственности за нарушение установленных стандартов.

Комплекс мер по снижению уровня опасных и вредных факторов

Средства индивидуальной защиты

Применение качественных средств индивидуальной защиты позволяет минимизировать риск отрицательных воздействий агрессивных сред на организм работника [2]. Необходимо обеспечить каждого сотрудника масками, очками, перчатками, спецодеждой и обувью, соответствующими требованиям действующих стандартов.

Автоматизация и механизация трудовых процессов

Механизация и автоматизация ряда операций позволяют сократить долю ручного труда, уменьшить физические нагрузки и избежать прямого контакта с вредными веществами. Современные краскопульты, установки безвоздушного распыления и роботы-покрасчики способствуют значительному сокращению рисков [5].

Рационализация режимов труда и отдыха

Установленный режим труда и отдыха способствует восстановлению сил и предотвращает развитие хронических заболеваний [6]. Важно соблюдать оптимальную продолжительность перерывов, организовывать питание и обеспечивать комфортные условия пребывания на рабочем месте.

Создание благоприятных микроклиматических условий

Улучшение температурного режима, поддержание оптимального уровня влажности и скорости движения воздуха положительно влияют на самочувствие работников и уменьшают усталость. Оснащение помещений системами кондиционирования и приточно-вытяжной вентиляцией обеспечивает необходимое удаление загрязняющих веществ из воздушной среды [4].

Психологическая поддержка и профилактика стресса

Организация регулярного психологического тестирования, предоставление консультационной помощи сотрудникам, создание доброжелательной атмосферы в коллективе помогают предотвратить негативные реакции организма на стрессорные факторы [5].

Создание безопасных условий труда маляров возможно путем комплексного подхода, включающего использование современных средств защиты, совершенствование технологического процесса, улучшение эргономики рабочего пространства и психологическую поддержку сотрудников [3]. Только совокупность перечисленных мер позволит достичь существенного сокращения уровня опасных и вредных факторов и сохранить здоровье работников.

Реализация изложенных предложений позволит добиться заметного снижения профессионального травматизма и предотвратит возникновение серьезных заболеваний, повысив производительность труда и эффективность всей производственной деятельности.

Помимо перечисленных мер, важным аспектом является организация регулярного обучения и инструктажа маляров по вопросам охраны труда и техники безопасности.[2] Необходимо проводить вводный, первичный, повторный, внеплановый и целевой инструктажи, обеспечивая усвоение сотрудниками необходимых знаний и навыков безопасного выполнения работ. Обучение должно включать изучение правил использования средств индивидуальной защиты, безопасных методов работы с лакокрасочными материалами, оказание первой помощи при отравлениях и травмах [2].

Не менее значимым является проведение предварительных и периодических медицинских осмотров. Они позволяют своевременно выявлять начальные признаки профессиональных заболеваний и предотвращать их дальнейшее развитие [6]. Медицинские осмотры должны проводиться в соответствии с действующими нормативными актами и включать необходимые лабораторные и инструментальные исследования. По результатам осмотров должны разрабатываться индивидуальные рекомендации по улучшению условий труда и сохранению здоровья работников [6].

Важным элементом системы управления охраной труда является производственный контроль. Он включает в себя регулярные проверки соблюдения требований охраны труда на рабочих местах, выявление нарушений и разработку мероприятий по их устранению. Производственный контроль может осуществляться как собственными силами работодателя, так и с привлечением специализированных организаций. Результаты контроля должны документироваться и использоваться для улучшения системы управления охраной труда [5, 6].

Внедрение системы управления профессиональными рисками является еще одним важным шагом к созданию безопасных условий труда маляров. Данная система предполагает идентификацию опасностей, оценку рисков, разработку и реализацию мер по их снижению или устранению [5]. Система управления профессиональными рисками должна быть интегрирована в общую систему управления охраной труда и регулярно пересматриваться с учетом изменяющихся условий.

В заключение, создание безопасных условий труда для маляров – это комплексная задача, требующая системного подхода и постоянного внимания со стороны работодателя. Реализация перечисленных мер, в сочетании с активным вовлечением работников в процесс управления охраной труда, позволит значительно снизить уровень профессиональных рисков и обеспечить сохранение здоровья и благополучия работников.

Список литературы

1. *Трудовой кодекс Российской Федерации.*
2. *Федеральный закон № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда».*

3. Приказ Минтруда России № 33н «Об утверждении Правил по охране труда при окрасочных работах».

4. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарные требования к воздуху рабочей зоны».

5. Руководство по охране труда маляров / ред. В.Н. Тимошин. – СПб.: Профиздат, 2017. – 184 с.

6. Труханова Э.Б. Основы гигиены труда и охрана труда: учебник для вузов / Э.Б. Труханова. – М.: Высшая школа, 2018. – 320 с.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРЕ: КЛЮЧ К БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ

Студент гр. 3340641/01 А.А. Левченкова,
Научный руководитель В.М. Панарин
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В условиях постоянных технологических изменений, усиления требований к безопасности и роста конкуренции, управление рисками становится важнейшей составляющей успешной деятельности производственных предприятий. Эффективная оценка рисков позволяет не только выявлять потенциальные угрозы, но и разрабатывать стратегии их минимизации, что способствует повышению производительности, снижению аварийных ситуаций и защите сотрудников.*

Современное производство требует системного подхода к управлению рисками. Внедрение современных методов оценки позволяет обеспечить устойчивость технологических процессов, повысить безопасность работников и снизить финансовые потери. В условиях жесткой конкуренции и ужесточения нормативных требований предприятия вынуждены использовать комплексные инструменты анализа угроз.

Ключевыми инструментами в арсенале риск-менеджмента являются идентификация рисков, анализ вероятности и последствий, а также специализированные подходы, такие как метод контрольных листов, HAZOP и анализ «что если». Каждый из них выполняет свою роль в создании полной картины потенциальных угроз.

