



**Министерство образования Республики Беларусь
Белорусский национальный технический университет
Факультет горного дела и инженерной экологии
Кафедра “Инженерная экология”**

ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ

**Сборник материалов студенческой научно-технической
конференции
23–24 апреля 2025 г.**

**Минск
БНТУ
2025**

**Составители:
Хрипович А.А.
Макаревич Н.Ю.**

Редакционная коллегия:

Председатель оргкомитета: Кологривко А.А. – декан ФГДИЭ.

**Заместитель председателя: Цыганова А.А. – заведующий
кафедрой «Инженерная экология»**

**Ответственный секретарь: Хрипович А.А.– заместитель
декана по НИР.**

**Технический секретарь: Макаревич Н.Ю. преподаватель
кафедры «Инженерная экология»**

**В сборник включены материалы докладов студенческой
научно-технической конференции «Инженерная экология»
проведенной в рамках Международного молодежного форума
«Креатив и инновации'2025»**

**© Белорусский национальный
технический университет, 2025**

ОГЛАВЛЕНИЕ

Абакумова В.П., Баранова Е.А. Искусственный интеллект в Китае: инструмент для достижения экологической устойчивости.....	9
Адакимчик К.В., Кононенко М.И. Построение цифровой модели месторождения "Коммунарское" с применением современных информационных технологий	13
Акчурина А.Р. Расчет возможных вкладов источников в нарушения нормативов качества атмосферного воздуха.....	18
Алтыбаева Ш. Расчет приземных концентраций компонентов выбросов, поступающих в атмосферный воздух от автотранспорта на участке улично-дорожной сети улицы Нурсултана Назарбаева г. Казани.....	22
Арещенко А.А. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов электрокоагуляционным методом.....	28
Ащеулова М.С. Контроль содержания фенола в сточных водах методом газожидкостной хроматографии.....	31
Барбарич Е.В., Медведева А.Н. Твердые бытовые отходы: мониторинг и обеспечение качества.....	35
Басимова И.Ф. Методы утилизации отходов глиноземного производства – красного шлама.....	39
Бекар Е. Е., Федосенко Е. Р. Экологические подходы при проектировании и строительстве спортивных площадок.....	42
Бобровская М. Д., Гуткнехт К. В. Токсичные строительные материалы.....	47
Болдырева И. В. «Зеленые» технологии в производстве: инновации для снижения негативного воздействия на природу.....	50
Босак Д. Ю., Шик А. В. Требования безопасности при внесении агрохимикатов авиационным и наземным способом.....	53
Булышко М.А. Методы очистки промышленных газов литейного производства.....	56
Габец К.А. Рациональное использование водных ресурсов в Республике Беларусь: стратегии и достижения.....	60
Галияхметов Р.Л. Разработка гидроциклона с регулированием центробежной силы.....	63
Глинская Е. Е. Мониторинг и оценка воздействия Белорусской АЭС на окружающую среду.....	68
Гляковский П.И. Технологии очистки производственных стоков предприятий пищевой промышленности.....	71
Головач А.И. К вопросу об утилизации отходов.....	76

Гребенько А.Д., Огий А.А. Мониторинг и обеспечение качества окружающей среды с использованием современных технологий.....	81
Денисенко В.А. Расчет приземных концентраций компонентов выбросов автотранспорта, поступающих в атмосферный воздух на нагруженной автомагистрали на территории г. Казани.....	85
Драгун В.А. Световая демаркация – один из способов создания безопасных условий труда.....	90
Егеров Р.С., Алексеенко К.Ю. Экологическая и биологическая безопасность Республики Беларусь: новые угрозы и современные подходы к обеспечению устойчивого развития.....	92
Езерская Д.Д. Использование возобновляемых и перерабатываемых материалов в строительстве.....	96
Ермолина П.И. Перспективы использования искусственного интеллекта для мониторинга окружающей среды.....	99
Жуковец П.Н., Лаппо П.А. Чернобыльская катастрофа: радиационные последствия и современное состояние зоны отчуждения.....	103
Isakova P.S., Zhalabkovich A.D. Methods of reducing emissions of solid particles during combustion of local fuels.....	106
Исакова П. С. Технологические мероприятия по защите атмосферы при производстве цемента.....	110
Каплич В.А., Жоголь А.О. Космические технологии как инструмент экономического и экологического прогресса.....	113
Картынный А.А., Азаров Д.В. Сравнительный анализ мониторинга поверхностных вод реки Припять за пятилетний период.....	118
Кобель П.Д., Трухан Д.А. Агроэкологические аспекты использования золы от сжигания торфа при возделывании сельскохозяйственных культур.....	121
Ковалева К.Е., Хомич М.Д. Анализ возможности использования осадка водоподготовки для производства строительных материалов	125
Ковалевич Э.Н. Воздействие производственной деятельности ОАО «Кондитерская фабрика «Слодыч» на окружающую среду.....	128
Кононенко М.И. Сновные направления использования побочной продукции зерновой кукурузы.....	131
Конопляник В.Д., Шевандо И.А. Мониторинг загрязнения водных ресурсов.....	135
Копейкина В.А., Шершнева Е.С., Воропаев Д.Д. Использование искусственного интеллекта для экологического менеджмента в малом бизнесе	139

Королик Е. А. Экологические воздействия на окружающую среду технологии вибропрессования при изготовлении железобетонных изделий.....	143
Короткая Е.С. Наилучшие доступные технические методы литейного производства.....	148
Корякин М.С., Шкода В.С. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха и способы ее коррекции в Республике Беларусь.....	152
Круковский А.А. Исследование возможности использования фосфатов кремния в качестве ионообменников.....	156
Кулага А. А. Очистка поверхностных сточных вод предприятия.....	159
Курилович К.И., Яцухно Д. Г. Оценка влияния шума на окружающую среду пиково-резервного источника на Березовской ГРЭС.....	164
Курилович К.И., Яцухно Д.Г. Анализ оценки окружающей среды города Белоозерск для строительства пиково-резервного источника на базе Березовской ГРЭС.....	166
Ласица Д.Р. Влияние вида топлива, используемого при работе ТЭС, на выброс в атмосферу загрязняющих веществ	168
Ласица Д.Р. Безопасные расстояния при производстве взрывных работ.....	172
Ласица Д.Р. Экологические проблемы, связанные с хранением отходов калийных удобрений.....	177
Логвин В.В. Исследование характеристик образцов бетона, содержащих отходы производства.....	179
Любимова А.А. Мониторинг и обеспечение качества атмосферного воздуха Республики Беларусь.....	182
Макаревич Н.Ю. Переработка техногенного массива фосфогипса как альтернатива гипсовому сырью с извлечением концентрата РЗЭ	187
М Д Бабул С. Утилизация гранитных отсеков.....	190
Менделуц Н.А. Расчет приземных концентраций компонентов выбросов, поступающих в атмосферный воздух от автотранспорта на локальном участке нагруженной автомагистрали г. Казани.....	194
Минчук Г.И. Совершенствование природоохранной деятельности ОАО «Минский автомобильный завод» – управляющая компания холдинга БЕЛАВТОМАЗ.....	200
Новик А.Д. Композиционные вяжущие с применением гранитных отсеков.....	203
Новик Т.В. Полимербетон: технология, свойства и перспективы применения в современной промышленности.....	208

Новикова И. Д. Использование технологий дистанционного зондирования для оценки состояния лесов.....	209
Осмоловская В.А. Анализ воздействия агропромышленного комплекса на компоненты окружающей среды.....	213
Перковский М. А., Жук А. А. Анализ воздействия промышленных выбросов на качество воздуха в городе Лида.....	217
Петрова К.И. Расчет приземных концентраций компонентов выбросов, поступающих в атмосферный воздух от автотранспорта в центральной части г. Казани	219
Пилипенко А.Ю. Комплексная оценка воздействия процесса использования и обезвреживания отходов на окружающую среду....	225
Пилипенко А. Ю. Организация природоохранной деятельности в области обращения с отходами в Республике Беларусь.....	229
Пискурович Е.В., Азерская П.А. Анализ наилучших доступных технических методов водоподготовки на теплоэлектроцентралях.....	233
Пичковский Н.И., Кригер Н.А. Применение искусственного интеллекта и беспилотных летательных аппаратов для мониторинга, прогнозирования и тушения лесных пожаров в Республике Беларусь	236
Пищало К.К. Поэтапное снятие почвенно-растительного слоя для уменьшения разового ущерба экосистеме.....	239
Погуляев А.С. Карпович В. В. Современные информационные технологии и системы оповещения, помогающие в предотвращении и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.....	243
Пономаренко В.С. Очистка сточных вод гальванического производства от загрязнений тяжелыми металлами.....	246
Поплавская О.Е. Перспективные сорбционные технологии для удаления железа и тяжелых металлов из сточных вод различного происхождения	250
Поплавская О.Е. Расчет приземных концентраций компонентов выбросов, поступающих в атмосферный воздух от агропромышленного объекта, осуществляющего услуги по выращиванию, переработке и реализации птицы	255
Прилищ Ю. С. Анализ динамики образования отходов при очистке сточных вод г. Бобруйска.....	262
Прилищ Ю.С. Изучение возможности использования осадков сточных вод городских очистных сооружений для озеленения городских территорий.....	266
Prozorova M.A. Analysis of environmental aspects of coolant-cutting fluids application.....	271
Протасевич А.С. Оценка пространственно-временной изменчивости ветрового режима территории белорусского Полесья.....	273

Ракитина А.В. Воздействие добычи торфа на выбросы парниковых газов: современные подходы и пути минимизации в Республике Беларусь.....	258
Руденя Р.Д., Подлозная Д.С. Анализ мониторинговых данных по изменению поверхностных вод реки Западная Двина за пятилетний период на участке Витебской области.....	283
Рудко В.В., Зорин А.Ю. Информационные и технические методы борьбы с загрязнением воздушной среды в промышленных центрах Республики Беларусь.....	285
Рышкевич Я.В. Оценка потенциала образования дигестата биогазовых технологий.....	291
Савицкий К.И., Цалко А.А. Мониторинг шумового загрязнения от ветровых электростанций.....	294
Сагадиева А.Р. Анализ традиционных и инновационных материалов и направлений адсорбционной очистки сточных вод от ионов тяжёлых металлов.....	297
Сагадиева А.Р. Оценка негативного воздействия на качество атмосферного воздуха от промышленного предприятия по производству оптических приборов и комплексов.....	301
Сацевич А.И., Морозова Л.В. Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций.....	306
Светлова Я.С. Направления переработки отходов хлебопекарного производства.....	309
Свинцова Е.А. Технологическая схема очистных сооружений сточных вод линии производства аммиачной селитры.....	312
Селедкина В.А. Адсорбционная очистка сточных вод от нефтепродуктов: анализ технологий и перспективные решения.....	316
Селедкина В.А. Оценка локального уровня загрязнённости приземного слоя атмосферного воздуха в зоне влияния выбросов автозаправочной станции.....	320
Сивая Я.А. Анализ возможности использования отходов производства в качестве груза для противовеса лифта.....	324
Степанов Д.А., Чурко Д.С. Экологическое влияние цифровизации энергетических объектов.....	328
Степанюк М.А. Оценка эффективности методов определения тяжёлых металлов почв Партизанского и Заводского районов города Минска.....	331
Степанюк М.А. Проблема загрязнения почв города Минска тяжёлыми металлами.....	336
Сульжицкая А.Р. Экологические аспекты выращивания картофеля с участием биопрепаратов.....	340

Супрон П.А. Утилизация тепла сталеплавильных шлаков.....	345
Супрон П.А. Энергосберегающие мероприятия для машиностроительного предприятия	348
Сырникова К. А. Основные направления по экологизации технологических процессов в промышленности для минимизации нагрузки на атмосферный воздух.....	351
Сырникова К. А. Основные принципы, меры и пути решения проблемы загрязнения атмосферы.....	355
Тарасевич В.А. Торф как альтернативный источник энергии.....	360
Трухан Д.А, Кобель П.Д. Перспективы использования золы от сжигания торфа в аграрном секторе.....	363
Филиппович Е.П., Козловский Д.О., Кирьяненко М.В. Роль СМИ и волонтерских организаций в информировании и ликвидации чрезвычайных ситуаций.....	366
Филонычев А.А. Использование модели расчета выбросов для оценки состояния атмосферного воздуха в зоне действия наиболее нагруженных автомагистралей.....	369
Хандалова А.А., Гринчик О.В. Экологический мониторинг как инструмент предупреждения природных катастроф и защиты населения.....	374
Хлывнюк А.Р. Особенности трансформации сельскохозяйственных и лесных земель в Республике Беларусь	379
Храповицкая М.С. Экологичные методы дубления кожи на основе растительного и синтетического сырья.....	383
Хританьков М.Р. Внедрение возобновляемых источников энергии для устойчивого развития.....	386
Хролович Д.М Перспективные направления использования осадка биогазовых установок.....	390
Шардыко Е.П. Мероприятия по предотвращению загрязнения окружающей среды в гальваническом производстве.....	393
Шилкина И.А. Расчет приземных концентраций компонентов выбросов, поступающих в атмосферный воздух от автотранспорта на локальном участке автомагистрали г. Казани.....	395
Шинкарёв К.А. Возможность экологизации синтеза β -дикетонатов одновалентных металлов на базе комбинаторно-графового моделирования методов их получения.....	400
Шкурганова М.А. Цифровая платформа ГЕОМИКС.....	403
Шульц А.М. Использование техногенных отходов в производстве пеногипса	405

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В КИТАЕ: ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

**Абакумова В.П., Баранова Е.А., студенты
Научный руководитель Забродская Н.Г.
Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники, г. Минск**

Статья посвящена применению искусственного интеллекта (ИИ) в экологическом менеджменте малого бизнеса. Рассмотрены ключевые преимущества ИИ в оптимизации использования ресурсов, управлении отходами, мониторинге выбросов и снижении экологических рисков. Особое внимание уделено роли государственной поддержки в стимулировании внедрения ИИ-технологий, способствующих повышению устойчивости и конкурентоспособности малых предприятий.

Ключевые слова: искусственный интеллект, экологический менеджмент, малый бизнес, оптимизация ресурсов, управление отходами.

В современном мире экологические проблемы и изменение климата становятся все более острыми. Технологии искусственного интеллекта (ИИ) играют ключевую роль в поиске решений. Китай, как одна из ведущих стран в области разработки и внедрения ИИ, активно использует айти технологии для достижения экологической устойчивости и борьбы с климатическими изменениями. Благодаря своему масштабному технологическому потенциалу и амбициозным экологическим целям, Китай демонстрирует, как ИИ может стать мощным инструментом для сохранения окружающей среды. Страна планирует достичь углеродной нейтральности к 2060 году, и ИИ играет важную роль в реализации этой цели. Согласно данным Министерства экологии и окружающей среды Китая, к 2025 году страна намерена сократить выбросы углекислого газа на 18% по сравнению с уровнем 2020 года, и ИИ является ключевым элементом этой стратегии.

Одной из ключевых областей применения ИИ в Китае является создание умных городов, которые сочетают в себе высокий уровень технологического развития и экологическую ответственность. Умные города, Шэньчжэнь и Ханчжоу, используют ИИ для оптимизации энергопотребления, управления транспортными потоками и снижения выбросов углекислого газа. Интеллектуальные системы анализируют данные в реальном времени для регулирования работы уличного освещения, управления общественным транспортом и минимизации заторов на дорогах.

В Шэньчжэне, одном из самых технологически продвинутых городов Китая, внедрение ИИ в транспортную систему позволило сократить время в

пути на 30%, снизив выбросы CO₂ на 15%. Повышая качество жизни горожан и значительно сокращая углеродный след, что особенно важно для страны, стремящейся к углеродной нейтральности. К 2030 году Китай планирует увеличить количество умных городов до 500, значительно снизив нагрузку на окружающую среду.

Важным направлением является мониторинг и контроль загрязнения окружающей среды. Китай, долгое время сталкивавшийся с проблемами загрязнения воздуха и воды, сегодня активно внедряет ИИ для анализа данных с датчиков, спутников и дронов. Технологии позволяют отслеживать уровень загрязнения в режиме реального времени, прогнозировать экологические риски и оперативно реагировать на угрозы. В Пекине, где уровень загрязнения воздуха в прошлом часто превышал нормы Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в 5-10 раз, системы на основе ИИ используются для прогнозирования смога и принятия оперативных мер по улучшению качества воздуха. Благодаря этим мерам, уровень PM_{2.5} (мелких частиц, опасных для здоровья) в Пекине снизился на 50% с 2013 года. Уменьшив негативное воздействие на здоровье людей и способствуя выполнению экологических нормативов. К 2025 году Китай планирует установить более 10 000 станций мониторинга воздуха по всей стране, позволяющих более точно контролировать экологическую ситуацию.

Сельское хозяйство, как одна из важнейших отраслей экономики Китая, активно использует ИИ для повышения устойчивости и эффективности. Технологии ИИ помогают фермерам оптимизировать использование воды, удобрений и пестицидов, снижая нагрузку на окружающую среду. В провинции Хэнань, одном из крупнейших сельскохозяйственных регионов Китая, внедрение ИИ сократило использование воды на 20% и удобрений на 15%, увеличив урожайность на 10%. ИИ широко используется для прогнозирования урожайности, мониторинга состояния почвы и предотвращения потерь. Это особенно важно для Китая, где сельское хозяйство сталкивается с такими вызовами, как деградация земель и нехватка водных ресурсов. Внедрение ИИ в аграрном секторе повышает продуктивность и способствует более рациональному использованию природных ресурсов. К 2030 году Китай планирует внедрить ИИ-технологии на 60% сельскохозяйственных угодий, что позволит значительно снизить экологическую нагрузку.

Борьба с изменением климата ИИ играет важную роль. Китай, как один из крупнейших источников выбросов парниковых газов (на его долю приходится около 28% мировых выбросов CO₂), активно развивает технологии ИИ для моделирования климатических изменений и прогнозирования их последствий. Технологии позволяют ученым и политикам лучше понимать сложные климатические процессы и разрабатывать эффективные стратегии по снижению выбросов. ИИ используется для оптимизации работы энергетических систем, увеличивая долю возобновляемых источников энергии и снижая

зависимость от угля. Китай уже является мировым лидером в области солнечной и ветровой энергетики, производя более 35% мировой солнечной энергии. Внедрение ИИ в энергетический сектор повышает эффективность использования возобновляемых источников и снижая выбросы на 10-15% в ближайшие пять лет. К 2030 году Китай планирует увеличить долю возобновляемых источников энергии до 40% в общем энергобалансе страны.

Переработка отходов и создание экономики замкнутого цикла — перспективное направление, демонстрирующий потенциал ИИ. Китай сталкивается с проблемой огромного количества отходов (ежегодно страна производит более 200 миллионов тонн бытовых отходов), внедряет ИИ для автоматизации сортировки мусора и оптимизации процессов переработки. Интеллектуальные системы распознают различные типы материалов, делая переработку экономически выгодной. При внедрении в Шанхае системы автоматической сортировки отходов, эффективность их переработки увеличилась на 25%. ИИ используется для разработки систем замкнутого цикла, позволяющие минимизировать отходы и максимально использовать ресурсы. Это снижает нагрузку на окружающую среду и способствует созданию устойчивой экономической модели. К 2025 году Китай планирует перерабатывать до 60% всех бытовых отходов, значительно сокращая объемы мусора на свалках.

ИИ играет важную роль в формировании экологической политики Китая. Анализ больших объемов данных, связанных с экологией, позволяет правительству принимать более обоснованные и эффективные решения. ИИ используется для оценки воздействия различных проектов на окружающую среду, минимизируя негативные последствия. Технологии ИИ отслеживают выполнение экологических нормативов и выявляя нарушения, делая экологическую политику Китая прозрачной и эффективной. В 2022 году с помощью ИИ выявлено более 10 000 случаев нарушений экологических норм, и взысканных штрафов на сумму более 1 миллиарда юаней (около 140 миллионов долларов). К 2030 году Китай планирует полностью автоматизировать процесс мониторинга экологических норм.

Китай активно использует ИИ для защиты биоразнообразия и восстановления экосистем. В провинции Юньнань, где расположены уникальные природные заповедники, ИИ применяется для мониторинга популяций редких видов животных, таких как гигантские панды и золотистые курносые обезьяны. С помощью дронов и камер с ИИ ученые могут отслеживать перемещения животных, анализировать их поведение и выявлять угрозы для их среды обитания. Это позволяет принимать своевременные меры для защиты биоразнообразия. ИИ используется для восстановления лесов и борьбы с опустыниванием. В северных регионах Китая, где проблема опустынивания стоит особенно остро, ИИ помогает оптимизировать посадку

деревьев и управлять водными ресурсами, что способствует восстановлению экосистем.

Искусственный интеллект становится важным инструментом для достижения экологической устойчивости и борьбы с изменением климата в Китае. От умных городов до сельского хозяйства, от мониторинга загрязнения до переработки отходов — ИИ помогает решать сложные экологические проблемы и создавать более устойчивое будущее. Китай, сочетая свои технологические амбиции с экологическими целями, демонстрирует, как инновации могут стать ключом к сохранению окружающей среды в условиях глобальных вызовов. Согласно прогнозам, к 2030 году Китай планирует сократить выбросы CO₂ на 65% по сравнению с уровнем 2005 года, и ИИ будет играть ключевую роль в достижении этой цели. Благодаря внедрению ИИ, Китай не только улучшает экологическую ситуацию внутри страны, но и вносит значительный вклад в глобальные усилия по борьбе с изменением климата.