Hazard and Operability Study (HAZOP) – один из наиболее структурированных методов анализа опасностей. Он предполагает детальное рассмотрение технологического процесса с целью выявления отклонений от нормальных условий работы. Этот метод позволяет определить причины возможных аварийных ситуаций и их последствия, что способствует разработке мер по их предотвращению. Применение HAZOP широко распространено в химической, нефтегазовой, энергетической и других отраслях [1].

Метод «Что если?» (SWIFT) основан на моделировании гипотетических сценариев развития событий. Он помогает предсказать возможные последствия

различных событий и подготовиться к ним заранее. Такой подход способствует более глубокому пониманию потенциальных угроз и формированию эффективных стратегий реагирования [9].

Человеческий фактор часто становится причиной аварийных ситуаций. Метод HRA фокусируется на оценке влияния ошибок операторов и других сотрудников на безопасность производства. Внедрение этого метода помогает снизить вероятность человеческих ошибок и повысить общую надежность системы управления рисками [5].

Мозговой штурм широко используется для обсуждения потенциальных угроз среди группы специалистов. Этот метод позволяет эффективно использовать коллективный опыт и знания участников, выявляя уязвимости системы [9].

Метод Дельфи предполагает анонимный опрос экспертов с целью достижения консенсуса по вопросам оценки рисков. Такой подход исключает влияние групповой динамики и обеспечивает более объективную оценку потенциальных угроз [7].

Качественные методы анализа также играют важную роль в идентификации рисков. Экспертные оценки позволяют опираться на знания и опыт специалистов. Они включают системный анализ потенциальных угроз и обоснование их вероятности и серьезности воздействия [4].

Анализ опасности и работоспособности (HAZOP) – этот структурированный метод позволяет детально рассмотреть технологический процесс и выявить возможные отклонения от нормальных условий работы, обеспечивая глубокий анализ причин и последствий рисков [8].

Сценарные методы «Что будет, если...?». Создание гипотетических ситуаций помогает анализировать возможные последствия различных событий, что способствует более точному осмыслению угроз и разработке стратегий реагирования [9].

Анализ влияния человеческого фактора (HRA) фокусируется на том, как ошибки людей могут повлиять на безопасность производства. Внимательное изучение человеческого фактора помогает снизить вероятность инцидентов и повысить качество управления рисками [5].

Использование методов оценки рисков, таких как SWIFT и HRA, в сочетании с комплексным анализом данных создает надежную основу для эффективного управления рисками в производственной среде.

Эффективное управление требует системного подхода, включающего последовательное выполнение этапов: выявление опасностей, оценка их вероятности и последствий, а также разработка мер по снижению риска. Такой подход обеспечивает создание единой системы управления всеми аспектами риска внутри организации.

Модель COSO ERM (Enterprise Risk Management) служит примером комплексного подхода – она учитывает взаимодействие различных категорий рисков: операционных, финансовых, юридических и репутационных [3]. Это повышает качество принятия решений и создает устойчивую бизнес-среду.

Для успешной реализации стратегии управления необходимо разработать четкие руководства и стандарты внутри организации. Распределение полномочий между сотрудниками обеспечивает более эффективный контроль за выполнением мероприятий по снижению угроз [6].

Использование современных методов оценки рисков в производственной сфере – залог повышения безопасности, снижения аварийности и повышения эффективности работы предприятий. Интеграция таких инструментов как HAZOP, анализ «что если», HRA и коллективные методы в единую систему управления позволяет создавать устойчивые бизнес-процессы даже в условиях высокой неопределенности.

Внедрение комплексного подхода к управлению рисками способствует не только минимизации возможных потерь, но и формированию культуры безопасности внутри организации. Это особенно важно в современном мире, где технологические инновации требуют постоянного совершенствования методов анализа угроз для обеспечения безопасной работы предприятий на долгосрочную перспективу [2].

Список литературы

1. Анализ опасности и работоспособности (Мазеин С.А., ПБР) [Электронный ресурс] // protect-br.ru – Режим доступа: https://protect-br.ru/upload/iblock/5fc/zhurnal-_2_2019_pbr.pdf, свободный.
2. В современной экономике не обойтись без рисков, любая... [Электронный ресурс] // dlt.mgpi.ru – Режим доступа: <https://dlt.mgpi.ru/wp-content/uploads/sites/3/2021/08/400.pdf>, свободный. -
3. Комплексное управление рисками: куб COSO ERM | Блог BITOBE [Электронный ресурс] // blog.bitobe.ru – Режим доступа: <https://blog.bitobe.ru/article/kub-coso-erm-instrument-dlya-kompleksnogo-upravleniya-riskami/>, свободный.
4. Магистерская диссертация состоит из введения, трех глав... [Электронный ресурс] // elar.urfu.ru – Режим доступа: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/71068/1/m_th_a.s.suslov_2019.pdf, свободный.
5. Методы оценки риска [Электронный ресурс] // zs-m.favt.ru - Режим доступа: https://zs-m.favt.ru/public/materials/files/zosm_p_ico_31010-2011_методы_оценки_риска.pdf, свободный.
6. Модель комплексной системы управления рисками [Электронный ресурс] // vestnik-muiv.ru – Режим доступа: <https://vestnik-muiv.ru/upload/iblock/2d2/2d2404bbcf208c1aceb0c9e349631a57.pdf>, свободный.
7. Оценка производственных рисков – Википедия [Электронный ресурс] // ru.wikipedia.org – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/оценка_производственных_рисков, свободный. -
8. Оценка рисков на предприятии – этапы, методы, анализ [Электронный ресурс] // academy-of-capital.ru – Режим доступа: <https://academy-of-capital.ru/blog/otsenka-riskov-na-predpriyatii/>, свободный.

9. Эффективные методы оценки рисков на производственном...
[Электронный ресурс] // hanston.ru – Режим доступа: <https://hanston.ru/press-centr/effektivnye-metody-ocenki-riskov-na-proizvodstvennom-predpriyatii>, свободный.

ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аспирант гр. аОТиОС/2.20.2-23 А.Н. Коваленко,
Научный руководитель А.А. Маслова
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В работе представлен анализ современных угроз, таких как технические сбои, кибербезопасность, экологические риски и социальные конфликты. Особое внимание уделено методам оценки и мониторинга рисков, включая количественные и экспертные подходы, а также современным технологиям, таким как SCADA-системы, IoT и искусственный интеллект. В статье предлагаются практические рекомендации по повышению техносферной безопасности, включая внедрение систем менеджмента рисков, обучение персонала, профилактические меры и стратегии устойчивости производственных систем. В заключении подчеркивается важность интеграции современных технологий, стандартизации и международного сотрудничества для обеспечения безопасности в условиях быстро меняющейся производственной среды.*

Актуальность темы обусловлена быстрым развитием технологического прогресса и расширением производственных мощностей, что приводит к повышению уровня воздействия производства на окружающую среду и человека. В условиях глобализации, увеличения промышленного производства и внедрения новых технологий возникает необходимость обеспечения надежной защиты техносферы – совокупности технических систем, инфраструктуры и среды, важной для жизнедеятельности общества.

Обоснование необходимости повышения техносферной безопасности в современном производстве обусловлено рядом важнейших факторов, которые влияют на здоровье работников, безопасность окружающей среды и устойчивое развитие предприятий [1,7]:

1. Рост технологической сложности и автоматизации. Современные производственные процессы характеризуются использованием высокотехнологичного оборудования и автоматизированных систем, что увеличивает риск возникновения аварий и технических сбоев при недостаточной безопасности.

2. Увеличение риска производственных аварий. Неправильное обращение с опасными веществами, несоблюдение правил эксплуатации и недостаточная безопасность технологий приводят к авариям, которые могут иметь тяжелые последствия для жизни работников и окружающей среды.

3. Защита здоровья и жизни работников. Повышение техносферной безопасности минимизирует риски травм и профессиональных заболеваний,

способствует созданию безопасных условий труда и повышению мотивации коллектива.

4. Законодательные требования и международные стандарты. Современное законодательство и международные нормы требуют строгого соблюдения правил безопасности, что способствует снижению ответственности предприятий и повышению их репутации.

5. Экологическая безопасность. Обеспечение безопасных технологических процессов позволяет снизить влияние производства на окружающую среду, уменьшить выбросы вредных веществ и предотвратить экологические катастрофы.

6. Экономическая целесообразность. Инвестиции в техносферную безопасность позволяют снизить материальные убытки в случае аварий, уменьшить расходы на ликвидацию последствий и повысить эффективность производства.

Анализ современных угроз и рисков в производственной среде [1,7,2]:

1. Технические и технологические угрозы:

- устаревание оборудования и программного обеспечения: использование устаревших технологических решений увеличивает риск отказов и уязвимостей;

- кибербезопасность: рост угроз кибератак, взломов систем управления производством, утечек данных;

- аварийные ситуации и сбои: возможные технические сбои, аварии, связанные с неисправностями оборудования;

- уязвимости в автоматизированных системах: повышенная зависимость от SCADA-систем и промышленного интернета вещей (IIoT).

2. Экологические риски:

- загрязнение окружающей среды: аварии на производстве могут привести к выбросам вредных веществ, загрязнению почв и водных ресурсов;

- утилизация отходов: неправильное обращение с промышленными отходами создает угрозу для экосистем;

- климатические изменения: экстремальные погодные условия могут нарушить нормальную работу предприятий;

- работа с опасными веществами: риск утечек, взрывов, пожаров при обработке опасных материалов.

3. Социальные и гуманитарные аспекты:

- трудовые риски и здоровье работников: несоблюдение стандартов охраны труда, профессиональные заболевания, травмы;

- социальное неприятие: протесты, конфликты с местным населением из-за экологических и социальных аспектов;

- безопасность труда и морально-психологический климат: стрессовые ситуации, риск конфликтов;

- нарушения прав человека и условий труда, особенно в глобальных цепочках поставок.

4. Особенности угроз в контексте инновационных технологий [2]:

- новые киберугрозы: расширение возможностей кибершпионажа, персональных атак и вмешательства в киберфизические системы;
- неустойчивость и неопределенность новых решений: недостаточная отработка, возможные неожиданные сценарии отказа;
- этические и правовые риски: вопросы ответственности за автономные системы, искусственный интеллект (ИИ) и робототехнику;
- быстрое развитие технологий вызывает сложности в управлении рисками и требует постоянной адаптации систем безопасности.

Методы оценки и мониторинга техносферной безопасности [3-5]:

1. Методы идентификации и оценки рисков:

- анализ опасных факторов и аварийных сценариев (метод анализа «что-если», методы сценарного анализа);
- анализ дерева аварий (анализ причин и последствий);
- методы экспертных оценок (например, экспертиза с использованием шкал риска);
- количественные методы оценки рисков (например, расчет уровня риска, вероятностное моделирование);
- функции риска и их многокритериальный анализ;
- оценка опасных производственных факторов по классам и уровням опасности.

Инструменты мониторинга и диагностики состояния производственных систем [1-5]:

- сенсорные системы и датчики контроля параметров (температуры, давления, вибрации и др.);
- визуальный и визуально-инфракрасный контроль;
- системы сбора и обработки данных (SCADA, DCS);
- методы неразрушающего контроля (ультразвук, радиочастотная диагностика, радиография);
- постоянный аудит и техническое обслуживание на основе диагностических данных;
- аналитические системы для предиктивного обслуживания и профилактики отказов.

Программно-аппаратные комплексы и автоматизация [1-5]:

- программы моделирования и анализа производственных систем (например, систем автоматизации управления);
- автоматизированные системы мониторинга состояния и предупреждения аварийных ситуаций;
- интеллектуальные системы диагностики с использованием машинного обучения;
- SCADA-системы и системы диспетчерского управления;
- внедрение систем автоматического отключения и аварийной защиты;
- использование IoT-решений для удаленного мониторинга и сбора данных.