Страна активно инвестирует в исследования и разработки, связанные с ИИ и экологией. В 2022 году объем инвестиций в экологические технологии с использованием ИИ превысил 15 миллиардов долларов, свидетельствуя о серьезности намерений страны в этой области. Инвестиции направлены на создание новых технологий, помогающих не только Китаю, но и другим странам мира бороться с экологическими проблемами.

Искусственный интеллект становится неотъемлемой частью экологической стратегии Китая. Его применение в различных сферах, от энергетики до сельского хозяйства, демонстрирует, как технологии могут быть использованы для создания устойчивого будущего. Например, AI оптимизирует потребление энергии в промышленных процессах, снижая выбросы углерода. В сельском хозяйстве интеллектуальные системы активно управляют распределением водными ресурсами и минимизируют использование химических удобрений. Китайский опыт показывает, что сочетание технологических инноваций и экологической ответственности приводит к значительным результатам в борьбе с изменением климата и сохранении окружающей среды.

Литература:

1. Искусственный интеллект на страже экологии // Softline. – 2022. – URL: <https://softline.ru/about/blog/iskusstvennyj-intellekt-na-strazhe-ekologii> (Дата обращения: 14.02.2025).

2. Искусственный интеллект // ESG Альянс. – 2024. – URL: <https://esg-a.ru/uploads/research-file/AI%20for%20Good%20Russia%20Casebook%202024%20RUS-1736508708.pdf> (Дата обращения: 14.02.2025).

3. Экологический менеджмент и искусственный интеллект: перспективы

для малого бизнеса // Журнал устойчивого развития. – 2023. – URL: <https://sustainabilityjournal.ru/articles/eco-management-ai-small-business> (дата обращения: 14.02.2025).

4. Управление искусственным интеллектом в интересах человечества // Организация Объединенных Наций. – 2024. – URL: https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/governing_ai_for_humanity_final_report_ru.pdf (дата обращения: 14.02.2025).

5. Рекомендация об этических аспектах искусственного интеллекта // ЮНЕСКО. – 2021. – URL: https://unesdoc.unesco.org/ark%3A/48223/pf0000380455_rus (дата обращения: 14.02.2025).

6. Роль искусственного интеллекта в повышении предпринимательских компетенций студентов // Балтийский регион. – 2023. – URL: <https://balticregion.kantiana.ru/jour/5397/43385/> (дата обращения: 14.02.2025).

7. Применение ИИ в управлении отходами: опыт Китая // Экология и промышленность. – 2024. – URL: <https://ecoprom.ru/articles/ai-waste-management-china> (дата обращения: 14.02.2025).

8. Цифровизация экологического менеджмента: вызовы и возможности // Инновации и технологии. – 2023. – URL: <https://innovtech.ru/articles/digital-eco-management> (дата обращения: 14.02.2025).

9. Забродская, Н.Г. Экономика малого бизнеса и предпринимательства/ Н.Г. Забродская, В.М. Круглик. - Минск: Амалфея. - 2013. - 288 с.

10. Беляцкая Т.Н. Экономика информационного общества. - учебно-методическое пособие. - БГУИР, 2015. - 222с.

УДК 622.1

ПОСТРОЕНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ "КОММУНАРСКОЕ" С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Адакимчик К.В., Кононенко М.И., учащиеся УО «Национальный детский технопарк»

Научный руководитель Нарыжнова Е.Ю.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Созданная цифровая модель месторождения является важным инструментом для геологического и геотехнического исследования месторождений полезных ископаемых. Цифровая модель мело-мергельных карьеров позволяет лучше понять структуру и свойства месторождения, оптимизировать процессы добычи и обработки полезных ископаемых, а также прогнозировать возможные проблемы или риски при их использовании. Кроме того, цифровая модель может быть использована для принятия решений в области планирования горнодобывающей деятельности.

Ключевые слова: Golden Software Surfer, сеточные файлы, контурные карты, 3d карты, векторные карты

Работа над созданием цифровой модели месторождения началась с оцифровки топографического плана части месторождения «Коммунарское» «Коммунары Западные» Могилёвской области (рис.1), с помощью геоинформационной системы Golden Software Surfer.

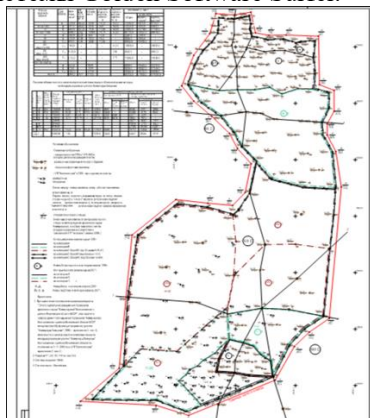


Рисунок 1 – Топоплан месторождения «Коммунарское» участок «Коммунары Западные»

Далее с помощью команды *Map – Digitize*, происходит снятие координат всех скважин (рис. 2).

Имея первоначальные данные, можно создать карту исходных данных (*Post Map*). (рис. 3).

Для того, чтобы получить общую карту месторождения с данными, создали ещё 6 карт исходных данных по «Z», «*m_{вскр}*», «*нм*», «*вм*», «*ум*» «*№ скв.*», после чего объединили и получили нужную нам карту (рис. 4)

Следующим шагом необходимо сделать оконтуривание месторождения. Для этого используется команда *Map→Digitize* и обходим по крайним скважинам месторождения. С помощью команд *File→Save as* сохраняем файл под названием «Контур месторождения». Далее выносим на карту границу месторождения, с помощью команды *Map→Add→Base Layer* (необходимо выбрать файл «Граница месторождения.blp»)

Построение сети – это создание регулярного массива значений *Z*-координат узловых точек по нерегулярному массиву (*X, Y, Z*)-координат исходных точек.

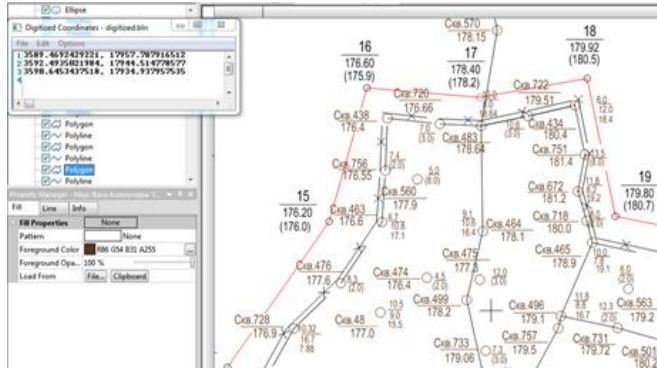


Рисунок 2 – Оцифровка скважин

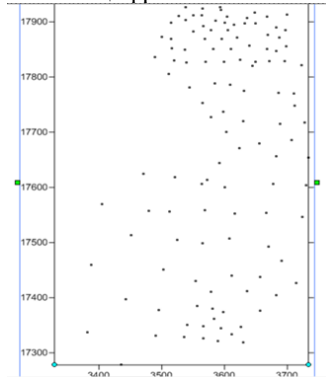


Рисунок 3 – Карта Post Map

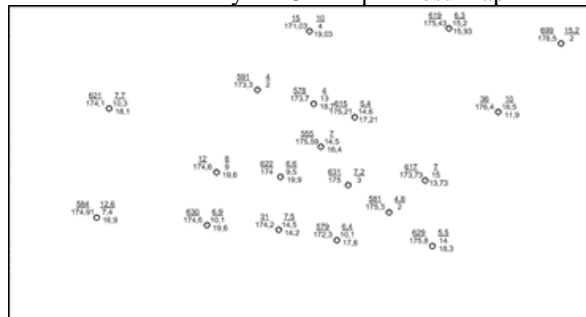


Рисунок 4 – Общая карта Post Map

Для того, чтобы создать сеточный файл с помощью команды Grid → Data необходимо выбрать нужный файл (таблицу «Исходные данные»), после чего появляется окно со свойствами, в котором в графе Gridding Method выбирается нужный метод. Далее необходимо проверить соответствие значений X и Y, а

для значения Z – выбирается необходимом значения для построения, т.е. абсолютную отметку, отметка кровли либо дн карьера. Обязательно меняем лимиты. Для построения использовали метод Kriging (рис. 5)

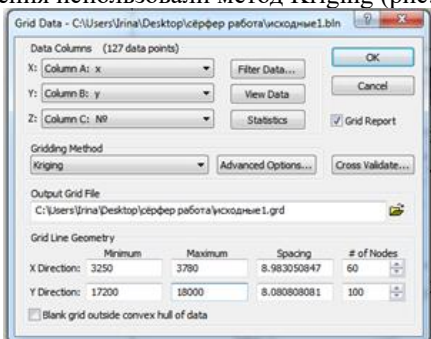


Рисунок 5 – Создание сеточных файлов

После создания сеточного файла можно приступать к непосредственному моделированию месторождения. На его основе создаются карты изолиний, а также рассчитывается объемы заданных областей.

Для создания контурных карт используется команда Map→New→Contour Map. Для лучшей наглядности необходимо отредактировать первоначально созданную карту(рис.6)

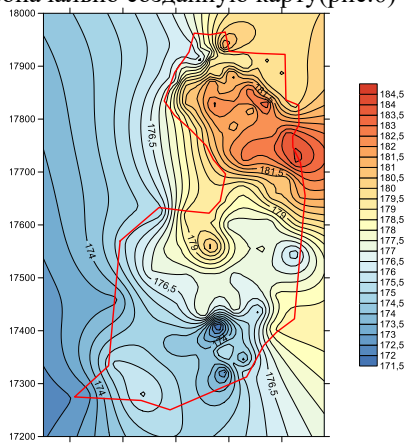


Рисунок 6 – Контурная карта

Далее создаём каркасную карту для качественного трехмерного моделирования поверхности. Создаём карту с помощью команды Map - New - 3D Wireframe.

После создания контурной карты, каркасной карты, общей карты Post Map, объединяем их в общую цифровую модель месторождения (рис. 7).

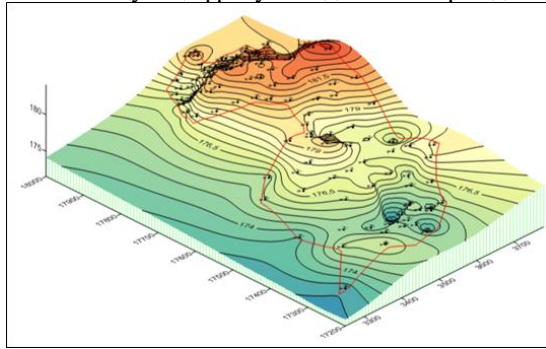


Рисунок 7 – Объединённая карта месторождения

Также мы сделали векторную карту для того, чтобы удостовериться в правильности создания 3д карты, для создания векторной карты использовали команду Map – New – Vector Map (рис. 8)

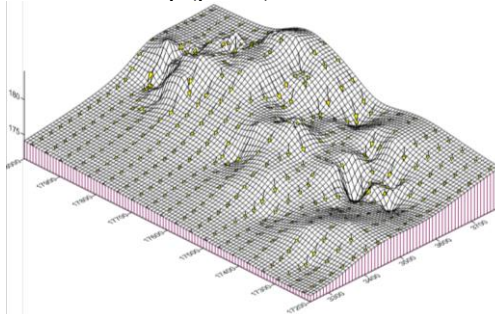


Рисунок 8 – векторная карта месторождения

Созданная цифровая модель может быть использована для решения целого ряда значимых задач рационального использования природных ресурсов, таких как определение точных объемов вскрышных пород, расчет потерь полезного ископаемого, выбор оптимального варианта вскрытия месторождения и дальнейшего введения горных работ, а также выбор наиболее рационального способа рекультивации.

Литература:

Оника, С. Г. Геоинформационные системы в горном деле : электронный учебно-методический комплекс [Электронный ресурс] / С. Г. Оника, Е. Ю. Нарыжнова, Е. В. Бильдюк. – Минск : БНТУ, 2023. – Режим доступа : <https://rep.bntu.by/handle/data/130179>. – Дата доступа: 02.04.2025.

УДК 504.064

РАСЧЕТ ВОЗМОЖНЫХ ВКЛАДОВ ИСТОЧНИКОВ В НАРУШЕНИЯ НОРМАТИВОВ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Акчурина А.Р., магистр

Научный руководитель Галимова А.Р.,

*ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ, Россия, г. Казань*

Научный руководитель Шагидуллин А.Р.,

*Институт проблем экологии и недропользования Академии Наук Республики
Татарстан, Россия, г. Казань*

В работе представлены результаты расчета возможных вкладов источников загрязнения атмосферы в формирование концентраций загрязняющих веществ, превышающих нормативы качества атмосферного воздуха, с использованием программного обеспечения УПРЗА «Эколог-Город».

Ключевые слова: загрязнение воздуха, норматив качества воздуха, вклад предприятия, расчет рассеивания.

Состояние атмосферного воздуха относится к числу приоритетных факторов, влияющих на здоровье населения. В Республике Татарстан в 2022 г. контроль за качеством атмосферного воздуха осуществлялся в 77 мониторинговых точках и постах наблюдения (в 43 мониторинговых точках Управления, 18 постах наблюдения ФГБУ «Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» Республики Татарстан, 16 мониторинговых точках Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан). В 2022 году доля проб атмосферного воздуха городских поселений с превышением гигиенических нормативов в среднем по Республике Татарстан осталась на уровне 2021 года и составил 0,86 %, в сельских поселениях значения данного показателя составило 0,32 %.

По данным лабораторных исследований в 2022 году по сравнению с 2021 годом отмечено увеличение процента проб с превышением гигиенических нормативов по атмосферному воздуху. В структуре общего количества проб воздуха, не соответствующих гигиеническим требованиям, в 2022 г. наибольший объем приходился на диоксид азота (31,4%), сажу (23,0%), оксид углерода (19,5%), взвешенные вещества (14,6%), РМ10 (3,4%), РМ2,5 (3,4%), аммиак (2,09%), метан (0,7%), формальдегид (0,7%), углеводороды алифатические предельные (0,7%) (рисунок 1).

В зоне влияния промышленных предприятий в 2022 г. удельный вес проб атмосферного воздуха, не соответствующих гигиеническим требованиям, составил 0,24%, что на уровне 2020г. (0,2%). Превышения средних республиканских значений в подфакельных и маршрутных исследованиях

атмосферного воздуха наблюдались в Лениногорском, Бугульминском, Зеленодольском, Нижнекамском, Менделеевском, Ютазинском районах.

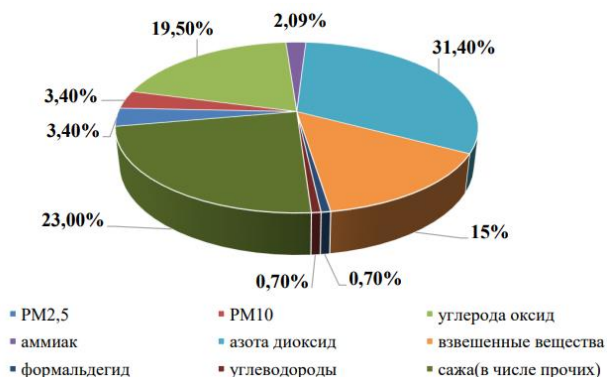


Рисунок 1 – Удельный вес проб атмосферного воздуха городских поселений с превышением ПДК м.р. (%)

За исследуемый период (01.01.2023–31.12.2023) автоматической станцией контроля загрязнения атмосферы (АСКЗА) были зафиксированы следующие факты нарушения нормативов качества атмосферного воздуха, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Факты превышений загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

Вещество	ПДК, мг/м ³	Значение, мг/м ³	Кратность превышения, доли ПДК	Направление ветра	Скорость ветра
Азота оксид (NO)	0,4	0,545	1,36	219	0,1
Азота оксид (NO)	0,4	0,739	1,85	272	0
Азота оксид (NO)	0,4	0,682	1,57	39	1,2
Дигидросульфид (H ₂ S)	0,008	0,028	3,5	305	0,1
Оксид углерода (CO)	5	8,4	1,68	58	0,5

По факту зафиксированных превышений для веществ, представленных в таблице 1, были произведены расчеты возможных вкладов источников. Для проведения расчетов рассеивания загрязняющих веществ использовалось специализированное программное обеспечение УПРЗА «Эколог-Город», вер.

4.60. Программа реализует «Методы расчета рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» (утверждены приказом Минприроды РФ №273 от 06.06.2017). Для проведения расчетов рассеивания загрязняющих веществ в программе скорость ветра принимаем равной 0,5 м/с. иже в таблицах 2-4 приведен перечень предприятий и их вклад в выброс оксида азота, дигидросульфида и оксида углерода.

Таблица 2 – Результаты расчета вклада предприятий в выброс оксида азота

Предприятие	Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК	Вклад %
Дороги	0	0	283	0,0384	33,86
Дороги	0	0	284	0,0323	28,44
Дороги	0	0	100	0,0058	5,07
Дороги	0	0	540	0,0028	2,46
Дороги	0	0	544	0,0022	1,95
Дороги	0	0	537	0,0018	1,63
МУП «Водоканал»	4	1	6001	0,0016	1,43
Дороги	0	0	286	0,0016	1,41
Дороги	0	0	534	0,0015	1,28
Дороги	0	0	538	0,0013	1,10

Таблица 3 – Результаты расчета вклада предприятий в выброс оксида углерода

Предприятие	Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК	Вклад %
Дороги	0	0	316	0,0049	8,73
Дороги	0	0	202	0,0043	7,59
Дороги	0	0	320	0,0040	7,00
СЗ “Завод ЖБИ-3”	1	1	6049	0,0017	3,02
Дороги	0	0	315	0,0016	2,76
Дороги	0	0	301	0,0013	2,22
ПО «Казэнерго»	63	63	50	0,0011	1,90
Дороги	0	0	302	0,0010	1,84
Дороги	0	0	405	0,0008	1,38
Дороги	0	0	767	0,0007	1,32

Таблица 4 – Результаты расчета вклада предприятий в выброс дигидросульфида

Предприятие	Площадка	Цех	Источник	Вклад в д. ПДК	Вклад %
Филиал «Казаньнефтепродукт» АО ХК «Татнефтепродукт»	38	1	6001	0,0005	10,04
ФКП «Государственный научно-исследовательский институт химических продуктов»	1	2	9	0,0005	9,54
АЗС ООО «Автодорстрой»/ООО "ТАИФ-НК АЗС"	1	35	6001	0,0003	6,12
АО «Сафьян»	2	9	6010	0,0003	4,95
МУП «Водоканал»	7	23	1	0,0002	3,29
Филиал АО «ТГК-16» «Казанская Теплоэлектроцентраль № 3»	1	10	6034	0,0002	3,27
	1	10	6035	0,0002	3,22
	1	10	6032	0,0002	3,03
ООО «Татнефть – АЗС Центр», Казанский филиал	5	3	6016	0,0001	2,58
МУП «Водоканал»	7	13	1	0,0001	2,29

По данным расчета основным вкладчиком в формирование повышенных концентраций оксида азота и оксида углерода, по адресу нахождения АСКЗА, является автотранспорт. Основным вкладчиком в формирование повышенного содержания дигидросульфида являются промышленные предприятия города.

Литература:

1. Сулейманов, И. Ф. Расчет загрязнения воздушного бассейна города промышленными предприятиями и автотранспортом / И. Ф. Сулейманов, Г. В. Маврин, Д. А. Харлямов // Экология промышленного производства. – 2011. – № 3. – С. 14-18.

2. Фадова, А. А. Оценка качества атмосферного воздуха района размещения основной площадки Акционерного общества "Интер РАО - Электрогенерация" / А. А. Фадова, Г. В. Кучерик, Е. В. Заблочкая // Энергетические установки и технологии. – 2020. – Т. 6, № 2. – С. 138-145.

3. Шагидуллин А.Р., Тунакова Ю.А., Шагидуллин Р.Р. и др. Оценка уровня загрязнения воздушного бассейна г. Казани выбросами стационарных и передвижных источников загрязнения (сообщение 1) // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 8. С. 231-233.

**РАСЧЕТ ПРИЗЕМНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ КОМПОНЕНТОВ
ВЫБРОСОВ, ПОСТУПАЮЩИХ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ОТ
АВТОТРАНСПОРТА НА УЧАСТКЕ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ
УЛИЦЫ НУРСУЛТАНА НАЗАРБАЕВА Г.КАЗАНИ**

**Алтыбаева Ш., бакалавр,
Научный руководитель Шагидуллин А.Р.,
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ» (г. Казань)
Институт проблем экологии и недропользования Академии наук
Республики Татарстан**

В настоящей статье приведены результаты расчета уровней загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта для участка улицы Нурсултана Назарбаева в г. Казани. Проведены расчеты ожидаемых максимальных разовых концентраций на прилегающих к автодороге территориях.

Ключевые слова: автотранспорт, выбросы в атмосферу, загрязняющие вещества, выхлопные газы, максимальная разовая концентрация.

Введение. По данным ФГБУ «УГМС Республики Татарстан» уровень загрязнения атмосферы г. Казани в 2023 г. характеризовался как «высокий». В целях снижения негативного воздействия автотранспорта на состояние атмосферного воздуха специалистами Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан, совместно с Управлением государственной инспекции безопасности дорожного движения МВД по Республике Татарстан в 2023 г. проводилась операция «Чистый воздух», направленная на усиление государственного надзора за соблюдением установленных нормативов выбросов загрязняющих веществ в отработанных газах автотранспортных средств [1]. Для снижения выбросов в атмосферный воздух от автотранспортных средств, с целью расширения охвата территории мониторинговыми исследованиями, необходимо развитие расчетного мониторинга загрязнения атмосферного воздуха [2-3]. В рамках настоящего исследования была поставлена задача определения уровня загрязнения воздуха выбросами автотранспорта, участвующего в дорожном движении на участке ул. Нурсултана Назарбаева (от ул. Хади Такташа до ул. Марселя Салимжанова) в г.Казань.