Современные подходы и технологии обеспечения безопасности [1-5]:

1. Инженерные решения и системы защиты:

- взрывозащищённое оборудование и электроустановка, предотвращающие возможные взрывы в опасных производственных зонах;
- системы вентиляции и вытяжной вентиляции с автоматическим управлением для удаления вредных веществ и обеспечения безопасных условий труда;
- монтаж защитных ограждений и автоматических систем блокировки опасных участков при обнаружении неисправностей или аварийных ситуаций;
- использование систем подавления пожара на базе сплинклеров, газовых систем и систем автоматического пожаротушения.

2. Информационные технологии и системы кибербезопасности:

- внедрение автоматизированных систем управления промышленными объектами (SCADA) с защищёнными каналами связи, шифрованием данных;
- использование систем мониторинга и анализа сетевой активности для предотвращения кибератак на критическую инфраструктуру;
- установка систем защиты от несанкционированного доступа, многофакторной аутентификации и систем обнаружения вторжений;
- регулярное проведение аудитов и симуляций киберинцидентов для повышения устойчивости систем.

3. Использование искусственного интеллекта и больших данных:

- модели прогнозирования аварийных ситуаций на основе анализа больших объёмов данных с сенсорных систем и исторических отчётов;
- использование алгоритмов машинного обучения для предиктивного обслуживания оборудования, что снижает риск отказов и аварий;
- внедрение систем автоматического распознавания опасных ситуаций с помощью камер и анализирующих ИИ;
- оптимизация процессов безопасности на базе системы рекомендаций, построенных на аналитике данных.

Практические аспекты и рекомендации по повышению техносферной безопасности:

1. Модели управления рисками:

- внедрение комплексных систем менеджмента рисками (например, ISO 45001, ISO 14001) для систематического выявления и оценки потенциальных угроз;
- использование методов анализа опасностей, таких как HAZOP (Hazard and Operability Study), FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), чтобы проактивно выявлять уязвимости производственных процессов;
- разработка сценариев аварийных ситуаций и планов действий, обеспечивающих быстрое реагирование и минимизацию последствий;
- постоянный мониторинг и анализ данных о состоянии оборудования и условий труда с помощью автоматизированных систем контроля.

2. Обучение персонала и культура безопасности [6]:

- регулярное проведение тренингов и инструктажей для сотрудников по безопасной эксплуатации оборудования и действиям в чрезвычайных ситуациях;

- формирование культуры безопасности, при которой каждый работник ощущает свою ответственность за безопасность как свою, так и коллег;
- стимулирование открытого обсуждения проблем безопасности, проведение собраний и анализа происшествий для профилактики повторных случаев;
- внедрение системы поощрений за соблюдение правил и инициативы по улучшению условий труда.

3. Меры профилактики и аварийных ситуаций:

- обеспечение своевременного технического обслуживания и модернизации оборудования для предотвращения аварийных ситуаций;
- использование автоматических систем защиты и блокировок, аварийного отключения оборудования;
- установка систем раннего предупреждения и сигнализации о возможных угрозах (например, утечках, повышенном риске возгорания);
- проведение регулярных учений и тренировок по действиям в чрезвычайных ситуациях для всех работников.

4. Стратегии повышения устойчивости производственных систем:

- внедрение принципов промышленной безопасности и резервирования ключевых систем и элементов инфраструктуры;
- разработка бизнес-планов по восстановлению и продолжению работы после аварийных ситуаций;
- анализ и оптимизация логистических цепочек и материально-технического обеспечения для минимизации воздействия внешних угроз;
- использование инновационных технологий и автоматизации для повышения надежности и гибкости производства.

Общие рекомендации:

- постоянное совершенствование систем управления безопасностью в соответствии с международными стандартами;
- вовлечение всех уровней менеджмента и сотрудников в процессы обеспечения безопасности;
- внедрение системы внутреннего аудита и оценки эффективности мер по безопасности;
- использование современных информационных технологий для мониторинга и управления рисками, а также для быстрого реагирования.

Перспективы развития и инновационные направления:

1. Внедрение новых технологий и методов:

- использование цифровых двойников и моделирование в реальном времени для мониторинга и управления технологическими процессами, что позволяет своевременно выявлять и устранять потенциальные угрозы;
- внедрение систем интеллектуальной автоматизации, включая искусственный интеллект и машинное обучение, для предиктивного анализа рисков и предотвращения аварийных ситуаций;
- применение технологий интернета вещей (IoT) для сенсорного контроля условий работы оборудования, окружающей среды и предотвращения техногенных угроз;

- разработка и реализация систем кибербезопасности для защиты промышленной инфраструктуры от кибератак, что особенно актуально при внедрении цифровых решений.

2. Междисциплинарный подход и международный опыт:

- комбинирование знаний из областей инженерии, информатики, медицины и социологии для комплексного подхода к обеспечению техносферной безопасности;
- обмен международным опытом и лучшими практиками, участие в глобальных инициативах, стандартизации и сертификации для повышения уровня безопасности;
- использование международных программ и проектов по совместной разработке инновационных решений, адаптированных к специфике различных отраслей и регионов.

3. Вызовы и возможные направления исследований:

- решение задач интеграции новых технологий в существующие производственные системы без снижения их эффективности и безопасности;
- разработка методов оценки и управления комплексными рисками, связанными с новыми технологическими решениями;
- исследование влияния цифровых и автоматизированных систем на безопасность человеческого фактора, обучение персонала навыкам работы с новыми системами;
- обеспечение соответствия нормативно-правовой базы и стандартизации быстрым темпам технологических изменений;
- в условиях роста киберугроз – создание устойчивых систем противодействия кибератакам и развития кибербезопасности в промышленных комплексах.

Основные выводы:

1. Внедрение технологий предотвращения аварий и аварийных ситуаций: Использование современных систем автоматического контроля, диагностики и предупреждения позволяет существенно снизить риски технологических аварий и снизить их последствия.