Методы исследования. Для определения количества выбросов вредных веществ, поступающих на том или ином участке улично-дорожной сети с выхлопами автотранспорта, используется «Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха» [4],

разработанная для выполнения инвентаризации выбросов при проведении сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха.

Согласно данной методике, определение выбросов основывается на данных наблюдений за интенсивностью движения автотранспорта (количеством проездов за установленный временной промежуток в 20 мин) с выделением 5 отдельных категорий: легковые автомобили, автофургоны и микроавтобусы массой до 3,5 тонн, грузовые автомобили от 3,5 до 12 тонн, грузовые автомобили свыше 12 тонн, автобусы более 3,5 тонн.

Для определения максимальных разовых концентраций вредных веществ наблюдения проводятся в периоды максимальной транспортной нагрузки.

Следующим этапом, на основе полученных данных наблюдений, с учетом представленных в методике пробеговых выбросов (удельных значений выбросов загрязняющих веществ на единицу длины автодороги для каждой категории транспорта) и протяженности исследуемого участка пути, проводится расчет количества выбрасываемых загрязняющих веществ.

Методика позволяет рассчитывать выбросы для следующих вредных веществ (групп веществ): углерода оксид (CO), азота оксид (NO), азота диоксид (NO₂), взвешенные мелкодисперсные частицы PM_{2,5}, бензин, керосин, серы диоксид (SO₂), формальдегид (CH₂O), бензапирен (C₂₀H₁₂), установлены только среднегодовые ПДК), метан (CH₄).

Дальнейшим этапом является проведение расчета рассеивания загрязняющих атмосферный воздух веществ, который позволяет собственно установить ожидаемые концентрации вредных веществ, формируемых на прилегающих к автодороге территориях выбросами автотранспорта.

Расчеты рассеивания проводились с использованием программного обеспечения УПРЗА «Эколог» (4.70). Программа реализует методику расчета рассеивания загрязняющих веществ [5]. Расчеты выполнялись с полным перебором метеорологических условий в пределах климатической характеристики г.Казань для определения максимальных разовых концентраций. Таким образом, дальнейшие результаты детализированы для веществ, имеющих установленные максимальные разовые предельно допустимые концентрации [6].

После изучения расположения исследуемого участка дороги и находящейся под его влиянием городской застройки, были определены параметры расчетной сетки для проведения расчетов распределения концентраций (полей концентраций). Расчеты проводились для прямоугольника 500*500 м. Шаг расчетной сетки выбран равным 20 м. Также были определены характерные точки размещения ближайших к проезжей части строений. Расчеты проводились с детализацией максимальных концентраций в точках, указанных в табл. 1. на высоте 2 метра от поверхности земли.

Таблица 1 - Расчетные точки для детализации максимальных разовых концентраций

Код	Координаты в системе координат МСК-16 (зона 2), м		Комментарий
	X	Y	
1	1306402,50	473617,50	Многоквартирный жилой дом, ул. Нурсултана Назарбаева 45
2	1306437,50	473650,00	Многоквартирный жилой дом, ул. Нурсултана Назарбаева 43
3	1306391,50	473775,00	Многоквартирный жилой дом, ул. Нурсултана Назарбаева 70
4	1306470,50	473795,00	Многоквартирный жилой дом, ул. Нурсултана Назарбаева 66
5	1306536,00	473707,00	Многоквартирный жилой дом, ул. Нурсултана Назарбаева 41
6	1306549,50	473810,00	Многоквартирный жилой дом, ул. Нурсултана Назарбаева 60
7	1306857,50	474216,50	Многоквартирный жилой дом, ул. Нурсултана Назарбаева 12в
8	1306983,50	474168,50	Многоквартирный жилой дом, ул. Нурсултана Назарбаева 21
9	1307029,00	474245,50	Многоквартирный жилой дом, ул. Нурсултана Назарбаева 15
10	1306934,50	474306,00	Многоквартирный жилой дом, ул. Нурсултана Назарбаева 10
11	1307057,00	474320,00	Многоквартирный жилой дом, ул. Нурсултана Назарбаева 9
12	1306712,50	473894,00	Многоквартирный жилой дом, ул. Нурсултана Назарбаева 35к1
13	1306549,50	473810,00	Многоквартирный жилой дом, ул. Нурсултана Назарбаева 45
14	1306857,50	474216,50	Многоквартирный жилой дом, ул. Нурсултана Назарбаева 45

Результаты исследования. Полученное в результате расчетов распределение концентраций вредных веществ в выбранных расчетных точках указано в табл. 2. Для оценки степени негативного воздействия полученных абсолютных концентраций вредных веществ использовались установленные максимальные разовые предельно допустимые концентрации. Как можно видеть из табл. 2, ожидаемые максимальные разовые концентрации для

мелкодисперсных частиц PM_{2,5}, азота оксида, серы диоксида, углерода оксида, метана, формальдегида, бензина и керосина не превышают 0,15 ПДК, т.е. 15% от предельно безопасных значений.

Таблица 2 - Распределение концентраций вредных веществ в выбранных расчетных точках

Код вещества	Наименование вещества	Распределение концентраций, доли ПДК	Распределение концентраций, мг/м ³
0010	Взвешенные частицы PM _{2,5}	0,009-0,03	0,0014-0,0045
0301	Азота диоксид (Двуокись азота; пероксид азота)	0,47-1,68	0,0946-0,3342
0304	Азот (II) оксид (Азот монооксид)	0,045-0,14	0,0154-0,0544
0330	Сера диоксид	0,0008-0,003	0,0004-0,0014
0337	Углерода оксид (Углерод окись; углерод моноокись; угарный газ)	0,012-0,04	0,0584-0,2155
0410	Метан	Менее 0,002	0,0021-0,0077
1325	Формальдегид (Муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид)	0,002-0,006	0,0001-0,0003
2704	Бензин (нефтяной, малосернистый) (в пересчете на углерод)	0,003-0,01	0,0124-0,0476
2732	Керосин (Керосин прямой перегонки; керосин дезодорированный)	0,004-0,02	0,0042-0,0131
6204	Азота диоксид, серы диоксид	0,23-1,05	-

Код расчета: 0301 (Азота диоксид (Двуокись азота; пероксид азота))

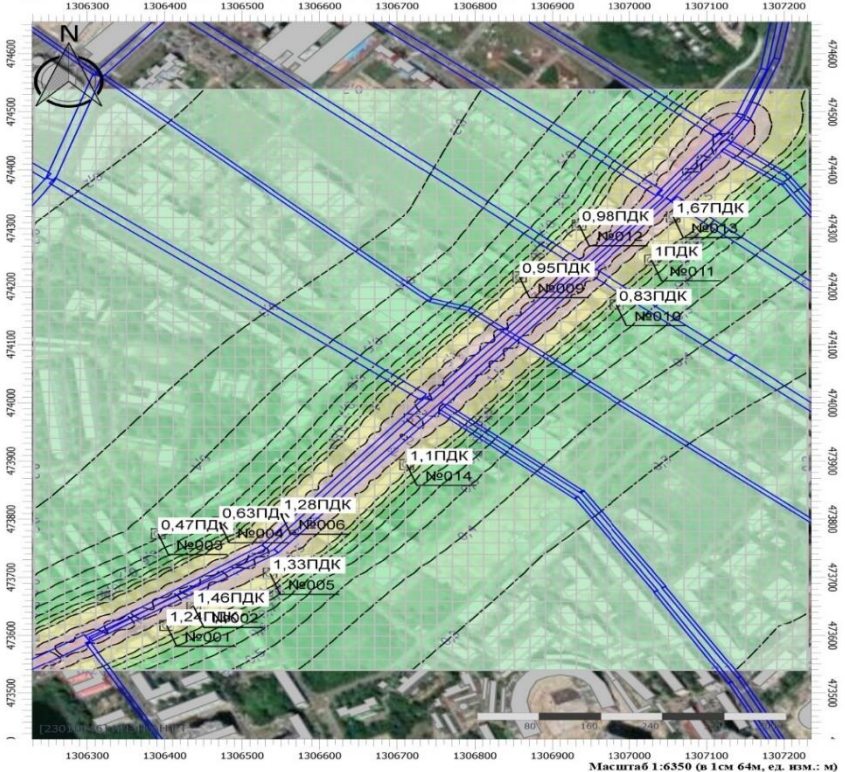


Рис. 1. Поля максимальных концентраций диоксида азота

Для группы 6204 из двух веществ (азота диоксид, серы диоксид) с суммацией вредного воздействия приведенные концентрации составляют значения до 1,05 ПДК, что превышает предельно безопасные значения на 5%. Максимальные из полученных значений наблюдаются для диоксида азота. По данному веществу приземные концентрации в часы наиболее интенсивного движения транспорта и неблагоприятных для рассеивания метеорологических условий могут достигать 1,7 ПДК. Полученные поля приземных концентраций для диоксида азота и суммации 6204 представлены на рис.1, 2.



Рис.2. Поля максимальных концентраций суммы 6204

Выводы. Таким образом, в зависимости от интенсивности движения транспорта на участках улично-дорожной сети и сложившейся застройки на прилегающих к автодорогам территориях, при неблагоприятных условиях автотранспорт может формировать высокие концентрации вредных веществ [4]. Следовательно, загрязнение городского воздуха выбросами автотранспорта на наиболее напряженных участках должно подлежать систематическому контролю.

Литература:

1. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2023 году». Режим доступа: https://eco.tatarstan.ru/file/pub/pub_4211473.pdf
2. Шагидуллин А.Р., Тунакова Ю.А., Шагидуллин Р.Р., Кузнецова О.Н. Оценка уровня загрязнения воздушного бассейна г.Казани выбросами стационарных и передвижных источников загрязнения (Сообщение 1) // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 8. С. 231-233.

3.Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Новикова С.В., Шмакова Ю.А. Оценка вероятности превышения приземных концентраций примесей в зонах действия полимерных производств (на примере г. Нижнекамска) Сообщение 1// Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 16. С. 111-114.

4. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха (утверждена приказом Минприроды России от 27 ноября 2019 года № 804)

5. Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе (утверждены приказом Минприроды России от 06.06.2017 № 273)

6. Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 №2).

УДК 621.355.5

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Арещенко А.А., студент

***Научный руководитель Лабусова В.В., преподаватель
Белорусский национальный технический университет***

Данная статья посвящена изучению метода электрокоагуляции для очистки сточных вод, особенно эффективного для удаления хрома. Электролитическое производство не только требует существенных объемов воды, но и приводит к генерации значительных объемов отработанной воды. В ходе нанесения электролитических покрытий происходит загрязнение воды разнообразными веществами, прежде всего ионами тяжелых металлов.

Ключевые слова: электрокоагуляция, сточные воды, тяжелые металлы, хром

Нанесение гальванических покрытий на металлические изделия один из популярных способов защиты, но также является крупным источником загрязнения водных ресурсов. Отходы гальванических производств содержат не только тяжелые металлы, но и огромное количество щелочных и кислотных веществ.

По степени воздействия на водные объекты, сточные воды от гальваники делятся на три типа:

- цианидные (от промывки после цианирования),
- хромосодержащие (после хромирования)
- кислотнo-щелочные (после травления или обезжиривания).

Загрязняющие компоненты в растворах классифицируются как дисперсные системы, высокомолекулярные соединения, растворенные соли, кислоты, щелочи и электролиты.

Для очистки хромосодержащих стоков часто применяют электрокоагуляцию. Этот метод подразумевает прохождение воды через электрическое поле, создаваемое электродами. В процессе происходят электролиз, поляризация, электрофорез, окислительно-восстановительные реакции. Используются как растворимые электроды (железо, алюминий), так и нерастворимые (титан, диоксид свинца), выбор которых зависит от стабильности образующихся загрязнителей.

Растворимые электроды предпочтительны при высокой устойчивости загрязнений и необходимости большого расхода коагулянта. При электролизе стальных анодов образуются ионы железа, которые восстанавливают шестивалентный хром до менее опасного, трехвалентного. Катионы металлов реагируют с гидроксильными группами, формируя гидроксиды и способствуя коагуляции.

Электрокоагуляция эффективна при концентрации шестивалентного хрома менее 150 мг/л и солесодержании более 300 мг/л. Метод позволяет достичь высокой степени очистки от тяжелых металлов при минимальном расходе энергии и железа.

При очистке общих стоков гальванических производств, где хром шестивалентный преобладает над другими тяжелыми металлами, достигается высокая эффективность удаления всех этих металлов. При этом затраты электроэнергии и металлического железа минимальны, также нет необходимости предварительной корректировки pH до уровня, оптимального для осаждения гидроксидов тяжелых металлов.

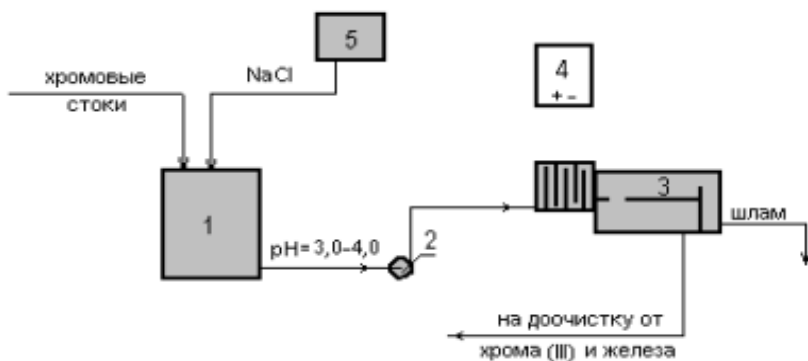
На эффективность электрокоагуляции влияют материал и расстояние между электродами, скорость потока, температура и состав сточной воды, а также напряжение и плотность тока. Превышение концентрации взвешенных веществ 100 мг/л снижает эффективность процесса. Уменьшение расстояния между электродами позволяет снизить энергозатраты на растворение металла. Теоретический расход энергии составляет 2,9 Вт·ч на грамм железа и 12 Вт·ч на грамм алюминия. Рекомендуется проводить процесс в нейтральной или слабощелочной среде при плотности тока не более 10 А/м² и расстоянии между электродами до 20 мм.

Преимущества электрокоагуляции включают компактность оборудования, простоту управления, отсутствие необходимости в химических реагентах и получение шлама с улучшенными характеристиками. Недостатком является значительный расход металла и электроэнергии.

Широко применяются безнапорные пластинчатые электрокоагуляторы с горизонтальным или вертикальным направлением движения жидкости, одно-

или многосекционные. В многосекционных аппаратах вода одновременно проходит между всеми электродами, в односекционных – последовательно, что уменьшает пассивацию электродов. Скорость потока в односекционных электрокоагуляторах в $(n-1)$ раз выше, чем в многосекционных при одинаковой производительности (n – число электродов).

Принципиальная схема электрокоагуляционной очистки включает вертикальный пластинчатый электролизер с подачей воды снизу вверх и осветлитель.



1 – накопитель хромосодержащих стоков; 2 – насос; 3 – электрокоагулятор; 4 – выпрямитель; 5 – дозатор раствора хлорида натрия

Рисунок 1 – Принципиальная схема электрокоагуляционной очистки

Таким образом, электрокоагуляционным методом возможно получать воду достаточно высокой степени очистки, что позволяет возвращать ее в цикл для нанесения гальванического покрытия и не только экономить чистую воду, но и предотвращать загрязнение гидросферу таким токсичным тяжелым металлом как хром.

Литература:

1. Виноградов, С.С. Организация гальванического производства / С.С. Виноградов – Минск, 2015. – 478 с.

2. Когановский А.М. Очистка и использование промышленных сточных вод в промышленном водоснабжении / А. М. Когановский, Н. А. Клименко. М.: Химия, 2017. 287 с.

3. Колесников, В.А. Экология и ресурсосбережение в электрохимических производствах. Механические и физико-химические методы очистки сточных вод / В. А. Колесников, В. И. Ильин. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2015. – 220 с.

4. Колесников, В.А. Ресурсосбережение и экологическая безопасность электрохимических производств. Очистка промывных и сточных вод в гальванотехнике и производстве печатных плат / В. А. Колесников, В. И. Ильин, В. А. Бродский. — М. : ИЦ РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2015. – 172 с.

УДК 543.6

КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ ФЕНОЛА В СТОЧНЫХ ВОДАХ МЕТОДОМ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Ащеулова М.С., магистрант

Научный руководитель Мальцева С. А., Григорьева И.Г.

***Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ, Россия***

Предложен метод контроля содержания фенола в сточных водах фенолформальдегидного производства. Согласно методике измерений массовой концентрации фенола в пробах питьевых и сточных вод методом газожидкостной хроматографии произведен анализ пробы воды, приведены результаты измерений. Обоснована технологическая схема очистки сточных вод фенолформальдегидного производства.

Ключевые слова: фенолформальдегидное производство, газожидкостная хроматография, фенол, ПДК

Производство фенолформальдегидной смолы является химическим производством. Согласно Постановлению Правительства РФ от 31.12.2020 N2398 (ред. От 07.10.2021) «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» фенолформальдегидное производство относится к объектам I категории, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду и относящихся к области применения наилучших доступных технологий (НДТ).

Для получения фенолформальдегидной смолы в качестве исходного сырья используется фенол и формальдегид (формалин), получаемые по технологиям согласно справочнику по наилучшим доступным технологиям ИТС 18-2023 [1], а также щелочной катализатор (NaOH), вода.

Технология получения фенолформальдегидной смолы описана на схеме (рис. 1).

СанПиН 2.1.3684-21 предписывает хозяйствующим субъектам осуществлять производственный контроль качества воды [2].

Сточные воды составляют реакционная вода, вводимая в процесс с формальдегидом, едким натром или другими катализаторами, вода со стадии отделения надсмольной воды от смолы и сушки (конденсаты), а также от мойки аппаратуры и полов. Кроме того, образуется значительное количество воды, не

требующее специальной очистки (от охлаждения аппаратуры) К основным загрязняющим веществам в сточной воде производства фенолформальдегидной смолы относятся фенол, а также формальдегид, метиловый спирт, смола (таблица 1).

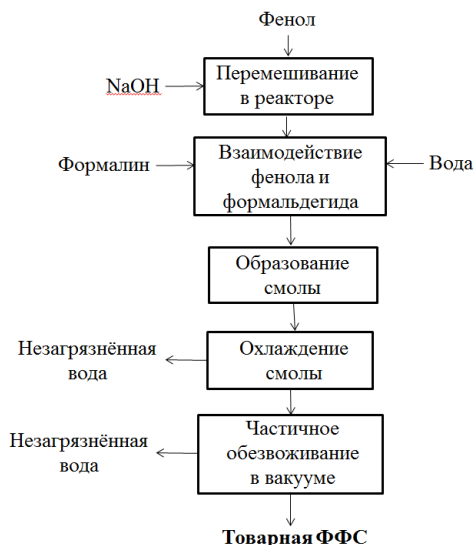


Рисунок 1 - Технология получения фенолформальдегидной смолы

Метод газовой хроматографии используется для разделения летучих соединений. Это газообразные, жидкие и твердые вещества с молекулярной массой менее 400, удовлетворяющие определенным требованиям, главные из которых – летучесть, термостабильность, инертность и легкость получения [3].

Газожидкостная хроматография подразумевает под собой процесс прохождения анализируемых веществ в парообразном состоянии с потоком газа-носителя через колонку с неподвижной жидкой фазой, нанесенной на твердый носитель. В колонке многократно повторяются процессы сорбции-десорбции, поэтому компоненты постоянно перераспределяются между фазами и разделяются. Поток газа-носителя, содержащий десорбированное вещество проходит через детектор, который регистрирует сигнал и фиксирует его в виде хроматографических пиков (кривой элюирования).

Метод газовой хроматографии имеет широкое использование (44% относительно других видов методов хроматографии), поскольку довольно значительно количество стандартизованных методик выполнения измерений. Это свидетельствует о том, что отечественное приборостроение развивается.

Таблица 1 – Концентрации ЗВ в сточных водах предприятия по производству ФФС

Компоненты	Концентрация, г/л	ПДК, мг/л	Концентрация в долях ПДК
Фенолы	2,5 – 5,0	0,001	2,5-5 ПДК
Формальдегид	1,5 – 4,0	0,05	0,03-0,08 ПДК
Метиловый спирт	2,0 – 7,0	0,1	0,02-0,07 ПДК
Смола	0,1 – 2,3	0,05	0,002-0,046 ПДК

Контроль за содержанием органических веществ в воде осуществляется согласно методике ПНД Ф 14.1:2:4.177-02 «Методика измерений массовой концентрации фенола в пробах питьевых и сточных вод методом газожидкостной хроматографии». Методика предназначена для измерения массовой концентрации фенола в пробах питьевых, природных и сточных вод методом газожидкостной хроматографии в диапазоне измерений от 0,5 до 200 мкг/дм³ без предварительного разбавления и концентрирования [4].

Метод измерений включает в себя бромирование фенола в слабокислой среде, восстановление непрореагировавшего брома раствором сернистой кислоты, экстракцию образовавшегося трибромфенола гексаном, с последующим определением фенола в виде трибромфенола в гексановом экстракте методом газожидкостной хроматографии на хроматографе «Хроматэк-Кристалл-5000» с использованием электрозахватного детектора (ЭЗД). Согласно данной методике произведены измерения массовой концентрации фенола в сточной воде (рис.2).

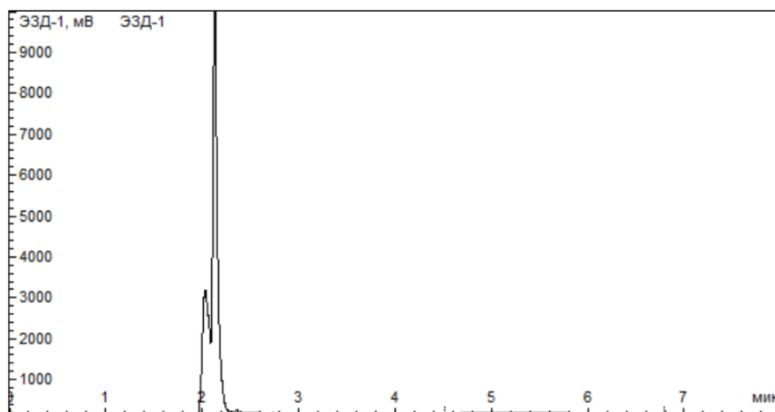


Рисунок 2 – Хроматограмма измерения фенола в сточной воде

Полученное значение массовой концентрации фенола составляет $C = 0,009$ мг/л, что превышает ПДК в 9 раз (ПДКфенола = 0,001 мг/л) и является основанием для принятия решений для инженерной защиты гидросферы.

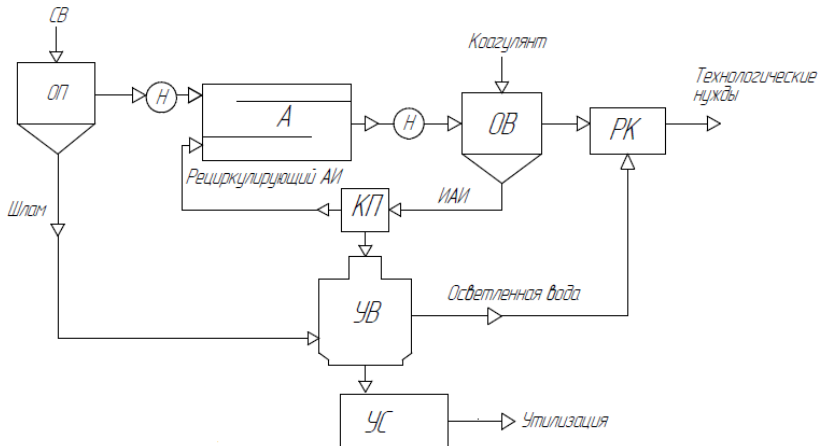
Результаты измерения приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты измерений

Компонент	Площадь, мм ²	Концентрация, мкг/л	Детектор
Фенол	1462,053	9,249	ЭЗД

Предложена технологическая схема биохимической очистки сточных вод фенолформальдегидного производства (рис.3), включающая первичное отстаивание, аэробное окисление в аэротенке, вторичное отстаивание, обеззараживание в контактном резервуаре. Очищенная вода поступает на технологические нужды.

Хроматографический метод выбран для мониторинга содержания органических соединений в стоках фенолформальдегидного производства и контроля эффективности биохимической очистки сточных вод, что совместно с управленческими решениями способствует минимизации негативного воздействия производства на гидросферу.



ОП – отстойник первичный; Н – насос; А – аэротенк; ОВ – отстойник вторичный; РК – резервуар контактный; КП – камера приемная; УВ – устройство вибрационное; УС – установка сушильная.

Рисунок 3 – Технологическая схема биохимической очистки сточных вод от фенола

Литература:

1. ИТС НДТ 18 – 2023 Производство основных органических химических веществ
2. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий»: постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 №3 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 1993
3. Павленко А.А. Газовая хроматография как метод контроля экологической безопасности объектов окружающей среды // CyberLeninka. 2023. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gazovaya-hromatografiya-kak-metod-kontrolya-ekologicheskoy-bezopasnosti-obektov-okruzhayushey-sredy/viewer> (дата обращения: 26.03.2025).
4. ПНД Ф 14.1:2:4.177-02. Методика измерений массовой концентрации фенола в пробах питьевых и сточных вод методом газожидкостной хроматографии. – 20 с.
5. Ащеулова, М.С. Разработка технологической схемы биохимической очистки сточных вод химического предприятия. / М. С. Ащеулова, С. А. Мальцева. // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Наследие В.И. Вернадского и современные проблемы экологии» (г. Казань, 22 апреля 2024 г.). – Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2024. – С. 153-158.

УДК 621.355.5

ТВЕРДЫЕ БЫТОВЫЕ ОТХОДЫ: МОНИТОРИНГ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА

Барбарич Е.В., Медведева А.Н. студенты

Научный руководитель Кляусова Ю.В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В статье рассматриваются современные методы мониторинга твердых бытовых отходов (ТБО) и подходы к обеспечению их качества в системе управления отходами. Анализируются технологии учета, контроля и переработки ТБО. Особое внимание уделяется методологическим подходам к оценке качества вторичного сырья и его соответствия международным стандартам.

Ключевые слова: ТБО, мониторинг отходов, управление отходами, переработка, качество отходов, экологический контроль, качество вторичного сырья, циркулярная экономика.

Введение.

Твердые бытовые отходы (ТБО) представляют собой одну из наиболее актуальных экологических проблем современности. Рост объемов образования отходов, неэффективная система их утилизации и низкий уровень переработки приводят к загрязнению окружающей среды и потере ценных ресурсов. В связи с этим особую значимость приобретают вопросы мониторинга ТБО и обеспечения их качества для дальнейшей переработки.

По данным Всемирного банка, ежегодно в мире образуется около 2,01 млрд тонн ТБО, причем к 2050 году этот показатель может увеличиться на 70%. В Беларуси, в 2023 году образовалось около 4 млн тонн ТБО, из которых перерабатывается менее 20%.

Цель данной статьи – рассмотреть современные методы мониторинга ТБО и подходы к повышению качества отходов как вторичного сырья, разработка комплексной методологии мониторинга и обеспечения качества ТБО.

Основная часть.

Мониторинг ТБО включает систему наблюдений, сбора и анализа данных об объемах, составе и движении отходов [1]. Основные методы включают:

- Статистический учет;
- Ведение реестров образования отходов;
- Отчетность предприятий и региональных операторов;
- Использование данных о морфологическом составе ТБО [2].

Дистанционный мониторинг:

- Применение ГИС-технологий для картографирования полигонов;
- Использование дронов и спутниковых снимков для контроля несанкционированных свалок.

Современные технологии первичного учета ТБО включают.

1. Интеллектуальные весовые комплексы:

- Прецизионные платформенные весы с погрешностью $\pm 0,5\%$;
- Системы автоматической идентификации транспортных средств (АВИ);
- Интеграция с ERP-системами предприятий;

2. RFID-технологии:

- Пассивные метки UHF диапазона (860-960 МГц);
- Антенные системы на пунктах приема отходов;
- Средняя точность идентификации - 98,7%;

3. Компьютерное зрение:

- Алгоритмы YOLOv5 для классификации отходов;
- 3D-реконструкция объема отходов в контейнерах;
- Точность определения наполненности - 92-95%;

Современные подходы включают.

1. Прогнозные модели:

- SARIMA-модели для сезонных колебаний;
- LSTM-нейросети для долгосрочного прогнозирования;
- Гибридные модели с точностью 88-93%;

2. Пространственный анализ:

- Методы кригинга для интерполяции данных;
- Hot-spot анализ зон повышенного образования отходов;
- ГИС-моделирование потоков ТБО;

Спутниковые технологии нового поколения.

1. Мультиспектральный анализ:

- Использование данных Sentinel-2 (10-60 м/пиксель);
- Индексы NDVI/NDWI для выявления органики;
- Алгоритмы машинного обучения для классификации свалок.

2. Радарная съемка:

- InSAR-мониторинг деформаций полигонов;
- Радиолокационные снимки Sentinel-1 (С-диапазон);
- Выявление нелегальных свалок в лесных массивах БПЛА-комплексы;

1. Многооторные системы:

- Гиперспектральные камеры (400-1000 нм);
- Лидары с плотностью точек 500 pts/m²;
- Тепловизоры для выявления биогазов.

2. Фиксированнокрылые дроны:

- Автономные маршруты протяженностью 50+ км;
- Оптические системы с разрешением 1 см/пиксель;
- Режим реального времени с передачей по LTE.

Искусственный интеллект в сортировке.

1. Оптические системы:

- NIR-спектроскопия (900-1700 нм);
- CNN-сети для распознавания полимеров;
- Скорость обработки - до 20 объектов/сек;

2. Роботизированные линии:

- Манипуляторы Delta с 6 степенями свободы;
- Системы компьютерного зрения RGB-D;
- Производительность до 4000 циклов/час.

Метрологическое обеспечение.

1. Эталонные методики:

- ГОСТ Р 8.983-2019 для взвешивания;

- ISO 1928:2009 для калориметрии;
- EN 15002:2015 для пробоотбора.

2. Поверочные комплексы:

- Мобильные лаборатории контроля;
- Эталонные образцы состава ТБО;
- Системы верификации данных.

Данные технологии позволяют достичь:

- Снижения погрешности учета до 1,5%;
- Увеличения скорости обработки данных в 7 раз;
- Повышения точности сортировки на 35-40%;
- Сокращения времени реагирования на нарушения [3].

Качество отходов как вторичного сырья зависит от степени их загрязненности, однородности и подготовки к переработке. Основные подходы:

Сортировка и сепарация:

- Ручная и автоматизированная сортировка;
- Использование оптических сепараторов, магнитных и воздушных сепараторов;

Нормативное регулирование;

- ГОСТы и технические условия на вторичное сырье;
- Требования к чистоте фракций (пластик, бумага, стекло).

Просветительская работа с населением

- Раздельный сбор отходов;
- Экопросвещение для снижения загрязнения ТБО [4].

Заключение.

Эффективный мониторинг и контроль качества ТБО являются ключевыми элементами устойчивого управления отходами. Внедрение современных технологий учета, автоматизированных систем сортировки и нормативного регулирования позволяет повысить эффективность переработки и снизить экологическую нагрузку на окружающую среду. Перспективы дальнейших исследований связаны с применением искусственного интеллекта в сортировке отходов и созданием цифровых платформ мониторинга в реальном времени.

Литература:

1. Закон Республики Беларусь" Об обращении с отходами" № 271-3
2. ГОСТ 30772-2001"Ресурсосбережение. Обращение с отходами".
3. Иванов А.В. Современные технологии переработки ТБО. – М.: Экология, 2022.
4. Все о вторичном сырье [Электронный ресурс] / - Режим доступа: <https://datcom.by/vse-o-vtorichnom-syre/> Дата доступа: 20.03.2025

МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ГЛИНОЗЕМНОГО ПРОИЗВОДСТВА – КРАСНОГО ШЛАМА

Басимова И.Ф., магистрант

Научный руководитель Желовицкая А.В.

*Казанский национальный исследовательский технический университет –
Казанский авиационный институт им. А.Н.Туполева, Россия*

Рассмотрены современные методы утилизации отходов глиноземного производства – красного шлама. Рассматриваются возможности его применения в строительстве, металлургии и химической промышленности, а также технологии извлечения ценных компонентов для снижения экологической нагрузки.

Ключевые слова: красный шлам, глиноземное производство, утилизация отходов, вторичное использование

Красный шлам – это опасный отход, образующийся в результате переработки бокситов при производстве алюминия по методу Байера. Он представляет собой густую щелочную суспензию красно-коричневого цвета, содержащую оксиды железа, алюминия, титана, кремния и тяжелые металлы. Основные экологические проблемы, связанные с красным шламом, – его высокий уровень щелочности, токсичность и сложность утилизации [1].

В мире ежегодно образуется десятки миллионов тонн этого отхода, и его накопление в шламохранилищах создает риски для окружающей среды и здоровья людей. Однако современные технологии позволяют перерабатывать красный шлам, превращая его в сырье для промышленности, строительства и металлургии, что делает его ценным вторичным ресурсом [1].

Инновационные технологии переработки красного шлама

Использование в строительной индустрии. Красный шлам применяется в производстве цемента, кирпича, бетонных смесей и дорожных покрытий. В цементной промышленности он заменяет часть клинкера и глины, снижая затраты на сырье и улучшая механические свойства материала. Для изготовления кирпича красный шлам смешивают с глиной и обжигают, получая строительные блоки. В дорожном строительстве он используется в качестве наполнителя для асфальтобетона и подложки под дорожное покрытие, обеспечивая устойчивость к износу [2, 3].

Перспективным направлением является создание геополимерного бетона, который не требует обжига и обладает высокой прочностью и устойчивостью к агрессивным средам. В ходе научных исследований было определено, что наилучшие характеристики геополимерного кирпича

достигаются при введении 30% красного шлама в состав материала. При этом ученые протестировали различные пропорции добавления этого компонента. Геополимеры, полученные из красного шлама, могут заменить традиционный цемент, что сокращает выбросы CO₂ и уменьшает использование природных ресурсов [4].

Извлечение ценных металлов. Красный шлак содержит железо, алюминий, титан, редкоземельные элементы, что делает его ценным источником вторичного сырья. Гидрометаллургические методы, такие как кислотное или щелочное выщелачивание, позволяют извлекать до 95% железа, 70% титана и значительную часть алюминия [5, 6]. Железо перерабатывают в металлургии, а редкоземельные элементы используются в производстве электроники, магнитов и аккумуляторов.

Перспективной технологией является плазменная плавка, при которой красный шлак подвергается воздействию высоких температур, разделяясь на металлическое железо и силикатные шлаки [7].

При восстановительной плавке нейтрализованного красного шлама при 1750°C получают чугуны с высоким содержанием титана, фосфора и марганца, низким содержанием серы и извлечением железа >98%. При этом алюминий переходит в шлак, а титан – в чугун [7]. При снижении температуры плавки в шлаке повышается содержание титана и алюминия.

Металл может быть использован в производстве чугуна и стали, а силикатные шлаки используются в строительстве.

Производство сорбентов и катализаторов. Красный шлак можно перерабатывать в сорбенты для очистки воды и воздуха. Благодаря высокой пористости и содержанию оксидов металлов красный шлак эффективно поглощает тяжелые металлы, нефтепродукты и токсичные соединения [8-12]. Такие сорбенты применяются на очистных сооружениях и в системах фильтрации промышленных выбросов.

Из красного шлама также изготавливают катализаторы для нефтехимической и химической промышленности. Кислотная активация красного шлама значительно повышает его каталитические свойства. Наилучшие результаты достигаются при обработке как разбавленной, так и концентрированной соляной кислотой. Это обусловлено образованием дисперсных гидроксидов металлов, снижением содержания оксидов натрия и кальция, а также увеличением доли оксида железа. Оксиды железа и алюминия, содержащиеся в шламе, обладают каталитическими свойствами и используются в процессах крекинга, гидроочистки топлива и производства химических реагентов [13, 14].

Современные технологии переработки красного шлама позволяют не только уменьшить его накопление, но и получить экономически ценные

материалы, снижая нагрузку на окружающую среду и повышая эффективность использования ресурсов.

Литература:

1. Логинова, И. В. Производство глинозема: учебное пособие / И.В. Логинова, А.В. Кырчиков; под общей редакцией И. В. Логиновой, Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2020. - 224 с.
2. Касенов А.Ж., Тлеулесов А.К., Ахметбек А.Н. Производство бетона из отходов АО «Алюминий Казахстана» // Наука и техника Казахстан, 2018. - №1. - С. 61-76
3. Лебедев А.Б., С.Н. Конкин. Применение красных шламов в качестве добавки в составы бетонов и керамических изделий // ГИАБ, 2023. - №12. – С. 79-95
4. Ебулай М., Айткалиева Г., Ержанова Д., Карлы Д., Масакбаева С. Красный шлам – сырье для геополимерных композитов // Наука и техника Казахстана, 2023. - №3. – С.145-151
5. Бояринцев А.В., Аунг М.М., Аунг Х.Й., Степанов С.И. Извлечение алюминия при комплексной переработке красных шламов // Вестник ВГУИТ, 2018. - №3 – С. 317-323.
6. Пягай И.Н., Кожевников В.Л., Пасечник Л.А., Скачков В.М. Переработка отвального шлама глиноземного производства с извлечением скандиевого концентрата // Записки Горного института, 2016. – Т.218. – С. 225-232.
7. Валеев Д. В., Зиновеев Д. В., Варнавская А. Д. Восстановительная плавка обесщелоченного красного шлама с получением металла и алюмосодержащего шлака // Труды Кольского научного центра РАН. 2019. - № 1(3)
8. А.Б.Лебедев, В.А.Утков, А.А.Халифа. Использование спеченного сорбента для удаления сероводорода из отходящего промышленного газа при грануляции металлургических шлаков // Записки Горного института. 2019. – Т.237. - С. 292–297.
9. Пасечник Л.А., Яценко С.П., Скачков В.М., Медянкина И.С., Сабирзянов Н.А. Активация сорбционной способности красных шламов обработкой диоксидом углерода и минеральными кислотами // Проблемы недропользования, 2015. - №4. - С.85-94.
10. Терехова М.В., Русакова С.М. Исследование адсорбционных закономерностей анионов на поверхности красного шлама // Известия МГТУ «МАМИ». - 2013. - Т. 7. - №3-1. - С. 147-151.
11. О.Б. Котова, Л. Н. Москальчук, Д.А. Шушков, Т.Г. Леонтьева, А.А. Баклай. Сорбенты радионуклидов на основе промышленных отходов: физико-химические свойства и перспективы использования // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2017. - № 4. - С. 29–36.

12. Крамер С.М., Терехова М.В., Артамонова И.В. Адсорбция фосфатионов на красном шламе // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология, 2017. - №8. - С.80-84.

13. Либерман Е., Конькова Т., Клеусов Б., Семенов А., Сейткасымова А. Рециклинг красного шлама в катализаторы очистки газовых выбросов от монооксида углерода // Экология и промышленность России, 2023. - Т. 27. - № 10. - С. 36-41.

14. Семенов А.Ф., Синкина К.А., Либерман Е. Ю., Клеусов Б.С., Коньков Т.В., Кушнерев А.А. Исследование каталитической активности продуктов переработки красного шлама в реакции окисления СО // Успехи в химии и химической технологии, 2021. - Т. 35. - № 6. - С. 95–97.

УДК 796.02

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ СПОРТИВНЫХ ПЛОЩАДОК

Бекар Е. Е., Федосенко Е. Р. студенты

Научный руководитель Морзак Г. И.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Интенсивные темпы урбанизации, отсутствие достаточной физической активности населения заставляют рассматривать использование спортивных площадок как одним из ключевых структур в развитии городов, которые способны улучшить качество жизни и здоровья людей. В статье рассмотрены экологические подходы и факторы, которые учитываются при проектировании спортивных площадок.

Ключевые слова: рекреационное пространство, основные принципы сохранения природной среды, спортивные площадки, покрытие на спортивных площадках.

Наличие спортивных площадок во дворах существенно влияет на формирование здорового образа жизни у детей, молодежи и взрослого населения. Строительство спортивных площадок в городах имеет ряд преимуществ, но для гармоничной интеграции в современные жилые комплексы необходимо включать экологический подход при проектировании элементов рекреационного пространства, включая спортивные площадки.

Прежде всего необходимо учитывать общую нагрузку от интенсивности и продолжительности посещения зон отдыха населением, а также от видов отдыха [1]. В основу разработки и эксплуатации рекреационного пространства должны быть положены принципы регулирования функционирования компонентов окружающей среды:

– целенаправленность мер по укреплению здоровья и охране жизни человека;

- обоснованность соотношения интересов в экономической и экологической сферах;
- оправданность в использовании природных ресурсов;
- платность природопользования;
- соблюдение требований и ответственности за нарушение природоохранительного законодательства;
- гласность;
- связь экологических организаций с общественными объединениями и населением в решении природоохранных задач;
- устойчивое развитие;
- международное сотрудничество в области охраны окружающей природной среды.

Научно обоснованное сочетание экологических и экономических интересов соответствует модели устойчивого развития общества. Поэтому при проектировании и строительстве рекреационных комплексов необходимо соблюдать экологические подходы (рисунок 1), а также учитывать градостроительные, социально-экономические и экологические факторы (рисунок 2).

Метод природопользования (рисунок 1) очень явно отражает идею экологичности, так как здесь под аэрацией понимается насыщение воздуха кислородом, за счет высадки деревьев в определенной последовательности. Такой подход позволяет изолировать спортивные площадки от шума, ветра, придавая эстетической наполненностью объекту.

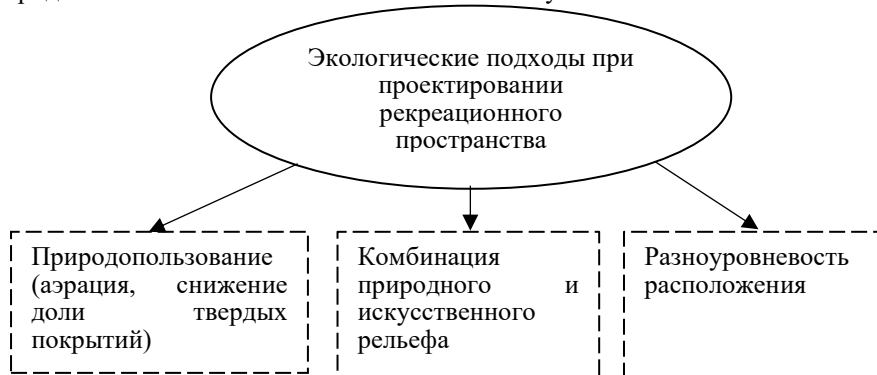


Рисунок 1- Экологические подходы при проектировании рекреационного пространства

Физическая активность населения на оборудованных для этого зонах в парках или на спортивных площадках имеет большое значение как для

поддержания здорового образа жизни, так и для эстетического уровня развития гармоничной личности. Это может послужить дополнительным стимулом к заботе об окружающей среде [2].