2. Интеграция системы управления безопасностью: Ключевым фактором является создание комплексных систем управления безопасностью оборудования и процессов, включающих как технические, так и организационные меры.

3. Репликация и стандартизация процедур: Стандартизация методов оценки риска, проведения технических проверок и обучения персонала способствует повышению уровня безопасности во всех отраслях промышленности.

4. Обеспечение экологической безопасности: В рамках техносберегающей безопасности важно учитывать экологические аспекты, минимизирующие негативное воздействие на окружающую среду.

5. Использование современных технологий: Внедрение информационных технологий, интернета вещей, искусственного интеллекта и больших данных

открывает новые возможности для повышения эффективности и точности оценки и управления безопасностью.

Рекомендации для предприятий:

- инвестиции в модернизацию оборудования и автоматизацию процессов с целью повышения надежности и снижения риска аварийных ситуаций;
- обеспечение систематического обучения и переподготовки персонала, включая обучение работе с современными системами мониторинга;
- разработка и внедрение внутренних нормативных документов, соответствующих национальным и международным стандартам безопасности;
- создание культуры безопасности: двигайте инициативы снизу-вверх, поощряйте сотрудников к сообщениям о потенциальных угрозах;
- интеграция экологических требований в систему техносберегающей деятельности.

Рекомендации для разработчиков нормативных актов:

- учитывать современные достижения в области технологий и безопасности при формировании требований;
- обеспечить гибкость нормативных актов для адаптации к инновациям и новым условиям производства;
- стимулировать внедрение единых стандартов и межотраслевых подходов к техносберегающей безопасности;
- обеспечить достаточную детализацию требований для конкретных отраслей и предприятий различного масштаба;
- внедрять механизмы периодического обновления нормативных актов с учетом новых рисков и технологического развития.

Список литературы

1. Leveson N.G. (2020). «*Safety III: A Systems Approach to Safety and Resilience*» // *Safety Science*. 130, 104889. DOI: [10.1016/j.ssci.2020.104889] <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104889>.
2. Abedsoltan H., Abedsoltan A., Zoghi Z., (2024/03/01). «*Future of process safety: Insights, approaches, and potential developments*» // *Process Safety and Environmental Protection*, 185(3), 684-707. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2024.03.034>, License CC BY-NC-ND 4.0.
3. Pasman H., Rogers W. J. (2020). «*How to treat expert judgment? With certainty it contains uncertainty!*» // *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 66, 104200. DOI: [10.1016/j.jlp.2020.104200] <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2020.104200>.
4. Nazir S., Manca D. (2021). «*How a plant simulator can improve industrial safety*» // *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 70, 104422. DOI: [10.1016/j.jlp.2021.104422]. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104422>.
5. Yaghini A., Pourrahimian Y., Hall. R.A. (2018). «*Human factors and human error in the mining industry: A review and lessons from other industries*» // *University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada*. 9(1), 2018.5. DOI: [10.15834/cimj.2018.5]. <https://doi.org/10.15834/cimj.2018.5>.

6. Тимофеева С.С. 2024. «Цифровизация и искусственный интеллект в охране труда» // *XXI век. Техносферная безопасность. Безопасность труда.*, том 9, №3, С. 280-295. <https://doi.org/10.21285/2500-1582-2024-9-3-280-295>.

7. Ретеюм А.Ю., Курбатова А.И. «Экологический аспект техносферной безопасности: оценка воздействия промышленных кластеров на окружающую среду.» // *Инженерная экология.* 2023. № 1. С. 4-15. DOI: [10.26897/1999-9831-2023-1-4-15]. <https://doi.org/10.26897/1999-9831-2023-1-4-15>.

МОБИЛЬНАЯ ПЕРЕДВИЖНАЯ ПЛАВАЮЩАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

Студентка гр. 320621 А.В. Волкова,
школьники МБОУ Лицей №2 им. Б.А. Слободского
А.Д. Дехтяр, А.Д. Филимонов,
Научные руководители В.М. Панарин, Е.М. Рылеева, Д.А. Дехтяр
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В работе рассмотрены варианты мобильных передвижных плавающих лабораторий, их наиболее распространенные типы, основные элементы и технологическое оснащение, приведены случаи их адаптации под различные сценарии.

Ключевые слова: загрязнение гидросферы, мобильная плавающая лаборатория, поверхностные водные объекты, контроль, мониторинг.

Реки, как динамические гидрологические системы, играют критическую роль в глобальном круговороте воды, биогеохимических циклах и поддержании биоразнообразия. Однако антропогенная нагрузка, включая точечные (промышленные стоки) и диффузные (агрохимические загрязнения) источники, нарушает их экологический статус. Мобильные плавающие лаборатории (МПЛ) представляют собой конвергенцию инженерных, экологических и информационных технологий, обеспечивая мультидисциплинарный подход к оценке и прогнозированию состояния речных экосистем.

Современные технологии стремительно развиваются и беспилотные системы становятся неотъемлемой частью различных областей человеческой деятельности. Одной из таких областей является мониторинг и оценка состояния водных объектов, который имеет важное значение для экологии, экономики и безопасности. В условиях глобальных изменений климата, увеличения антропогенной нагрузки на природные ресурсы и необходимости охраны окружающей среды, разработка эффективных инструментов для оценки качества воды становится особенно актуальной. В данном контексте мобильные плавающие лаборатории представляют собой перспективное решение, позволяющее проводить мониторинг водоемов с высокой степенью точности и оперативности.

Варианты МПЛ для мониторинга качества поверхностных вод разнообразны и зависят от конкретных задач, бюджета и требований к

автономности. В настоящее время существует несколько наиболее распространенных типов:

1. Простые автономные платформы – это небольшие, простые по конструкции и относительно недорогие платформы. Обычно оснащены набором базовых датчиков (температура, pH, электропроводность, растворенный кислород, мутность) и системой сбора данных. Автономность ограничена, часто требуют периодической подзарядки. Навигация может быть упрощенной, по заданной траектории или по точкам. Примером такого устройства может служить плавающая платформа размером примерно 50x50 см, с солнечной батареей, GPS-модулем, многопараметрическим зондом и логгером данных. Передача данных осуществляется по GSM/GPRS.