Важным требованием экологичности является экологичность используемых материалов, ведь даже безопасный для здоровья пластик, который часто встречается в составе детских комплексов, не соответствует принципам экологичности. Ведь до конца его переработать, как дерево, не получится. Следовательно, в качестве основного материала для экологичной спортивной площадки используется дерево, однако в условиях города его срок службы будет крайне недолговечен. Поэтому на стадии проектирования спортивных площадок общественного пользования необходимо предусмотреть использование инновационного экологически безопасного и «антивандального» покрытие и оборудование. Инновационные стройматериалы способствуют созданию комфортных, безопасных условий отдыха и занятия спортом, при этом способны нивелировать дополнительную отрицательную нагрузку на все компоненты окружающей среды.

К инновационным материалам относятся:

- экологически устойчивые материалы с незначительным уровнем углеродного следа, при производстве и эксплуатации которых в атмосферу выбрасывается минимальные объемы парниковых газов;

- экологически безопасные материалы (не содержат опасные химические вещества и материалы);

- материалы повторного использования (из переработанного стекла, металла и др.) [3].

Выбор покрытия для площадок должен не только удовлетворять долговечности и эстетическому восприятию проектировщика, но и соответствовать требованиям ГОСТа [4], что позволит снизить выбросы углекислого газа, а также обеспечивать безопасные условия для занятий спортом. В таблице 1 приведены основные виды покрытий для спортивных площадок.

Таблица 1. Основные виды покрытий для спортивных площадок

Покрытие на спортивных площадках			
цельное		сыпучее	
Искусственные материалы.	Модульные, рулонные, сплошные полотна.	Натуральные материалы.	Песок, древесная стружка, кора, гравий, газонная трава.

С учетом разновидностей материалов и их экологических характеристик наилучшими качествами для изготовления и безопасного использования уличного спортивного оборудования обладают:

- любые типы деревьев и растений;

– материалы природного происхождения (песок, гравий, газон, пилки и др. в качестве дорожного покрытия).



Рисунок 2- Факторы проектирования рекреационных комплексов

Также важным остается травмобезопасность оборудования. Так, например, для турников предусматривается изготовление несущих балок деревянными, а перекладин металлическими, или несущие элементы конструкций могут быть металлическими, а в целях эффективности все декоративные элементы из специального пластика. Все требования безопасности к изготовлению, монтажу, контролю и техническому

обслуживанию стационарных уличных тренажеров прописаны в технических нормативных правовых актах.

Перспективы уменьшения влияния спортивных площадок на экологию отражаются в планах и программах развития регионов. Так стратегия экологической политики города Минска заложена в его генеральном плане развития [5]. Согласно этому документу, предусматривается размещение экологически опасных производств вне границы города, внедрение комплексного подхода для реорганизации промышленных зон, оптимизация транспортной инфраструктуры. Большое внимание уделяется реорганизации системы ландшафтно-рекреационных территорий, представляющих систему благоустроенных озелененных пространств: сады, парки, региональные центры отдыха, физкультурно-оздоровительные комплексы.

Таким образом, при проектировании и застройке рекреационного пространства спортивными площадками необходимо соблюдать принципы устойчивого развития, а также принципы и подходы для сохранения компонентов окружающей среды. Этого можно достичь с помощью:

- использования экологически чистых и безопасных для здоровья материалов при строительстве и обустройстве площадок;
- внедрения энергоэффективных технологий, таких как фотоэлектрические панели для освещения.
- создания зеленых зон, которые не только украсят территорию, но и будут способствовать улучшению качества воздуха.
- реализации систем сбора и использования дождевой воды для полива зеленых насаждений.

Литература:

1. Проектирование ландшафтно-рекреационных объектов: методические указания к самостоятельной работе для студентов направления 07.04.04 «Градостроительство» очной формы обучения / ФГБОУВО «Воронежский государственный технический университет; сост.: Е. И. Гурьева. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022. – 23 с.
2. Каспари, С. Спорт, устойчивость и окружающая среда / Каспари, С // Мейер и Мейер Спорт (ММС). – 2008. - №21. – С. 24–28.
3. Дьюар, Р. Влияние спорта на окружающую среду: обзор литературы / Дьюар, Р, Киган, Р // Журнал экологической психологии – 2009. - № 29(3). – С. 350–362.
4. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения /Occupational safety standards system. Organization of training for labour safety. General rules (перездан апрель 2010 г.) / Электронный ресурс:

<https://docs.yandex.by/docs/view?tm=1744279617&tld=by&lang=ru&name=GOST-12.0.004-90>/Дата доступа 25.03.2025

5. Генеральный план города Минска – План функционального зонирования / Электронный ресурс: <https://minsk.gov.by/share/2010/04/08/genplan.short.shtml>/ Дата доступа 09.04.2025.

УДК 691:574

ТОКСИЧНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Бобровская М. Д., Гуткнехт К. В., студенты
Научный руководитель Слепнева Л. М.
Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье рассмотрены некоторые небезопасные для здоровья строительные материалы, указывается сфера их применения. Приводятся данные по вредному воздействию на организм человека, перечисляются заболевания, вызываемые данным строительными материалами. Приведены некоторые интересные факты их свойств. Предложены альтернативные строительные материалы.

Ключевые слова: промышленное и гражданское строительство, строительные материалы, экологическая безопасность.

Строительство, изготовление изделий, а также конструкция и ремонт - неотъемлемая часть нашей жизни. Однако не все учитывают тот факт, что используемые материалы могут навредить вашему здоровью и состоянию окружающей среды.

1. Асбест:

Асбест — это группа волокнистых минералов, получивших как в прошлом, так и в настоящее время широкое промышленное распространение, которые способны вызывать смерть и серьезные ухудшения здоровья у работников. Получил свою популярность благодаря тому, что широко использовался в строительстве за счет своей прочности, огнестойкости и теплоизоляционным свойствам. При попадании асбестовой пыли в лёгкие, можно получить серьёзные заболевания, такие как асбестоз, рак лёгких и мезотелиому, а также никем не примечательную одышку, необъяснимую потерю веса и ощущение тяжести в груди. Длительное воздействие асбестовой пыли приводит к необратимому повреждению легких. Симптомы могут проявиться спустя десятилетия после воздействия.

Асбест содержится в шифере, трубах, теплоизоляции, штукатурке, плитке, даже в фильтрах для очистки воздуха.

Альтернативный вариант: Поливинилхлорид (ПВХ), виниловые материалы, стекловолокно, базальтовый картон.

2. Гипсокартон:

Гипсокартон - это облицовочный листовой материал, включающий в себя гипс с разнообразными наполнителями и картон, который поддерживает форму изделия в процессе установки и эксплуатации. Этот материал популярен в строительной сфере для обшивки, отделки и дизайна, а также его используют для утепления домов, выравнивания поверхностей, создания конструктивных элементов, возведения перегородок.

Хоть изделия из гипсокартона в своем большинстве безопасны и никаких вредных веществ там нет, однако есть моменты, на которые надо обратить внимание:

Основной вред гипсокартона несет пыль, которая появляется при резке, шлифовке и установке изделия, она может раздражать дыхательные пути и глаза, тем самым оказывает отрицательное влияние на систему дыхания.

Также стоит учесть, что при производстве качественного гипсокартона использование вредных веществ минимально и изделие соответствует нормам. Но в низкокачественные, несертифицированные материалы могут добавляться примеси, которые при длительном контакте или экстремальных условиях могут отрицательно влиять на здоровье.

Гипсокартон является не разлагаемым материалом. Это создает сложности при утилизации отходов.

Интересный факт: гипсокартон поглощает из воздуха избыточную влагу и отдает ее при недостатке.

3. Лакокрасочные материалы (ЛКМ)

Лакокрасочные материалы - это композиционные составы, наносимые на обрабатываемые поверхности в жидком или порошкообразном виде равномерными тонкими слоями и образующие после высыхания и отверждения плёнку, имеющую прочное сцепление с основанием. (лаки, краски, эмали, грунтовки, шпатлевки).

ЛКМ относят к третьему классу опасности. Компоненты лакокрасочных материалов вызывают раздражение кожи, глаз при прямом контакте или при вдыхании паров. При взаимодействии с кожей могут вызвать покраснение, дерматит, химические ожоги и зуд. Попадание в глаза может привести к слезотечению, сильному раздражению и временному снижению зрению.

Особенно негативно на организм человека влияют растворители. При невысокой концентрации это проявляется в возбуждении, а при высокой – в головокружении, головных болях, рвоте, тошноте, повышенной раздражительности, сонливости.

Альтернативный вариант: водно-дисперсионная и водоэмульсионная краска.

Интересный факт: люди красят уже 30 тысяч лет.

4. Минеральная вата

Минеральная вата – это волокнистый материал, который получают из расплавов горных пород, а также металлургических шлаков и их смесей. Производители используют в качестве сырья горные породы, благодаря этому минеральная вата получается высокого качества и ее можно эксплуатировать достаточно долго. Этот материал обладает уникальными свойствами: огнестойкость, стойкость к различным агрессивным веществам, невосприимчивость к грибкам и воздействию грызунов, паропроницаемость, высокая звукоизоляция. Минеральной ватой утепляют стены, крыши и полов, также для звукоизоляции.

Мельчайшие волокна минеральной ваты попадая на слизистые оболочки и в легкие человека могут вызвать серьезные раздражения, а при регулярном вдыхании - рак. При старении волокна минеральной ваты ломаются, превращаясь в канцерогенную пыль.

Альтернативный вариант: стекловолокно, напыляемый пенополиуретан, макулатурная эковата, хлопок и лён.

Интересный факт:

Огнестойкость. Даже при высоких температурах не происходит деформации минераловатных плит, сохраняются все свойства.

5. Поливинилхлорид (ПВХ)

Этот синтетический и термопластический материал, который получается в результате полимеризации винилхлорида. Его применение начинается от зубных щеток до пластиковых окон.

Безвредным является только чистый поливинилхлорид, но в таком виде он хрупкий и гигроскопичный, поэтому для производства товаров его наполняют добавками. Изделия из ПВХ токсичны при нагреве за счет выделения летучих и токсичных пластификаторов.

Из ПВХ производят оконные блоки, перегородки, панели, элементы мебели, напольные покрытия. Изделия из ПВХ используют в сантехнике, электрических и вентиляционных системах, кровельных материалах и др.

Альтернативный вариант: дерево, металл, стекло, керамика.

Интересный факт: Первичный поливинилхлорид не содержит токсичных компонентов.

Заключение:

В производственных условиях строители имеют дело с большим количеством различных химических веществ. При выполнении многих видов работ в воздух выделяются химические вещества, которые при определенных условиях могут наносить вред здоровью.

Вредное вещество - это вещество, которое при контакте с человеком при нарушении требований безопасности может вызвать отклонение в состоянии здоровья. Последствия контакта с токсичными строительными материалами

могут сказываться еще долгие годы, приводя к хроническим профессиональным заболеваниям.

УДК 628.4: 504.06

«ЗЕЛЕННЫЕ» ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ: ИННОВАЦИИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДУ

Болдырева И. В., студент

Научный руководитель Рудой А.А.

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Беларусь

Статья анализирует ключевые моменты преодоления критических экологических вызовов, полагаясь главным образом на инновационные достижения технологий. Внедрение подхода устойчивого развития занимает ключевое место среди инноваций в области экологии. Беларусь должна уделить повышенное внимание данным аспектам прогресса, дабы избежать потери возможности экономического роста.

Ключевые слова: научно-технический прогресс, «зеленые» технологии, экономика, «зеленая» экономика, экологические инновации.

«Зеленая экономика» – это новая глобальная политика инновационного, антикризисного развития мировой экономики. «Зеленые» технологии охватывают все сферы экономики и внедряются во всю цепочку хозяйственной деятельности, включая производство, потребление, управление и методы организации производства. Наиболее перспективные процессные «зеленые» инновации – это наилучшие доступные технологии. Актуальной задачей является оценка уровня развития процессных зеленых инноваций и выявление факторов их распространения.

В Беларуси старые методы и технологии используются не только в производстве, но и в отраслях, добывающих сырье, и могут быть охарактеризованы как посредники в распространении процессных экологических инноваций.

По мнению Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), «зеленые» технологии включают в себя два основных направления. Первое – это комплексное управление экологией. Сюда относится управление отходами, очистка воды и воздуха, а также мероприятия по восстановлению загрязненных земель и другие подобные действия, направленные на охрану окружающей среды.

Второе направление связано с энергетикой и борьбой с изменением климата. В него входят: использование возобновляемых источников энергии (солнечная энергия, биотопливо и другие), снижение выбросов загрязняющих

веществ в атмосферу, повышение топливной эффективности различных механизмов и энергоэффективность зданий и систем освещения.

Таким образом, ОЭСР определяет «зеленые» технологии как комплекс мер, направленных на сохранение окружающей среды и переход к более устойчивым и экологически чистым методам производства и потребления энергии. «Зеленые» технологии представляют собой технологии, которые признаются экологически безопасными благодаря своим производственным процессам или цепочкам поставок. Кроме того, «зеленые» технологии могут включать в себя экологически чистые методы производства энергии, применение альтернативных источников топлива и технологии, оказывающие меньшее негативное воздействие на окружающую среду по сравнению с ископаемым топливом.

Быстрый технологический прогресс кардинально меняет правила игры в социально-экономическом развитии. Традиционные факторы роста теряют свою значимость, уступая место инновациям. В этом контексте «зеленая экономика» предстает как новая, глобальная стратегия выхода из кризиса и обеспечения устойчивого развития мировой экономики. Это означает, что для достижения экономического роста и преодоления кризисных явлений необходимо сосредоточиться на инновациях, при этом приоритетным направлением становится устойчивое развитие, ориентированное на экологическую безопасность и сохранение природных ресурсов. Суть в том, что прежние методы уже не работают так эффективно, а инновации, особенно в «зеленом» секторе, стали ключевыми для будущего экономического процветания.

В соответствии с общепринятой типологией инноваций, экологические новшества также разделяют на несколько категорий:

- процессные экологические инновации – это усовершенствования в производственных методах, позволяющие уменьшить вредное воздействие на окружающую среду при создании продукции и оказании услуг. К ним относятся энергоэффективные решения, технологии использования возобновляемых источников энергии, методы переработки отходов, принципы «зеленого» строительства и другие;

- продуктовые экологические инновации – это новые продукты и услуги, применение которых ведет к сокращению экологического следа по сравнению с альтернативными вариантами. Примерами могут служить устройства и транспортные средства, экономящие ресурсы (включая энергию), а также технологии, используемые в «пассивных домах»;

- организационные экологические инновации – это внедрение систем экологического управления (СЭМ).

- маркетинговые экологические инновации – это информационные и рекламные кампании, целью которых является повышение экологической

осознанности граждан и стимулирование более бережного отношения к окружающей среде в потребительской сфере.

В экономическом плане «зеленые» технологии приобретают все большее значение в наши дни, особенно в свете стремления к устойчивому развитию и заботе об окружающей среде. При этом их воздействие на экономику также весьма ощутимо. Внедрение таких инноваций ведет к появлению новых рабочих мест, подталкивает экономику к росту и усиливает позиции страны на международной арене. Для реализации «зеленых» проектов необходимы квалифицированные кадры, способные их разрабатывать и внедрять. Как следствие, развитие экологически чистых технологий формирует новые возможности трудоустройства в таких сферах, как производство энергии из солнца и ветра, повышение энергоэффективности и переработка мусора. Это, в свою очередь, положительно сказывается на занятости и общему социально-экономическому благополучию.

Одним из актуальных вопросов сегодня является оценка уровня развития и выявление факторов, стимулирующих распространение процессных экологических инноваций. Особо стоит подчеркнуть преимущества внедрения «зеленых» технологий, среди которых улучшение состояния окружающей среды и здоровья населения, сохранение природных ресурсов, повышение производственной эффективности, а также увеличение конкурентоспособности продукции.

Однако немаловажной проблемой остается экономическая целесообразность разработки и реализации таких технологий, которая во многом определяется спецификой конкретной отрасли. Инвестиции в экологические инновации продолжают расти, включая значительные вложения со стороны бизнеса. Более того, формируются институты, поддерживающие развитие инновационной экономики.

Вместе с тем, учитывая глобальные тенденции, можно утверждать, что несмотря на активно звучащую риторику последнего времени, наша страна пока отстает в данной области от ведущих мировых лидеров.

Литература:

1. Ратнер, С. В. Оценка уровня развития процессных экологических инноваций / С. В. Ратнер, В. В. Иосифов // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2016. – № 34. – С. 2-11.

2. Гревцов, О. В. Переход к новому государственному регулированию на основе НДТ / О. В. Гревцов, К. А. Щелчков, В. М. Костылева, А. С. Малявин // Экология производства. – 2019. – С. 82-88.

3. Кручинина, Н. В. Проблемы оценки экономической эффективности затрат при идентификации технологии в качестве наилучшей доступной / Н. В. Кручинина // Инновационная деятельность. – 2018. – № 2. – С. 28-32.

ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВНЕСЕНИИ АГРОХИМИКАТОВ АВИАЦИОННЫМ И НАЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

Босак Д. Ю., Шик А. В., студенты

Научный руководитель Цайц М.В.

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Беларусь

В статье проведен анализ ограничительных мер действующего в Республике Беларусь применительно к наземному и воздушному способам внесения агрохимикатов. Проанализированы санитарные нормы и правила «Санитарно-эпидемиологические требования к применению средств защиты растений, агрохимикатов и минеральных удобрений» предъявляемые к наземному и авиационному способу внесения агрохимикатов.

Ключевые слова: агрохимикаты, способ внесения, авиационный способ, наземный способ.

Применение сельскохозяйственных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) дает большие возможности в сравнении с наземным способом для повышения производительности и эффективности в сельском хозяйстве, в частности в растениеводстве [1].

БПЛА могут точно нацеливаться на определенные участки поля, что позволяет минимизировать перерасход агрохимикатов и снизить их негативное воздействие на окружающую среду. Способны быстро обрабатывать большие площади, что значительно сокращает время, необходимое для внесения удобрений и пестицидов по сравнению с традиционными методами. Они могут легко обрабатывать участки с трудным доступом, такие как крутые склоны или заболоченные земли, где использование техники может быть затружено. Использование БПЛА уменьшает необходимость в ручном труде, позволяет сократить затраты на рабочую силу и минимизировать риски для здоровья работников [2, 3].

В целом, применение БПЛА в агрономии открывает новые возможности для повышения продуктивности и устойчивости сельского хозяйства. Вместе с тем имеются трудности использования БПЛА в сельском хозяйстве, включая ограничения в законодательстве и технические сложности.

Обработка с использованием наземной сельскохозяйственной техники должна проводиться при благоприятных метеорологических условиях и обеспечении безопасных условий труда: скорости ветра не более 4 м/с, относительной влажности воздуха не менее 40 % и не более 80 % и при температуре воздуха, указанной в рекомендациях по применению конкретных препаратов [3].

При наземном внесении средств защиты растений, удобрений

минимальное расстояние от места внесения препаратов до границ земельных участков усадебного типа застройки, до окон жилых домов при мало-, средне-, многоэтажной и повышенной этажности жилой застройки, границ территорий учреждений образования, границ территорий санаторно-курортных и оздоровительных организаций, организаций здравоохранения, границ территорий физкультурно-спортивных сооружений, объектов туризма и отдыха, источников нецентрализованных систем питьевого водоснабжения, мест проведения ручных работ по уходу за сельскохозяйственными культурами должно составлять не менее 50 м.

Минимальное расстояние при наземном внесении простых минеральных удобрений и агрохимикатов не устанавливается, а внесение удобрений проводится после обязательного информирования населения.

Использование авиации при выполнении работ и услуг с применением препаратов допускается только в случаях отсутствия возможности применения наземной техники или необходимости проведения обработок в сжатые сроки на больших площадях.

При выполнении работ с применением препаратов преимущественно должны использоваться летательные аппараты, в том числе сверхлегкие летательные аппараты, с возможно низкой высотой полета, обеспечивающей целенаправленное поступление препаратов на обрабатываемые посевы и исключение загрязнения прилегающей территории. Распыление жидких препаратов с применением летательных аппаратов, не имеющих системы принудительной вентиляции, разрешается только при использовании герметизированной емкости для препаратов.

Перед проведением обработок лесных массивов необходимо заблаговременное (не менее чем за 10 дней до начала работ) оповещение населения о запрете выхода в леса и сбора дикорастущих ягод и грибов до истечения сроков последней обработки, установленные Государственным реестром средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь и рекомендациями по применению конкретных препаратов [4].

Не допускается применение препаратов авиационным методом над зонами отдыха населения, территорией санаторно-курортных и оздоровительных организаций. При применении препаратов авиационным методом минимальное расстояние должно составлять:

- до границ земельных участков усадебного типа застройки, до окон жилых домов при мало-, средне-, многоэтажной и повышенной этажности жилой застройки, границ территорий садоводческих товариществ и дачных кооперативов – 1 км;

- до поверхностных водных объектов для рыбоводства, границ территорий учреждений образования, границ территорий санаторно-курортных

и оздоровительных организаций, границ территорий физкультурно-спортивных сооружений, объектов туризма и отдыха, источников питьевого водоснабжения, объектов животноводства, птицеферм, особо охраняемых природных территорий – 2 км;

- до мест выполнения других работ с применением препаратов, а также от участков под посевами сельскохозяйственных культур, идущих в пищу без тепловой обработки – 2 км.

При невозможности соблюдения выше приведенных условий, применение препаратов авиационным методом не допускается. Применение препаратов авиационным методом проводится при скорости ветра на рабочей высоте не более 3–4 м/с. Не допускается применение препаратов авиационным методом при обнаружении людей или домашних животных на территории, подлежащей обработке.

Применение БПЛА в качестве средства внесения агрохимикатов имеет существенные, в сравнении с наземным способом, ограничения, приведенные в статье. Применение БПЛА при уходе за посевами предполагает владение информацией о месте расположения и границах поверхностных водных объектов для рыбоводства, границ территорий учреждений образования, границ территорий санаторно-курортных и оздоровительных организаций, и др.

Литература

1. Щука, М. А. Инновационные технологии в сельском хозяйстве: применение БПЛА для точного земледелия и увеличения урожайности / М. А. Щука // Перспективы развития информационных систем и технологий в современном обществе : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Орёл, 31 мая 2024 года. – Орёл: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2024. – С. 282–288.

2. Безопасность жизнедеятельности человека : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по направлению образования "Сельское хозяйство" / В. Н. Босак, А. С. Алексеенко, Н. А. Невестенко [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2018. – 312 с.

3. Охрана труда : курс лекций / В. Н. Босак [и др.]; под общей редакцией В. Н. Босака. – Горки: БГСХА, 2020. – 155 с.

4. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений [Электронный ресурс]: Государственное учреждение «Главная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений». – Режим доступа: <https://ggiskzr.by/reestr-szr/> – Дата доступа: 19.03.2025.

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Булышко М.А., студент

Научный руководитель Хрипович А.А.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Данная научная работа посвящена проблеме поступления выбросов литейного цеха ОАО «УКХ «ММЗ» в атмосферный воздух. В статье описаны основные технологические процессы литейного цеха и источники выделения загрязняющих веществ. В работе предложены методы по сокращению выбросов.

Ключевые слова: рукавные фильтры, электрофильтры, адсорбция, конденсация, каталитическое окисление.

Минский моторный завод специализируется на производстве дизельных двигателей и силовых агрегатов. Для осуществления производственной деятельности на предприятии расположены различные промышленные площадки, одной из которых является цех алюминиевого литья. В данном цеху осуществляется алюминиевое литье, литье чугуна и бронзы. Мощность производства цеха составляет 2 т литья в день.

Цех алюминиевого литья является одним из источников поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Одной из главных проблем является высокая степень загазованности внутри цеха и за его пределами. Основными стадиями, на которых происходит наибольшее выделение загрязняющих веществ, являются плавка металла и изготовление форм и стержней из песчано-смоляных смесей.

Приготовление алюминиевых сплавов осуществляется в плавильном отделении. Процесс плавки металлов начинается с подготовки шихты и загрузкой ее в плавильную печь. После расплавления шихты и доведения сплава до необходимого химического состава в него засыпают покровно-рафинирующий флюс с модифицирующим эффектом. Для улучшения свойств сплава используют его обработку продувкой аргоном. В процессе приготовления сплава образуется шлак, который убирают шлакоочистителем.

Литейные отходы и бракованные отливки поступают на шихтовый двор, где измельчаются в камнедробилке для последующего повторного использования. При работе камнедробилки в атмосферный воздух поступают твердые частицы. Средняя концентрация загрязняющего вещества при нормальных условиях, отходящего от источника выделения загрязняющих веществ составляет 281,4 мг/м³. Для очистки установлена группа из четырех циклонов ЦН-15-600 первой ступени очистки, однако фактическая

эффективность работы (85%) газоочистной установки не соответствует проектной (99%). Количество загрязняющих веществ, поступающих от источника выделения загрязняющих веществ до очистки, составляет 0,701 г/с, после очистки – 0,105 г/с.

Для плавки металла используются индукционные печи, в процессе работы которых выделяется газ содержащий следующие компоненты: оксид азота (IV); общий органический углерод; диоксид серы; предельные углеводороды алифатического ряда C₁-C₁₀; оксид углерода; твердые частицы; ртуть и ее соединения; кадмий и его соединения; цинк и его соединения; свинец и его неорганические соединения; медь и ее соединения; полихлорированные бифенилы. В цеху не предусмотрены газоочистные установки, очищающие воздух от загрязнителей, поступающих от труб индукционных печей.

Изготовление песчаных форм начинается с приготовления формовочной смеси путем смешивания песка со связующими добавками. Далее смесь поступает в формовочную машину, где формируется в опоках и передается на сушку и отверждение. При этом в атмосферный воздух выделяются летучие органические соединения, такие как формальдегид, фенол и бензол; оксиды азота; оксиды серы; пары металлов (свинца, хрома, никеля и др.); пыль.

В связи с тем, что эффективность некоторых газоочистных установок в цеху не соответствует проектной, и для некоторых источников выбросов загрязняющих веществ также не предусмотрены такие установки, необходимо применять методы по их очистке выбросов. Эти методы могут быть отличны в зависимости от типа загрязняющих веществ.

Для повышения эффективности очистки воздуха от твердых частиц помимо циклонов можно использовать рукавные фильтры. Они относятся к устройствам очистки сухого типа и могут работать при концентрации пыли до 150 г/м³ и температуре рабочей среды до +280°C.

Рукавные фильтры хорошо задерживают частицы размером более 0,1 мкм, их эффективность достигает 99,9%. Их принцип работы заключается в том, что запыленный воздух попадает на поверхность рукава и под действием давления проходит через фильтрующий материал. Затем очищенный воздух выбрасывается в атмосферу, а твердые частицы пыли остаются на наружной поверхности фильтра. В зависимости от характера загрязнения и требований к очищенному воздуху фильтр может выполняться из различных синтетических материалов с определенной пористостью.

Накопление пыли на поверхности рукава снижает степень очистки и увеличивает сопротивление воздуха, проходящего через оборудованную трубку. Для восстановления работоспособности фильтра применяется механизм встряхивания и замена фильтров через определенный период работы оборудования. Метод хорошо подходит для очистки газов с высокой концентрацией пыли, а также устойчив к абразивным частицам при правильном

подборе материала. Недостатком метода является чувствительность к влажности по причине того, что конденсат забивает поры фильтрующего материала.

Для очистки воздух от твердых частиц также используют сухие электрофильтры. Их эффективность очистки составляет 95-99,9% для частиц от 0,1 до 100 мкм и увеличивается с размером задерживаемой частицы. Работа фильтров возможна при температуре воздуха 200-250°C (низкотемпературные) и 400-450°C (высокотемпературные). Очистка газов от твердых частиц происходит под действием электрических сил. При попадании в электрическое поле высокого напряжения твердые частицы или микрокапли жидкости приобретают электрический заряд и движутся к заземленному осадительному электроду, на котором происходит разряжение заряда и налипание пыли. При накоплении пыли осадительный электрод очищается с помощью вибрации или удара, и уловленная пыль собирается в бункере-накопителе [1].

Система предзарядки и доулавливания повышает эффективность работы электрического поля и снижает вторичный унос пыли при регенерации осадительных электродов. В электрофильтрах нет быстроизнашивающихся элементов, соответственно их использование долговечно. Метод подходит для работы с большими объемами газов и при высокой температуре, однако для эффективной работы требуется регулярная очистка электродов.

Для очистки воздуха от тяжелых металлов действенным способом является адсорбция и конденсация в сочетании с фильтрацией. Принцип адсорбционного метода заключается в попадании загрязненного воздуха и равномерного его распределения по всей площади фильтра за счет специальных канальцев. Адсорбент поглощает все загрязнители и накапливает их внутри себя, а чистый воздух поступает наружу. Адсорбционный метод очистки газов энергоэффективен, исключает образование сточных вод и позволяет относительно малым количеством сорбента обрабатывать большие объемы газа.

В качестве адсорбентов используют оксиды алюминия и марганца, силикагель, природные материалы – цеолиты, активированный уголь. Для улучшения физико-химического взаимодействия адсорбента с газовой смесью и повышения степени очистки газа поверхность активированного угля могут модифицировать различными соединениями: карбонатами меди и калия, нитратом хрома, фторидами калия и натрия [2].

К достоинствам метода относятся длительность защитного действия и большая удельная поверхность. Недостатком метода является низкая избирательность адсорбентов, их быстрое загрязнение и трудность регенерации.

Конденсация с фильтрацией применяется для улавливания паров тяжелых металлов, которые образуются при высокотемпературных процессах.

Процесс осуществляется в два этапа: газовый поток охлаждается до температуры, при которой пары металлов переходят в твердую или жидкую фазу, далее конденсированные частицы улавливаются на фильтрах. В процессе фильтрования загрязнитель отделяется от воздушного потока и скапливается на поверхности фильтрующих элементов. Этот метод подходит для использования при высоких температурах отходящих газов, его можно комбинировать с другими методами. Степень эффективности может варьироваться в пределах 80-95% в зависимости от металла и температуры отходящих газов.

Метод эффективен для высоких концентраций загрязнителей в выбросах и не требует использования химических реагентов, соответственно нет образования вторичных отходов. Метод можно интегрировать с другими для лучшего качества очистки, например с электрофильтрами или адсорбцией. Конденсированные металлы можно извлекать и использовать повторно. Метод требует высоких энергозатрат на глубокое охлаждение, а также необходимы затраты на хладагенты, его эффективность падает при низких концентрациях загрязнителей (менее 1 мг/м³).

Для очистки газов от SO₂, CO, CO₂ и углеводородов в последнее время стал активно применяться метод каталитического окисления. Сущность метода состоит в окислении органических веществ на поверхности катализатора до воды и оксида углерода. В качестве катализатора используются оксиды металлов переменной валентности – меди, хрома, кобальта, марганца, никеля, железа. [2]

Использование катализатора позволяет вести процесс при пониженной температуре 200–345 °С и полностью исключает образование вторичных продуктов реакции, представляющих опасность для окружающей среды. Метод позволяет достигать высокой степени очистки (90-95% для ЛОС, 80-95% для NO_x), при этом требует низких энергозатрат. Метод позволяет осуществлять одновременную очистку разных загрязнителей и является эффективным для очистки газа от полихлорированных бифенилов. К недостаткам относятся необходимость предварительной очистки газов от пыли и ограниченность срока службы катализаторов.

Литература:

1. Страус В. Промышленная очистка газов / пер. с англ. Ю.Я. Косого – М.: Химия, 1981. – 434 с.
2. Экология промышленного производства: учебное пособие / О.А. Белый, Б. М. Немененок.: – Минск: БНТУ, 2016. – 117 с.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ: СТРАТЕГИИ И ДОСТИЖЕНИЯ

Габец К.А., курсант

Научный руководитель: Лемешевский О.О.

УО “Военная академия Республики Беларусь”

В данной статье рассматривается системный подход Республики Беларусь к охране и рациональному использованию водного фонда, восстановление болот. Особое внимание уделяется реализации масштабных государственных программ, направленных на повышение качества питьевой воды и обеспечение ее доступности для населения, что подтверждается высокими международными рейтингами.

Ключевые слова: водные ресурсы, экологическая безопасность, изменение климата, водное законодательство, право, устойчивое развитие.

Рост промышленности в мире, увеличение численности населения земли приводит к усилению нагрузки на экосистемы, в частности на водные объекты. Эффективное противодействие данной проблеме возможно лишь через направление усилий в эту проблему государством. Ключевым решением является изменение отношения к водным ресурсам, к их охране и рациональному использованию. Изменение климата, активно проявляющееся в последние 50 лет, ведет к существенным последствиям. Ожидается, что в самое ближайшее время мировое сообщество будет испытывать негативные воздействия изменения климата в виде возросшей частоты и интенсивности наводнений и засух, усиления дефицита водных ресурсов, а также ухудшения экологического состояния водных экосистем. В наиболее уязвимом положении окажутся прежде всего экосистемы малых рек.

Вместе с тем, одна из основных причин ухудшения качества воды – ее загрязнение. Еще одна серьезная проблема, негативно отразившаяся на состоянии водных объектов, – осушение болот, которое проводилось особенно активно в конце 80-х годов. На современном этапе в Республике Беларусь происходит процесс восстановления болот. Экологи проводят соответствующие расчеты: выполнение работ по повторному заболачиванию, ведь осушенные торфяники, экономически эффективное использование которых в сельском хозяйстве невозможно, позволит уменьшить эмиссию парниковых газов, по меньшей мере, на 1,5 миллиона тонн в CO₂-эквиваленте ежегодно. Беларусь, как и многие страны, взялась за совершенствование национального водного законодательства, которое призвано улучшить ситуацию. У нас накоплена внушительная база законопроектов, регулирующих деятельность по охране и

использованию вод. В неё входят Конституция РБ, кодексы, законы, указы, а также международные соглашения, технические протоколы, стратегии, планы управления речными бассейнами, подзаконные технические нормативно-правовые акты и другие.

В Конституции Республики Беларусь недра, воды и леса провозглашены исключительной собственностью государства, что подчеркивает стратегическую важность природных ресурсов для обеспечения национальной безопасности и устойчивого развития. Статьи 55 и 46 закрепляют обязательства по охране природной среды, рациональному использованию ресурсов и гарантируют каждому гражданину право на благоприятные экологические условия с возмещением вреда, нанесенного их нарушением. Государственный контроль за эффективным использованием природных ресурсов, вкпе с развитием атомной энергетики в мирных целях, отражает комплексный подход к обеспечению экологической безопасности [1].

Национальная стратегия управления водными ресурсами в условиях изменения климата до 2030 года дополняет положения Конституции и указывает цели, среди которых особое место занимает обеспечение рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех [2].

В дополнение к стратегии, правовое регулирование водных ресурсов в Республике Беларусь нашло свое отражение в Водном кодексе. Согласно первой и второй статьям данного нормативного правового акта, водные ресурсы, как компонент природной среды, включают как поверхностные, так и подземные воды, используемые или способные быть использованными в хозяйственной и иной деятельности. Водный объект определяется как сосредоточение вод в естественных или искусственных углублениях земной поверхности либо в недрах, обладающее конкретными границами, объёмом и характерными признаками гидрологического или подземного режима. К водному фонду относятся поверхностные воды – такие как реки, ручьи, родники, озёра, пруды, водохранилища, каналы и другие водные объекты, которые дополнительно классифицируются на естественные и искусственные, а также подземные воды, подразделяемые на пресные, минеральные и термальные. Такое детальное нормативное определение является важной основой для эффективного управления водными ресурсами, позволяя интегрировать правовые, технические и экологические аспекты в единую систему охраны и рационального использования водного фонда страны [3].

Водное законодательство Республики Беларусь представляет собой совокупность правовых норм, регулирующих общественные отношения в области использования и охраны вод, и является самостоятельной отраслью экологического права. Оно базируется вышеперечисленных и других нормативных актах, а также международных нормах. Основная задача данного законодательства – обеспечить рациональное использование водных ресурсов,

охрану вод от загрязнения и истощения, а также соблюдение установленных стандартов и норм, необходимых для удовлетворения потребностей в водных ресурсах и улучшения состояния водных объектов. При этом различают виды водопользования: общее, осуществляемое без специальных разрешений, и специальное, требующее получения разрешительных документов на использование водных объектов с применением сооружений и технических устройств. Законодательство также предусматривает меры по охране вод, в том числе установление водоохраных зон и запрет на сброс отходов в водные объекты, что обеспечивает комплексную защиту водного фонда страны. Такой системный правовой подход служит основой для дальнейшей реализации проектов по улучшению качества питьевой воды и устойчивому развитию водных ресурсов, что находит отражение в реализуемых государственных программах и стратегиях развития ЖКХ.

Территория Республики Беларусь, являющаяся водоразделом бассейнов Балтийского и Черного морей, характеризуется распределением речного стока, где примерно 55 процентов приходится на реки бассейна Черного моря, а 45 процентов – на Балтийский. В этом контексте приоритетной задачей является перевод города Минска на водоснабжение из подземных источников и обеспечение 100-процентного доступа потребителей к воде питьевого качества, что было реализовано 10 января 2025 года, практика показывает, что такой системный подход демонстрирует всестороннюю политику государства, направленную на интеграцию экологической безопасности, рационального использования водных ресурсов и социально-экономического развития.

В настоящее время 98,1 % потребителей в Беларуси получают качественную питьевую воду, при этом правительственные цели на 2025 год предусматривают достижение 100%-го охвата. Вода, как базовая потребность человека, является задачей, обеспечение которой возложено на государство, особенно учитывая исторический опыт начала 1990-х годов, когда даже в крупных городах нередко наблюдался дефицит качественной питьевой воды.

В ответ на эту проблему Президент поставил перед отраслью водопроводно-канализационного хозяйства амбициозное задание — обеспечить водой даже самые отдалённые населённые пункты, что реализуется в рамках подпрограммы «Чистая вода» Государственной программы «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы.

По состоянию на апрель 2022 года, за три года выполнения программы было построено 555 станций обезжелезивания воды и 51 водозаборная скважина, а 46 населенных пунктов переподключены к централизованным системам водоснабжения с нормативным качеством воды, что привело к увеличению уровня обеспеченности качественной водой до 98,1 %. Помимо нового строительства, ведется систематическая замена изношенных сетей водоснабжения – ежегодно обновляется не менее 3 % сетей, а за период 2021–

2023 г. заменено свыше 1300 километров, что свидетельствует о масштабном подходе к модернизации инфраструктуры [4].

В совокупности принятые меры, нормативно-правовая база и стратегические программы в сфере ЖКХ способствуют устойчивому развитию водных ресурсов Республики Беларусь и обеспечивают высокое качество питьевой воды для населения. Конституционные гарантии и специализированное законодательство, включая Водный кодекс РБ, создают прочную основу для рационального использования и охраны водного фонда страны. Реализация масштабных проектов, таких как перевод Минска на подземное водоснабжение, а также последовательное обновление инфраструктуры, позволили Беларуси занять уверенные позиции в международных рейтингах по безопасности водоснабжения. Дальнейшее совершенствование систем водоснабжения и интеграция экологических, технических и управленческих решений будут способствовать укреплению статуса страны как лидера в сфере обеспечения качественной питьевой водой и станут важным элементом стратегии устойчивого развития в условиях.

Литература:

1. Конституция Республики Беларусь // Минск : Национальный центр правовой информации Республики Беларусь, 2024. – 80с.

2. О Национальной стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2025. Режим доступа : <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22200091>. – Дата доступа : 24.03.2025.

3. Водный Кодекс Республики Беларусь // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2025. Режим доступа : <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=Hk1400149>. – Дата доступа : 24.03.2025.

4. Чистая вода - богатство. Как в Беларуси сохраняют ценный ресурс // БелТА [Электронный ресурс]. – 2025. Режим доступа : <https://belta.by/society/view/chistaja-voda-bogatstvo-kak-v-belarusi-sohranjajut-tsennyj-resurs-688298-2025/>. – Дата доступа : 24.03.2025.

УДК 574+ 628.2(07)

РАЗРАБОТКА ГИДРОЦИКЛОНА С РЕГУЛИРОВАНИЕМ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ СИЛЫ

Галиахметов Р.Л., обучающийся
Научный руководитель Мингазетдинов И.Х.

**Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ**

Рассматривается конструктивная схема гидроциклона с винтовым закрученным каналом, позволяющая регулировать проходные сечения канала при изменении расхода очищаемой воды. Приводятся теоретические соотношения для выбора конструктивных параметров устройства.

Ключевые слова: центробежная очистка, фактор разделения, виды течения, регулирование.

Очистка загрязненных промышленных сточных вод от загрязняющих веществ является важной экологической задачей. Решение этой задачи осуществляется в разработке систем очистки, состоящей из нескольких этапов и методов очистки (механические, физико-химические, химические, биологические и др.). В любой системе очистки на первых этапах наиболее широкое применение находит очистка от взвешенных веществ в поле действия центробежных сил. Используются напорные гидроциклоны с тангенсальным подводом исходной воды, которые могут применяться как один из этапов системы очистки, так и в виде самостоятельного устройства в некоторых технологических процессах для оборотного водоснабжения (например, строительной индустрии).

В работе [1] приведены характеристики различных гидроциклонов, определяющим показателем которых является производительность G [$\text{м}^3/4$], в зависимости от которой выбирается типоразмер, с диаметром $D_{\text{ц}}$ корпуса [мм].

Привязка размера гидроциклона $D_{\text{ц}}$ к производительности очистки G определяется двумя факторами, действующими взаимно противоположно. С одной стороны, если для конкретного типа размера гидроциклона $D_{\text{ц}}$ поступает вода больше запланированной производительности, то это будет выгодно с точки зрения эффективности очистки, т.к. центробежная сила возрастает, исходя соотношения [1].

$$F_{\text{цс}} = \frac{m_{\text{ч}} * v^2}{r} \quad (1)$$

где $F_{\text{цс}}$ - центробежная сила, $m_{\text{ч}}$ - масса частицы взвешенного вещества, v - скорость потока в циклоне, $r = D/2$ - радиус вращения потока.

При фиксированном значении r с увеличением скорости потока v эффективность сепарации загрязняющих веществ возрастает в степени v^2 . Однако, при возрастании скорости потока, существенно возрастают потери полного давления внутри аппарата (путевые потери), определяемые по формуле Дарси [2]

$$\Delta P = \frac{\lambda * l * \rho * v^2}{2 * D} \quad (2)$$

где ΔP - потери напора, D - диаметр, λ - коэффициент потерь, l - длина тракта, ρ - плотность жидкости.