2. Дистанционно управляемые платформы (ROV) – это более сложные системы, управляемые оператором с берега или с другого судна, позволяют проводить более детальный мониторинг, манипулировать датчиками, изменять маршрут в реальном времени. Обычно имеют более мощные двигатели и более совершенную систему навигации. Примером такого устройства может служить небольшое судно длиной около 1-2 метров, с несколькими камерами (включая подводную), манипулятором для отбора проб, различными датчиками и системой видеосвязи с оператором. Управление осуществляется с помощью пульта дистанционного управления.

3. Автономные подводные аппараты (AUV) – это полностью автономные устройства, способные к самостоятельному планированию маршрута, сбору данных и возвращению на базу, обычно оснащены более совершенными системами навигации, большим количеством датчиков и более емкими батареями. Подходят для мониторинга больших акваторий и выполнения сложных задач. Примером такого устройства может быть торпедообразный AUV длиной около 1 метра, с системой GPS/IMU, доплеровским измерителем скорости течения, датчиками температуры, солености, мутности и другими. Передача данных осуществляется по спутниковой связи.

4. Гибридные системы – сочетают в себе элементы автономности и дистанционного управления, оператор может контролировать работу малого беспилотного судна (МБС) дистанционно, но устройство также способно к частичной автономной работе. Образец – малое беспилотное судно с автономной системой навигации по заданному маршруту, но с возможностью дистанционного управления оператором в случае необходимости. Может быть оснащено камерами для визуального контроля.

Выбор конкретного устройства зависит от поставленных задач мониторинга и условий работы. МБС для мониторинга представляют собой перспективное решение для сбора данных о состоянии поверхностных водных источников, позволяя автоматизировать процесс мониторинга, повысить его эффективность и снизить затраты.

Мобильная плавающая лаборатория должна быть способна выполнять ряд задач, связанных с оценкой качества воды, включая измерение физико-химических параметров, таких как температура, pH, содержание кислорода,

мутность, а также биологических показателей. Для этого необходимо оснастить устройство соответствующими датчиками и сенсорами, которые позволят проводить замеры в реальном времени и передавать данные на береговую станцию для дальнейшего анализа. Кроме того, важно учитывать возможность интеграции дополнительных инструментов, таких как системы для сбора проб воды и анализа их состава.

Основными элементами мобильной плавающей лаборатории являются:

1. Корпус – прочный, влагонепроницаемый, устойчивый к воздействию воды и солнечного излучения. Материал выбирается в зависимости от условий эксплуатации (пластик, композитные материалы). Форма корпуса оптимизируется для обеспечения необходимой маневренности и устойчивости.

2. Система навигации и позиционирования – включает в себя GPS-приемник, IMU (инерциальную измерительную единицу) и, возможно, дополнительные сенсоры (например, компасы, барометры) для повышения точности позиционирования. Для автономной навигации используются алгоритмы планирования маршрута и избегания препятствий.

3. Система управления – включает контроллеры, двигатели (электрические или гибридные), рули и другие исполнительные механизмы. Система управления может быть как дистанционной, так и полностью автономной, основанной на программируемых алгоритмах.

4. Система сбора данных – ключевой компонент, содержащий различные датчики для измерения параметров качества воды (температура, pH, электропроводность, растворенный кислород, мутность, концентрация различных веществ и др.), а также датчики окружающей среды (температура воздуха, атмосферное давление, скорость ветра и др.).

5. Система связи – обеспечивает передачу данных с МБС на наземную станцию. Могут использоваться различные технологии, включая радиосвязь, GSM/GPRS, спутниковую связь, в зависимости от дальности и условий работы.

6. Система питания – аккумуляторы, обеспечивающие питание всех систем. Емкость батареи определяется временем автономной работы, которое зависит от мощности установленного оборудования и условий эксплуатации. Солнечные батареи могут использоваться для увеличения времени автономной работы.

7. Система обработки данных – может быть расположена на борту МБС (для обработки данных в реальном времени) или на наземной станции. Система обработки данных позволяет анализировать полученные данные, выявлять аномалии и генерировать отчеты.