При больших скоростях течения в аппарате будет турбулентным коэффициентом потерь определяться по формуле Женера [3]

$$\lambda = 0,16/Re^{0,16} \quad (3)$$

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu} \quad (4)$$

где μ – динамический коэффициент вязкости.

Критерий Ренольда характеризует режим течения жидкости, и при больших числах ($Re > 2300$) поток является турбулентным, при котором действует квадратичный закон сопротивления:

$$\Delta P \sim v^2 \quad (5)$$

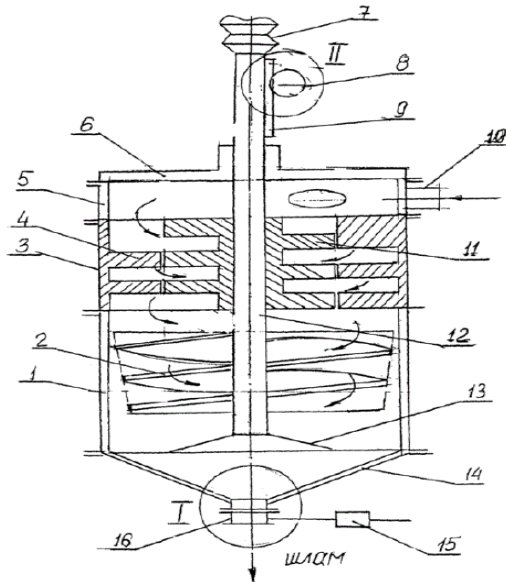
Исходя из этого, использование конкретного гидроциклона при расходах, больше проектного, приводит к значительным энергетическим и экономическим затратам.

Если использовать гидроциклон при расходах, меньше проектных значений, то по соотношению [1] центробежная сила будет меньше, и эффективность очистки будет существенно снижаться.

В реальных условиях производства объем загрязненных сточных вод, исходя из технологических задач, может изменяться в определенных пределах, поэтому разработка регулируемого гидроциклона представляется актуальной. Важно отметить, что необходимо регулировать величину центробежной силы $F_{цс}$, а не скорость поступления воды в аппарат. Скорость воды во входном тангенциальном патрубке можно регулировать, просто дросселировать вентилем на воде. В этом случае будут изменяться местные потери на внезапные расширения, а скорость в соотношении [1] будет меньше номинального значения. Кроме того, большим недостатком существующих гидроциклонов, является отсутствие регулирования площади сливного патрубка в зависимости от исходной концентрации взвешенных веществ в очищаемой воде. При малых концентрациях загрязнителя, через сливной патрубок будет сливаться много чистой воды. При больших концентрациях через нижний патрубок будет сливаться не вся загрязненная фракция, а часть ее будет оставаться в воде и качество очистки будет снижено. Для решения этой задачи и рационального регулирования процесса очистки в гидроциклоне при различных расходах очищаемой воды, разработан винтовой гидроциклон.

Устройство представляет собой цилиндро-конический, в верхней части которого расположен винтовой канал. Над винтовым каналом имеется напорная камера с патрубком тангенциального подвода исходной воды. Внутри корпуса находится подвижный поршень, расположенный коаксиально корпусу,

на котором выполнены винтовые каналы расположенные в зоне винтовых каналов корпуса. Каналы на поршне с тем же шагом и направлением, что и на корпусе образующие единый винтовой канал. Винтовой поршень расположен на вертикальной полой отводной трубе, которая имеет механизм перемещения по вертикали в виде реечной или червяной передачи (Рис.1).



1 - корпус, 2 - винтовой шнек, 3 - корпус винтовых каналов, 4 - винтовые каналы, 5 - напорная камера, 6 - крышка, 7 - гибкий элемент(сильфон), 8 - зубчатое колесо, 9 - зубчатая рейка, 10 - патрубок подвода загрязненной воды, 11 - винтовой поршень, 12 - патрубок отвода чистой воды, 13 - отражатель, 14 - днище, 15 - гидроцилиндр регулирования проходного сечения патрубка отвода шлама, 16 -патрубок отвода шлама,

Рис.1 - Винтовой гидроциклон[4]

На отводной трубе, ниже винтового поршня расположен винтовой шнек, совпадающий с направлением винтового канала поршня. Винтовой шнек выполнен с переменным наружным диаметром витков, с убыванием от верхнего витка к нижнему. На нижнем срезе отводной трубы расположен отражатель.

Корпус гидроциклона в нижней части имеет коническое днище, в центре которого расположен патрубок отвода шлама. Диаметр проходного сечения патрубка отвода регулируется упругой манжетой, в полости которой находится жидкая среда (масло). Изменяя давление в полости манжеты от гидроцилиндра можно регулировать диаметр проходного сечения, в зависимости от исходной концентрации загрязняющих веществ в очищаемой воде. До начала эксплуатации конкретного винтового гидроциклона, необходимо опытным путем определить гидравлические характеристики установки при различных расходах и начальных концентрациях загрязнителей в воде. По опытным данным строится номограмма (рис 2).

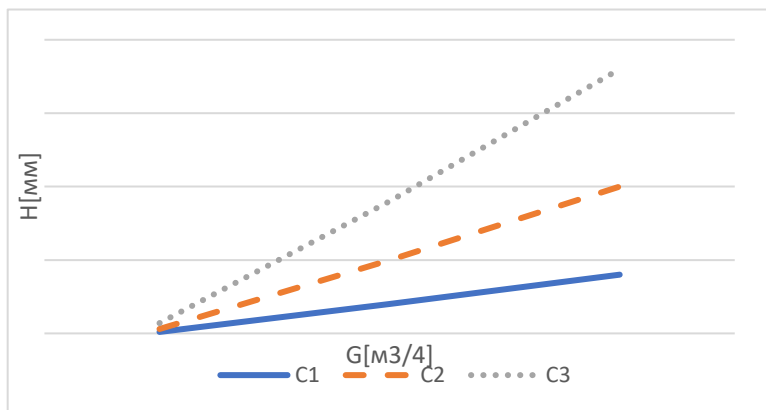


Рис.2 – Зависимость положения регулируемого поршня от исходных данных очищаемой воды

Здесь H - положение регулируемого поршня по предварительно проградуированной шкале, в диапазоне проектных значений, при различных исходных концентрациях загрязнителей C_1 , C_2 , C_3 . Одновременно с установлением положения винтового поршня H_i , используя гидроцилиндр, устанавливают необходимое гидравлическое давление внутри манжеты патрубка отвода шлама, таким образом, чтобы объем удаляемого шлама составлял 3%-5% от исходного расхода очищаемой воды. После исходной настройки аппарата приступают к процессу очистки. Исходная загрязненная вода поступает в напорную камеру через тангенциальный патрубок, закручивается и закрученный поток воды поступает в винтовое пространство, образованное каналами корпуса и поршня. Протекая по винтовому тракту жидкость приобретает необходимое вращение, обеспечивая $F_{цс}$ по формуле (1). Закрученный поток истекает из винтового канала и попадает в пространство корпуса, где движется между лопастями винтового шнека, сохраняя вращательное движение. Именно между лопастями шнека происходит сепарация взвешенных веществ и воды. Взвешенные компоненты отбрасываются к стенке корпуса и сгущаясь, сползают вниз. Толщина слоя пристеночного шлама увеличивается, однако уменьшение наружных диаметров витков шнека не нарушает целостности пристеночного шлама. Далее, шлам через отрегулированную манжету, удаляется из аппарата, а очищенная вода, по центральному отводному патрубку поступает в следующую ступень очистки, или, при оборотной системе, возвращается в повторный технологический цех

Таким образом, разработанное устройство центробежной очистки позволяет использовать аппарат для широкого диапазона расходов очищаемой воды, обеспечивая необходимое качество очистки.

Литература:

1. Тимонин А. С. Инженерно-экологический справочник. Т.2., Издательство Н. Бочкаревой 2003. 884с.
2. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. Учебник. Под ред. В. Г. Айнштейна. М; Логос; Высшая школа, 2003. – 1912 с.
3. Чефанов В. М. Расчет гидравлических систем. Учебн. пособие. Казань, «Экоцентр», 2009.– 72с.
4. Регулируемый гидроциклон. Мингазетлинов И.Х и др. Патент на изобретение №2761550. Бюл. №34 от 09.12.2021

УДК 621.039.58

МОНИТОРИНГ И ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ БЕЛОРУССКОЙ АЭС НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Глинская Е. Е., студент

Научный руководитель Рудой А.А.

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Беларусь

В статье рассматривается влияние Белорусской АЭС на окружающую среду, включая методы мониторинга и контроля экологических рисков. Также анализ и разбор политики в сфере охраны окружающей среды.

Ключевые слова: Белорусская АЭС, охрана окружающей среды, экосистема, мониторинг.

В соответствии с указом Президента Республики Беларусь от 12 ноября 2007 года № 565 «О некоторых мерах по строительству атомной электростанции», в декабре 2007 года было создано государственное учреждение «Дирекция строительства атомной электростанции». Указом Президента Республики Беларусь от 30 декабря 2013 года № 583 «О реорганизации государственного учреждения «Дирекция строительства атомной электростанции» учреждение реорганизовано в республиканское унитарное предприятие «Белорусская атомная электростанция» (Государственное предприятие «Белорусская АЭС»).

По результат отчета экологического мониторинга в зоне наблюдения Белорусской АЭС можно выделить следующее: Белорусская АЭС представляет собой 2-х блочную атомную станцию внутри которой установлен реактор В-491. Мощность энергоблока ВВЭР-1200 достигает 1194МВт. Месторасположение Белорусской АЭС определены инженерно-

геологическими условиями, рельефом местности и условиями ветрового режима, с учетом нормативных документов предусмотренных по размещению Атомной станции. Находится АЭС в Островецком районе Гродненской области Республики Беларусь. Площадка АЭС занимает территорию площадью около 1 км². Радиус зоны наблюдения станции составляет 12,9 км. На АЭС отстроена оборотная система техводоснабжения с брызгальными бассейнами.

Одним из высших приоритетов государственного предприятия «Белорусская АЭС» является производство электрической энергии безопасным и экологически чистым способом для территории страны.

Главная задача экологической политики – обеспечить производство электроэнергии, не наносящее вреда окружающей среде, и использовать природные ресурсы бережно и разумно. Это делается для того, чтобы сохранить, поддерживать и защищать природные экосистемы, а также здоровье людей. Другими словами, цель – найти баланс между потребностями общества в энергии и ресурсах и необходимостью защитить планету и ее обитателей. Это подразумевает переход к экологически чистым источникам энергии, снижение объемов потребления ресурсов, минимизацию отходов и предотвращение загрязнения окружающей среды на всех этапах производства и потребления энергии. В конечном итоге, речь идет о создании устойчивой энергетической системы, которая не угрожает будущим поколениям.

Политика в сфере охраны окружающей среды сосредоточена на следующих ключевых аспектах:

1. Защита природной среды – это основная цель, которая включает в себя мероприятия по сохранению экосистем и минимизации негативного воздействия на природу.

2. Соблюдение действующих экологических норм и требований – организации обязаны выполнять все применимые законы и стандарты в области экологии, а также следовать взятым на себя обязательствам.

3. Постоянное совершенствование системы управления окружающей средой – подразумевает регулярный анализ и улучшение процессов, связанных с охраной природы, чтобы достичь более высоких стандартов экологической безопасности и устойчивого развития.

Таким образом, данная политика ориентирована на комплексный подход к охране окружающей среды, обеспечивая не только соблюдение норм, но и активное стремление к улучшению экологической ситуации.

Государственное предприятие «Белорусская АЭС» заявляет, что обеспечение радиационной безопасности является одним из приоритетов деятельности по использованию атомной энергии. В 2023 году основными источниками выбросов на атомной электростанции стали пуско-резервная котельная и котельная военного городка, обслуживающего АЭС. Общий объем выбросов составил 1,612 т, из которых: оксид углерода – 0,684 т, диоксид азота

– 0,801 т, оксид азота – 0,127 т, диоксид углерода – 1,646 т. Общее количество загрязняющих веществ, выброшенных в атмосферный воздух от упомянутых источников в отчетном году, не превысило нормы, установленные Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь в разрешительных документах на выбросы.

За отчетный период на предприятии образовалось 281,226 т отходов.

Из них:

-1-го класса опасности – 0,530 т;

-2-го класса опасности – отходов не образовалось;

-3-го класса опасности – 2,497 т;

-4-го класса опасности – 17,24 т;

-неопасных отходов – 260,94 т;

-отходы с неуказанными степенью и классом опасности – 0,016 т.

В 2023 году был проведен полный комплекс наблюдений за уровнем, стоком, ледовым, термическим режимами и мутностью воды в реках Вилия, Страча, Гозовка и Полпе. Катастрофические и опасные гидрологические явления не зафиксированы. Результаты радиационного мониторинга фиксируются в утвержденных формах первичной документации. Что касается мощности дозы гамма-излучения на территории, данные, собранные в 2023 году, свидетельствуют о том, что уровни мощности дозы излучения в точках наблюдения, расположенных рядом со строительной площадкой Белорусской АЭС, варьировались от 0,10 до 0,12 мкЗв/ч, что соответствует фоновым значениям данного показателя.

Значения суммарной бета-активности в суточных пробах радиоактивных выпадений из атмосферы в 2023 году практически соответствовали средним многолетним установившимся значениям для данного региона и находились в пределах от <0,5 – 4,6 Бк/м²·сут. Средние за квартал значения суммарной бета-активности находились в пределах 1,0-1,6 Бк/м²·сут., что не превышает значений этого показателя за 2022 год и не превышает установившихся многолетних значений для стационарных пунктов наблюдений Белгидромета, расположенных в районе строительства Белорусской АЭС. Содержание естественных радионуклидов в пробах почвы характерно для дерново-подзолистых почв. Молочная продукция контрольных животноводческих пунктов соответствует Республиканским допустимым уровням содержания радионуклидов. Результаты измерения радионуклидов в воде и филе рыбы являются относительно низкими.

Проведя оценку изменения радиэкологических параметров на сети контрольных животноводческих пунктов периода 2014-2023 годы, можно заключить, что существенных изменений не произошло. В заключение, влияние Белорусской АЭС на экосистему является многогранным вопросом, требующим комплексного подхода к оценке рисков и выгод. Для минимизации негативных

последствий необходимо внедрение строгих экологических норм и стандартов, а также постоянный мониторинг состояния окружающей среды в районе станции.

Литература:

1. Отчет по результатам экологического мониторинга в зоне наблюдения Белорусской АЭС [Электронный ресурс] // Белорусская АЭС. – Режим доступа: <https://www.belaes.by/ru/>. – Дата доступа: 10.04.2025.

2. Электронная Атомная Электростанция [Электронный ресурс] // Белорусская АЭС. – Режим доступа: <https://belaes.by/ru/ekologiya/otchet-po-rezultatam-ekologicheskogo-monitoringa-v-zone-nablyudeniya-belorusskoj-aes.html>. – Дата доступа: 10.04.2025.

УДК 628.314

ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОКОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Гляковский П.И., студент

Научный руководитель Морзак Г. И.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Сточные воды, образующиеся на пищевых предприятиях, содержат значительное количество химических и биологических загрязняющих веществ, что делает необходимым применение эффективных методов их очистки и обеззараживания. Важно отметить, что в производственных стоках присутствуют и полезные компоненты, которые могут быть повторно использованы. Например, жиры могут найти применение в косметической индустрии, а костные остатки и минерализованный осадок — в производстве удобрений и биологически активных добавок. Учитывая специфику таких стоков, необходимо постоянно совершенствовать очистные сооружения и внедрять современные высокоэффективные технологии с использованием инновационного оборудования.

Ключевые слова: производственные сточные воды, технологии очистки, методы обработки сточных вод, очистные сооружения.

Выбор методов очистки производственных сточных вод (ПСВ) на предприятиях пищевой промышленности основывается на высоком содержании органических загрязнителей, их сложном составе и неравномерном поступлении стоков. Очистка ПСВ на предприятиях пищевой промышленности требует внедрения современных технологий, обеспечивающих высокую степень очистки и защиту окружающей среды. Эти процессы способствуют устойчивому развитию отрасли и повышению экологической безопасности производства. Среди наиболее распространенных и экономически

целесообразных методов можно выделить механическую очистку, флотацию и биологическую очистку [1].

Механическая очистка включает в себя этапы процеживания, отстаивания и фильтрации. Для этих процессов используются установки, такие как песколовки, решётки (как вертикальные, так и наклонные) и фильтры, которые эффективно удаляют грубодисперсные примеси. На первом этапе очистки стоки проходят через механические решётки для задержания крупных частиц и волокон. Затем в песколовках удаляется песок, а взвешенные вещества оседают в отстойниках. Если в стоках присутствуют жиры, для их отделения применяются жироловки. Для удаления более мелких частиц, включая коллоидные, используются центробежные аппараты, такие как гидроциклоны. Применение таких установок позволяет компактно размещать оборудование и автоматизировать процессы. Эффективность очистки на этом этапе может достигать 70 %. Очистка ПСВ на предприятиях пищевой промышленности является критически важной для поддержания экологического равновесия и оптимизации производственных процессов. Современные технологии очистки и регулярное обновление оборудования играют ключевую роль в эффективном решении этой задачи.

Одним из основных этапов в процессе очистки ПСВ является флотация. Наиболее эффективным методом флотации считается напорная флотация, при которой создаётся водовоздушная смесь благодаря разнице давления. В результате пузырьки воздуха поднимают взвешенные частицы на поверхность, образуя флотокомплексы. Этот метод позволяет эффективно удалять из стоков тонкодисперсные частицы, белковые соединения и эмульгированные жиры. Однако механические и физико-химические методы очистки не всегда способны полностью снизить содержание органических веществ и обеспечить необходимое качество воды для сброса в водоёмы, что делает необходимым применение биологической доочистки.

Биологическая очистка может происходить как в анаэробных условиях (например, в метантенках), так и в аэробных (с использованием активного ила). Для ПСВ с многокомпонентным составом и трудноудаляемыми органическими веществами часто используется многоступенчатая схема очистки, которая включает механическую обработку, флотацию и биологическую доочистку. Важным этапом является усреднение стоков, проводимое после отстаивания и механической очистки, что позволяет компенсировать их неравномерное поступление на очистные станции. Перед сбросом очищенной воды в водоёмы необходимо провести её обеззараживание, а также процессы нитрификации и денитрификации. Схема основных этапов очистки ПСВ предприятий пищевой промышленности представлена на рисунке 1.

ПСВ молочных заводов имеют свои особенности, связанные с высоким содержанием органических веществ, таких как белковые хлопья, жиры и

молочный сахар, а также ПАВ, которые попадают в стоки при мойке оборудования. Основную часть стоков составляет молочная сыворотка, которую можно перерабатывать для повторного использования, что снижает потери сырья. Поскольку температура таких стоков может достигать 25–70°C, использование жироловок на этапе механической очистки становится менее эффективным. Для снижения температуры применяются теплообменники, а для стабилизации уровня pH вводятся специальные реагенты. Большая часть органических соединений удаляется на этапе флотации, после чего вода направляется в аэротенки для глубокой биологической очистки.



Рисунок 1 - Схема основных этапов очистки производственных сточных вод предприятий пищевой промышленности

Состав производственных ПСВ мясоперерабатывающих предприятий варьируется в зависимости от этапов технологического процесса. На этапе предубойного содержания животных в стоки попадают такие загрязнители, как шерсть, остатки корма, песок и навоз. Во время убоя скота и разделки туш стоки загрязняются кровью, жиром, осколками костей, шерстью и отходами (каныгой). На этапах переработки мясного сырья в полуфабрикаты в ПСВ обнаруживаются мясные волокна, жиры, фосфаты и хлориды, а при упаковке готовой продукции стоки пополняются хозяйственно-бытовыми загрязнениями. Кроме того, производственные стоки часто содержат яйца

гельминтов и патогенные микроорганизмы, что требует установки специализированных очистных систем на всех стадиях обработки. Общая схема очистки сточных вод мясокомбинатов включает следующие этапы:

удаление свободных жиров → механическая очистка от примесей, песка, остатков кормов и подстилки → усреднение и нейтрализация стоков → флотация с применением коагулянтов и флокулянтов → очистка в метантенках и аэротенках → УФ-обеззараживание перед сбросом в водоемы.

ПСВ пивоваренной промышленности содержат загрязнения, образующиеся в процессе мойки оборудования, бутылок, а также при переработке растительного сырья и производства. Основные загрязнители включают остатки готовой продукции, солодовые ростки с высоким содержанием белка, пивную дробину, дрожжевые грибки и частицы хмеля. Условно загрязнённые воды, применяемые в теплоносителях, могут быть использованы повторно после охлаждения. Пивоваренные стоки, как правило, имеют кислую среду из-за быстрого закисания. Типовая схема их очистки состоит из следующих этапов:

механическая очистка от крупных примесей с предварительным отстаиванием → усреднение стоков и нейтрализация рН → реагентная обработка и окончательное отстаивание → многоступенчатая биологическая очистка в метантенках и аэротенках → аэробная доочистка.