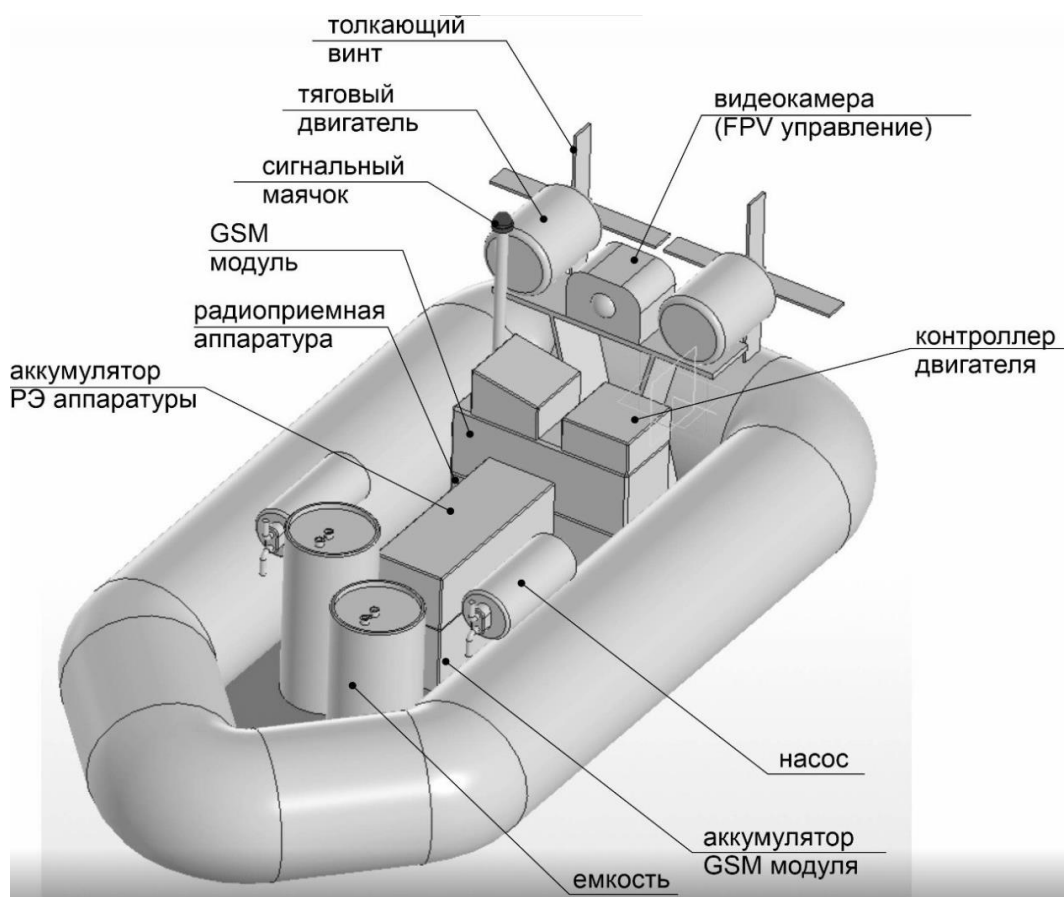
В процессе проектирования плавающей лаборатории также обращается внимание на ее конструктивные особенности. Устройство должно быть достаточно легким и маневренным, чтобы иметь возможность работать в различных условиях, включая мелководные участки и зоны с сильным течением. Выбор материала для корпуса играет ключевую роль, так как он должен обеспечивать прочность и устойчивость к воздействию агрессивной среды, а также минимизировать вес конструкции. Композитные материалы, такие как

углеволокно и стекловолокно, могут стать оптимальным выбором для создания корпуса, так как они обладают высокой прочностью при низком весе.

Пример концептуальной модели МБС с указанными элементами представлен на рисунке.

Беспилотное судно предлагается строить по глиссерной схеме с двумя толкающими винтами. Достоинство данной схемы:

- простота реализации (винты в воздухе, не требуется герметизация приводного вала);
- воздушные винты не запутаются в ряске, тине, водорослях;
- лодка может пройти по мелководью;



Основные элементы малого беспилотного судна

- использование 2х двигателей позволяет использовать для управления судном недорогую 2х канальную радиоаппаратуру, для движение вперед-назад работают оба двигателя, для поворота судна меняются обороты одного из двигателей. При противоположной тяге на винтах лодка способна развернуться на месте.

Рассмотрим основное технологическое оснащение мобильной плавающей лаборатории для анализа физических, химических и биологических параметров.

1. Датчики реального времени:

– мультипараметрические зонды (одновременно измеряют pH (диапазон: 0–14, точность ± 0.01), электропроводность (0–2000 мкСм/см), температуру (-5°C до $+50^{\circ}\text{C}$) и растворенный кислород (0–20 мг/л);

- спектрофотометры (анализируют концентрацию нитратов (NO_3^-), фосфатов (PO_4^{3-}) и тяжелых металлов (Pb, Hg, Cd) методом колориметрии);
- газовые хроматографы (выявляют летучие органические соединения (ЛОС) и нефтепродукты с точностью до 0.1 ppb).

2. Пробоотборные системы:

- роботизированные манипуляторы (берут пробы воды на разных глубинах (до 10 м) и донных отложений);
- автоматические фильтры (задерживают микрочастицы пластика (размером от 0.5 мкм) для дальнейшего анализа методом FT-IR спектроскопии).

3. Дополнительные модули:

- беспилотные дроны (проводят аэросъемку для оценки мутности и выявления поверхностных загрязнений);
- гидроакустические системы (сонары (например, Simrad EK80) картографируют рельеф дна и отслеживают миграцию рыб).

Мобильные плавающие лаборатории могут адаптироваться под различные сценарии, например:

1. Автономная модель (бассейн Амазонки: мониторинг влияния вырубки лесов на мутность воды).

2. Сетевая модель (река Дунай, международный проект: 12 лабораторий синхронизируют данные через облако Microsoft Azure).

1. Экстренно-реагирующая модель (Хуанхэ, Китай: разлив нефти на участке длиной 5 км).

Мобильные плавающие лаборатории – это не просто инструменты мониторинга, а ключевые элементы «умного» управления водными ресурсами. Они сочетают точность науки, скорость технологий и ответственность общества. Их развитие требует междисциплинарного подхода, но результат – здоровые реки и устойчивое будущее – стоит усилий.

СОДЕРЖАНИЕ

СТРАТЕГИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРОДОВ

Ярусова С.Б., Смышляев А.М., Иваненко Н.В. Третий приморский экологический форум: успешный опыт интеграции экспертов и специалистов в области экологического воспитания, обучения и просвещения	3
Гостева М.О., Гапоненко А.В. Заболевания и повреждения городской арборифлоры и их причины	6
Лобанова П.С., Ялалетдинова А.В. Исследование графика автокорреляционной функции хлороформа, бромдихлорметана, дибромхлорметана	11
Бобков А.П., Шейнкман Л.Э. Экологически чистые технологии в строительстве как путь к устойчивому развитию городской среды	14
Разумейко К.А., Кашинцева Л.В. Автоматизированная система мониторинга газовыделений при производстве кирпича	17
Чан Т.Ч.Ж., Панарин В.М. Применение ГИС-технологий и алгоритма интерполяции для прогнозирования уровня загрязнения воздуха в Хошимине	21
Кондрашов В.А., Маслова А.А. Современные подходы к оценке загрязнений атмосферы в промышленно развитых регионах	23
Кондрашов В.А., Маслова А.А. Средства измерения и методы анализа выбросов в атмосферу	28
Пахомов Е.В., Маслова А.А. Экологический риск и его роль в устойчивом природопользовании в контексте полигонов твердых коммунальных отходов	35
Пахомов Е.В., Маслова А.А. Современное состояние полигонов твердых коммунальных отходов и проблемы рекультивации	37
Пантелеев Н.Н., Панарин В.М. Анализ современного состояния и подходов к экологическому мониторингу данных по загрязнению атмосферного воздуха	41
Волкова А.В., Панарин В.М., Рылеева Е.М. Основные модели информационно-измерительных систем в мониторинге поверхностных водных объектов	44
Пантелеев Н.Н., Панарин В.М. Экологический мониторинг загрязнения атмосферного воздуха	51
Савин А.О., Панарин В.М. Современное состояние проблемы полигонов в Тульской области	53

ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Гусев А.В. Цифровой экологический мониторинг водных экосистем как современный подход к решению проблемы несогласованных сбросов	55
Ступин А.С. Экологические функции регуляторов роста растений в агроценозе	58
Останний Д.А., Шахрамьян М.А. Автоматизация сортировки электронных отходов с помощью компьютерного зрения	61
Степанчикова А.С., Маслова А.А. Автоматизированные системы для мониторинга качества атмосферного воздуха на территории предприятий и населённых пунктов ...	71
Акимов А.Е., Павпертов В.Г. Экологическая оценка гальванического производства, расположенного в городской среде	73
Архипов А.В., Маслова А.А. Выборка источников данных, необходимых для создания нейронной сети прогнозирования концентраций загрязнения атмосферного воздуха	76
Браун В.А., Маслова А.А. Использование искусственных нейронных сетей при оценке и прогнозировании уровня загрязнения поверхностных вод	78

Браун В.А., Маслова А.А. Возможности применения расчетных методик при моделировании изменений концентраций загрязняющих веществ	82
Репин Д.О., Маслова А.А. Влияние выбросов вредных веществ термического цеха на окружающую среду и организм человека	85
Фролов А.С., Маслова А.А. Проблемы экологии в Тульской области	87
Чан Т.Ч.Ж., Панарин В.М. Прогнозирование уровня загрязнения воздуха в Хошимине с использованием ГИС-технологий и методов интерполяции	89
Фомина В.П., Маслова А.А. Инновационные способы снижения воздействия деревообрабатывающего производства на окружающую среду (на примере АО «Тулаточмаш»)	90
Бороздина Д.Н., Маслова А.А. Совершенствование системы очистки пылегазовых выбросов лакокрасочного производства в атмосферу (на примере АО «Тулаточмаш»)	93
Носова Е.И., Савинова Л.Н. Изучение влияния ДДТ на ферментативную активность почв и анализ методов обезвреживания хлорорганических пестицидов	96
Маршалов А.Е., Коряков А.Е. Исследование загрязнения реки Упа в районе г. Тула и разработка мероприятий по применению системы автоматического мониторинга	98
Плотников Р.В., Туляков С.П. Источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу	99
Волкова А.В., Рылеева Е.М. Оценка остаточной концентрации пестицидов и агрохимикатов в малых реках сельскохозяйственных районов	102
Горелкина А.И., Рылеева Е.М. Промышленное загрязнение поверхностных водных объектов	108
Кокина А.О., Сунгурова Н.Р. Озеленение как элемент улучшения экологии городов ..	111

ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Хоснутдинов Э.Ф., Усманова А.А. Автоматизация процесса производства карбамидного олигомера с использованием современных технологий	114
Фатхуллина А.Н., Кузнецов В.В. Безопасность труда в производстве: расчетные аспекты и влияние факторов	116
Данилова Л.В., Графкина М.В. Выявление опасностей в рамках оценки профессиональных рисков на промышленном предприятии	120
Агеев Д.С. Производственная безопасность современного производства	126
Исаева Д.Д., Графкина М.В. Управление профессиональными рисками в техносферной безопасности	129
Углова Е.А. Корпоративная культура безопасности на предприятии	132
Углова Е.А. Антропогенное воздействие на техносферу и методы его минимизации	136
Дедов А.В., Громова О.Б. Повышение безопасности аварийно-ремонтных работ на промышленном предприятии	139
Цуканова С.С., Бурыкина О.В. Исследование сорбции ионов меди (II) вермикулитом в статическом режим	143
Гречишкина П.А., Кашинцева Л.В. История возникновения локального регулирования	147
Никитин С.П., Павпертов В.Г. Мониторинг работы оборудования	150
Кандрашкин А.Г., Шейнкман Л.Э. Улучшение условий труда оператора прецизионной фотолитографии	152
Захаров Н.А., Кашинцева Л.В. Разработка мероприятий по улучшению мер безопасности на бетонном производстве	154

Самохвалов К.А., Кашинцева Л.В. Снижение производственного травматизма при работах на высоте	156
Самохвалов К.А., Кашинцева Л.В. Снижение уровня опасных и вредных факторов на рабочем месте маляра	159
Левченкова А.А., Панарин В.М. Современные методы оценки рисков в производственной сфере: ключ к безопасности и эффективности	162
Коваленко А.Н., Маслова А.А. Техносферная безопасность современного производства	165
Волкова А.В., Дехтяр А.Д., Филимонов А.Д., Панарин В.М., Рылеева Е.М., Дехтяр Д.А. Мобильная передвижная плавающая лаборатория	172

Научное издание

ЭКОЛОГИЯ И ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

**IV ВСЕРОССИЙСКАЯ МОЛОДЁЖНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

Сборник докладов

Авторское редактирование
и художественное оформление

Принято 16.07.2025. Подписано в печать 21.07.2025
Формат бумаги 70х100^{1/16}. Бумага офсетная
Усл. печ. л. 22,7
Тираж 100 экз. (1-й з-д 1–25). Заказ 094

Отпечатано в Издательстве ТулГУ
300012, г. Тула, просп. Ленина, 95