ПСВ кондитерских предприятий отличаются отсутствием токсичных веществ. Основные загрязнители — это органические соединения, такие как остатки муки, теста, сахара, белков и жиров. При производстве шоколада в стоках обнаруживаются частицы какао-бобов, из-за чего их рН становится щелочным. Для сброса таких стоков в городскую канализацию обычно достаточно химической обработки реагентами. Однако, если стоки направляются в рыбохозяйственные водоёмы, требуется глубокая биологическая очистка. Очистка ПСВ на кондитерских предприятиях включает несколько ключевых этапов:

механическое удаление свободного жира отстаиванием и последующее усреднение стоков → физико-химический метод напорной флотации с применением реагентов (коагулянты на основе Al или Fe, флокулянты – полиакриламид) → биологическая очистка от растворенных углеводов.

На хлебозаводах основными загрязнителями являются остатки муки, вода от промывания и приготовления дрожжей, конденсат с технологического оборудования, а также хозяйственно-бытовые стоки, возникающие в процессе уборки помещений. Эти стоки создают благоприятную среду для размножения патогенных микроорганизмов и болезнетворных бактерий. На первом этапе очистки используются решётки, песколовки, первичные отстойники и флотаторы для удаления крупных нерастворимых примесей и взвесей. Биологическая обработка таких ПСВ включает сочетание аэробных и

анаэробных процессов, что позволяет эффективно устранять органические загрязнения и частично обезвреживать неорганические компоненты. Применение УФ- установок для доочистки даёт возможность использовать очищенную воду в системе возвратного водоснабжения, а отработанные минеральные вещества могут быть использованы в качестве удобрений.

Общая схема технологического процесса представлена на рисунке 2. Подходы к очистке ПСВ различных отраслей пищевой промышленности зависят от типа загрязнений и требований к уровню очистки. Регулярное внедрение новых технологий способствует более эффективной защите окружающей среды и оптимизации производственных процессов [2].

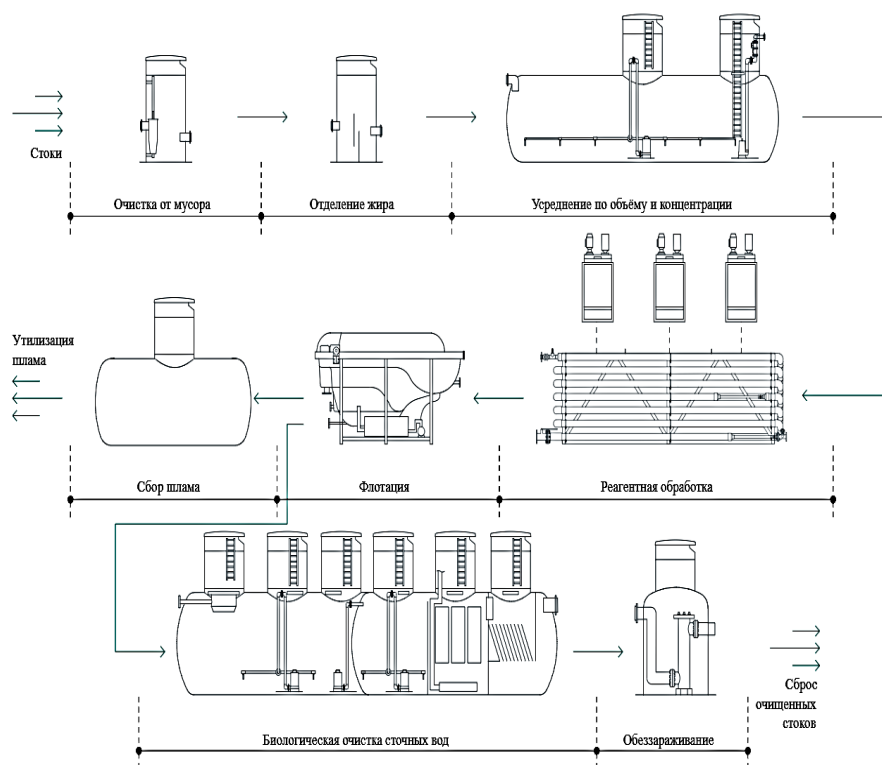


Рисунок 2 -Технологическая схема очистки производственных сточных вод предприятий пищевой промышленности

При выборе технологии очистки ПСВ важно учитывать требования к качеству очищенной воды. Высокая концентрация загрязняющих веществ, а также преобладание органических и минеральных взвесей, требует

многоступенчатого подхода к очистке. Это позволит достичь необходимого уровня очистки, соответствующего стандартам сброса в водоемы, используемые для рыбного хозяйства.

Литература:

1. Яромский, В. Н. Очистка сточных вод пищевых и перерабатывающих предприятий / В. Н. Яромский. – Минск: Издательский центр БГУ, 2009. – 171с.
2. Очистка сточных вод промышленных предприятий: учеб.-метод. Пособие [Электронный ресурс] / сост. Т.И. Халтурина. – Электрон. дан. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014.- Дата доступа 03.04.2025.

УДК 628.477

К ВОПРОСУ ОБ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ

Головач А.И., студент

Научный руководитель Сидорская Н.В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В статье дан обзор традиционных и инновационных методов переработки отходов, таких как сжигание, захоронение, компостирование и механическая переработка. Эффективная утилизация отходов не только помогает решить экологические проблемы, но и открывает новые возможности для бизнеса и устойчивого развития.

Ключевые слова: отходы, утилизация отходов, сжигание отходов, захоронение отходов, переработка отходов, компостирование.

Утилизация отходов становится одной из наиболее значимых проблем, с которыми сталкивается современное общество. С каждым годом объемы производимых и потребляемых материалов продолжают расти, что, в свою очередь, приводит к увеличению количества образующихся отходов. Неправильное обращение с ними может вызвать серьезные экологические, экономические и социальные последствия.

Основные проблемы, связанные с отходами:

Рост объемов отходов. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), количество твердых бытовых отходов (ТБО) в мире увеличивается на 3-5% ежегодно. Это связано с ростом численности населения, увеличением уровня потребления и изменениями в образе жизни. Прогнозы показывают, что к 2050 году объем отходов может достичь 3,4 миллиарда тонн в год.

Загрязнение окружающей среды. Неправильная утилизация отходов приводит к загрязнению почвы, водоемов и атмосферы. Пластиковые отходы, разлагающиеся на протяжении сотен лет, загрязняют океаны и представляют угрозу для морской флоры и фауны. Токсичные вещества, содержащиеся в

мусоре, могут попадать в грунтовые воды, создавая опасность для здоровья человека.

Социальные проблемы. Отходы также приводят к социальным проблемам, ухудшая качество жизни в населенных пунктах, расположенных рядом с мусорными свалками. Жители таких районов сталкиваются с неприятными запахами, вредными выбросами и повышенным риском заболеваний.

Среди способов утилизации отходов основное место занимают сжигание, захоронение, переработка, компостирование. Каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки.

Сжигание отходов – это один из методов утилизации, который включает сжигание твердых бытовых или промышленных отходов при высоких температурах.

Преимущества сжигания отходов:

Снижение объема отходов. Сжигание позволяет значительно уменьшить объем отходов, что помогает сократить потребность в свалках.

Производство энергии. При сжигании отходов выделяется тепло, которое можно использовать для производства электроэнергии или отопления.

Уничтожение патогенов и токсинов. Высокие температуры помогают уничтожать бактерии, вирусы и другие вредные микроорганизмы.

Недостатки сжигания отходов:

Выбросы загрязняющих веществ. Процесс сжигания может приводить к выбросу токсичных веществ, таких как диоксины и фураны, если не используются современные системы очистки.

Затраты на технологии. Современные установки для сжигания требуют значительных инвестиций в технологии очистки и контроля выбросов.

Проблема с отходами. После сжигания остается зола, которая также требует утилизации.

Сжигание отходов может быть эффективным методом утилизации при условии наличия современных технологий и строгого контроля за выбросами. Однако оно не является универсальным решением и должно сочетаться с другими методами управления отходами, такими как переработка и компостирование, для достижения наилучших экологических результатов.

Захоронение отходов на свалках является традиционным методом, однако он вызывает проблемы с загрязнением окружающей среды и занимает большие площади земли. Захоронение отходов – это один из наиболее распространенных методов утилизации, который включает размещение отходов в специально отведенных для этого местах, таких как свалки. Этот метод имеет свои плюсы и минусы.

Преимущества захоронения отходов:

Простота и доступность. Захоронение является простым и экономически выгодным методом утилизации, который не требует сложных технологий.

Низкие первоначальные затраты. Строительство свалок обычно требует меньших первоначальных инвестиций по сравнению с другими методами, такими как сжигание или переработка.

Сохранение пространства. В некоторых случаях захоронение может быть более эффективным способом хранения отходов, особенно для тех, которые не подлежат переработке.

Недостатки захоронения отходов:

Загрязнение окружающей среды. Свалки могут загрязнять почву, воду и воздух, если не обеспечивается должный контроль за выбросами и утечками.

Проблема с пространством. Свалки занимают большие площади земли и могут быстро заполняться, что создает необходимость в поиске новых участков.

Выбросы метана. Разложение органических отходов на свалках приводит к образованию метана — мощного парникового газа, способствующего изменению климата.

Долгосрочные последствия. Отходы могут оставаться на свалках на протяжении десятилетий или даже веков, создавая долгосрочные экологические проблемы.

Захоронение отходов остается важным методом утилизации. Однако его использование должно быть сбалансировано с другими методами управления отходами, такими как переработка и компостирование, чтобы минимизировать негативное воздействие на окружающую среду и обеспечить устойчивое управление отходами.

Переработка отходов позволяет повторно использовать материалы и снижать объемы отходов. Это включает в себя сортировку, переработку бумаги, стекла, пластика и металлов. Однако переработка требует значительных затрат и технологий.

Преимущества переработки отходов:

Снижение объема отходов. Переработка помогает уменьшить количество отходов, которые отправляются на свалки, тем самым продлевая срок службы существующих свалок и снижая потребность в новых.

Экономия энергии. Производство новых материалов из переработанных материалов обычно требует меньше энергии по сравнению с производством из первичных ресурсов.

Снижение загрязнения. Переработка может снизить выбросы парниковых газов и другие загрязняющие вещества, связанные с производственными процессами.

Недостатки переработки отходов:

Затраты на сбор и сортировку. Процесс сбора и сортировки отходов может быть дорогим и трудоемким.

Ограниченные возможности переработки. Не все материалы подлежат переработке, и некоторые виды отходов могут быть сложно перерабатываемыми или вообще не перерабатываемыми.

Необходимость в потребительском спросе. Переработанные материалы должны иметь рынок сбыта; без спроса на них переработка становится неэффективной.

Переработка отходов является важным методом утилизации, который способствует устойчивому развитию и охране окружающей среды. Однако для максимальной эффективности необходимо развивать инфраструктуру, повышать осведомленность населения о важности сортировки отходов и создавать рыночные механизмы для поддержки использования переработанных материалов.

Компостирование органических отходов позволяет превращать их в удобрения для растений. Этот метод является экологически чистым и способствует уменьшению объема ТБО.

Преимущества компостирования:

Снижение объема отходов. Компостирование позволяет значительно сократить количество органических отходов, отправляемых на свалки, тем самым уменьшая нагрузку на систему утилизации.

Улучшение качества почвы.

Снижение выбросов метана. Органические отходы на свалках разлагаются анаэробно (без кислорода), что приводит к образованию метана – парникового газа. Компостирование, происходящее в аэробных условиях (с кислородом), минимизирует этот процесс.

Компостирование способствует созданию благоприятной среды для микроорганизмов и других организмов, которые помогают поддерживать здоровье экосистемы.

Недостатки компостирования:

Необходимость в пространстве. Для компостирования требуется определенное пространство, что может быть проблемой для жителей городских районов или тех, у кого ограниченные земельные участки.

Требования к условиям. Эффективное компостирование требует соблюдения определенных условий, таких как правильное соотношение углерода и азота, влажность и аэрация. Неправильные условия могут привести к неприятным запахам и замедлению процесса разложения.

Время. Компостирование — это не мгновенный процесс; он может занимать от нескольких недель до нескольких месяцев в зависимости от условий и типа отходов.

Не все отходы подходят для компостирования. Некоторые материалы, такие как мясо, молочные продукты и масла, могут привлекать вредителей и

вызывать неприятные запахи, поэтому их не рекомендуется добавлять в компост.

Компостирование является эффективным методом утилизации органических отходов, который приносит пользу как окружающей среде, так и сельскому хозяйству. С учетом его преимуществ и недостатков, важно развить программы по компостированию и повышать осведомленность населения о его значимости для устойчивого управления отходами и охраны окружающей среды.

Таким образом, нет единственного более эффективного метода утилизации отходов, так как выбор метода зависит от множества факторов, включая тип отходов, местные условия и инфраструктуру.

Решение проблемы утилизации отходов требует комплексного подхода и включает в себя как индивидуальные, так и общественные меры.

Стратегии, которые могут помочь в решении этой проблемы:

1. Сокращение отходов на этапе производства и потребления: минимизация упаковки; многоразовые продукты.

2. Повышение осведомленности и образования: проведение кампаний по информированию населения о важности утилизации и правильных методах сортировки отходов; организация мероприятий для вовлечения сообщества в практики утилизации.

3. Система раздельного сбора отходов: обеспечение доступности контейнеров для различных типов отходов.

4. Развитие инфраструктуры переработки: стимулирование строительства новых заводов для переработки различных видов отходов; поддержка местных проектов по переработке и утилизации.

5. Использование технологий: исследование и внедрение новых технологий для переработки трудно перерабатываемых материалов, таких как пластик.

6. Законодательство и политика: разработка законов, способствующих уменьшению отходов и поддерживающих переработку; налоговые льготы или субсидии для компаний, которые активно занимаются переработкой и сокращением отходов.

7. Поддержка экономики замкнутого цикла: поддержка научных исследований в области устойчивого производства и утилизации.

Утилизация отходов является одной из наиболее значимых проблем XXI века, требующей комплексного подхода и совместных усилий общества, государства и бизнеса. Применение современных технологий, просвещение населения и изменение потребительских привычек могут помочь в решении этой проблемы и создании более устойчивого будущего для планеты. Для разработки эффективных стратегий управления отходами, повышения уровня осведомленности и внедрения инновационных технологий.

Литература:

1. Бикбау М.Я. Новые технологии для обезвреживания и полной переработки бытовых отходов: Монография. – 3-е изд. / М.Я. Бикбау, В.А. Лисичкин. – Москва : Дашков и К, 2023. – 76 с.

2. Власов, О.А. Технологии переработки отходов / О.А. Власов. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 304 с.

УДК 621.039.58

МОНИТОРИНГ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Гребенько А.Д., Огий А.А., студенты

Научный руководитель Кляусова Ю.В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье рассматриваются основные направления применения искусственного интеллекта (ИИ) и последних достижений в экологическом мониторинге, перспективы развития данных технологий.

Ключевые слова: Мониторинг окружающей среды, искусственный интеллект, экологические проблемы, изменение климата, биоразнообразие, стихийные бедствия, национальная система мониторинга, спутниковые системы.

Современные технологии мониторинга окружающей среды, и, в частности, ИИ, играют ключевую роль в мониторинге и защите окружающей среды. С каждым годом количество экологических проблем возрастает: изменение климата, загрязнение воздуха и воды, вырубка лесов, утрата биоразнообразия и стихийные бедствия требуют оперативного и точного анализа. Традиционные методы экологического мониторинга зачастую требуют значительных ресурсов и времени, тогда как ИИ позволяет автоматизировать процесс сбора, анализа и прогнозирования данных, делая мониторинг более эффективным.

Стоит также отметить, что с 1992 года на территории Республики Беларусь введена в работу Национальная система мониторинга окружающей среды. Она активно использует современные системы анализа, которые ведут сбор данных с помощью разнообразных сенсоров и систем [1]:

1. Спутниковые системы.

Спутники предоставляют глобальные данные о состоянии атмосферы, гидросферы и биосферы и ведут мониторинг изменений экосистем, температуры, уровня загрязнения атмосферы.

Основные параметры мониторинга:

- Загрязнение воздуха (NO₂, CO₂, PM_{2.5});
- Температура поверхности Земли и воды;
- Вырубка лесов и изменения в землепользовании;
- Разливы нефти и другие экологические катастрофы.

Примером спутниковых систем является система спутников NASA Terra/Aqua (MODIS), Sentinel (ESA, Copernicus), Landsat (NASA, USGS).

Преимуществом данной системы является охват больших территорий и разнообразие получаемых данных, благодаря гибкости спутников можно своевременно получать большие объёмы данных. Главным недостатком данного метода мониторинга является зависимость от погодных условий и задержка обновления данных [2].

2. Дроны с датчиками.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) позволяют оперативно собирать данные на небольших территориях.

Основные параметры мониторинга:

- Содержание загрязняющих веществ в атмосфере (CO, NO₂, SO₂, PM_{2.5});
- Температура и влажность воздуха;
- Загрязнение водоемов и почвы (с помощью спектрометров);
- Радиоактивное загрязнение (например, после аварий).

На практике дроны используются для мониторинга качества окружающей среды в промышленных и городских пространствах, а также для труднодоступных мест. С помощью дронов ведётся оценка ущерба от природных катастроф (наводнения, пожары). Также они незаменимы в области исследования таяния ледников.

Преимуществами являются высокая точность данных и гибкость применения за счет универсальной конструкции аппарата и легкости модификации. Но ограниченный радиус действия и необходимость специально обученных операторов ограничивает широкое распространение данного метода измерения [3].

3. Наземные датчики IoT.

Сети датчиков Интернета вещей (IoT) обеспечивают постоянный мониторинг параметров окружающей среды в режиме реального времени.

Основные параметры мониторинга:

- Качество воздуха (CO₂, CO, SO₂, NO_x, озон, мелкодисперсные частицы PM_{2.5} и PM₁₀);
- Качество воды (рН, уровень кислорода, загрязнения тяжелыми металлами, биологическое загрязнение);
- Шумовое загрязнение (уровень шума в городах, влияние на экосистемы);
- Радиационный фон.

В мониторинге окружающей среды из всего разнообразия датчиков наиболее популярны:

- AirVisual — сеть датчиков качества воздуха в городах;
- Smart Water Monitoring — IoT-система для контроля загрязнений в водоемах;
- ГЕОВОТ — система анализа почвы в сельском хозяйстве.

Сети датчиков Интернета вещей позволяют получить высокую детализацию данных, благодаря широкому спектру собираемых данных и большому количеству датчиков в сети. Но при этом, серьезным недостатком является необходимость калибровки датчиков и постоянного подключения к сети. Из-за особенностей изготовления датчиков, стоимость развертывания сети на сегодняшний день очень высокая. Благодаря последним достижениям в полупроводниковой технике, ожидается, что стоимость производства датчиков снизится [2].

4. Общественные данные и краудсорсинг.

Сегодня технологии позволяют привлекать людей к сбору данных об окружающей среде. Это существенно снижает затраты на сбор и хранение данных и позволяет проводить обучающие мероприятия, которые повышают уровень осведомленности людей о важности экологических мероприятий. Но из-за массовости и огромного потока непроверенных данных возрастает вероятность ошибки и недоверия к данным.

Примерами популярных ресурсов являются:

- Приложения для мониторинга воздуха (Plume Labs, BreezoMeter) — пользователи передают данные со своих мобильных устройств;
- ГИС-платформы (Google Earth Engine, OpenStreetMap) — анализ данных, предоставленных пользователями;
- Проекты гражданской науки (Citizen Science) — экологи-любители помогают анализировать состояние экосистем [3].

5. Компьютерное моделирование и прогнозирование

Нейросети и ИИ играют ключевую роль в обработке огромного количества данных, поступающих от спутников, дронов, IoT-датчиков и других источников данных. Эти технологии позволяют не только анализировать данные в реальном времени, но и прогнозировать экологические изменения, выявлять аномалии и разрабатывать стратегии по улучшению состояния окружающей среды.

Одним из ключевых направлений применения ИИ в области оценки качества окружающей среды является обработка спутниковых снимков и изображений с дронов с использованием методов компьютерного зрения. Это позволяет в режиме реального времени анализировать состояние природных объектов и выявлять экологические нарушения.

Также ИИ помогает анализировать многолетние климатические данные и строить прогнозы по изменению температуры, уровню осадков и вероятности природных катастроф. Он активно применяется для анализа данных о загрязнении воздуха, воды и почвы. Сенсоры и датчики в сочетании с нейросетевыми алгоритмами позволяют контролировать экологическую обстановку в городах и природных зонах.

Применение:

- Прогнозирование загрязнения воздуха (Google Air View использует ИИ для предсказания качества воздуха в городах);
- Моделирование климатических изменений (модели IPCC оценивают сценарии глобального потепления);
- Выявление аномалий (например, внезапное ухудшение состояния водоемов или изменение уровня загрязнений) [3].

Заключение

Современные технологии позволяют комбинировать разные источники данных для более точного мониторинга окружающей среды. ИИ уже сегодня оказывает значительное влияние на экологический мониторинг, делая его более быстрым, точным и доступным. Развитие технологий машинного обучения, компьютерного зрения и анализа больших данных позволяет не только контролировать текущую ситуацию, но и предсказывать экологические риски, предотвращая их последствия.

В перспективе дальнейшее развитие ИИ в экологии может привести к созданию глобальных систем мониторинга, которые в режиме реального времени будут отслеживать изменения окружающей среды и рекомендовать оптимальные меры для ее защиты.

Использование искусственного интеллекта в сочетании с современными технологиями в области мониторинга окружающей среды — это не просто технологический прорыв, а важный шаг на пути к устойчивому будущему нашей планеты.

Литература:

1. Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь до 2035г. — <https://economy.gov.by/uploads/files/ObsugdaemNPA/NSUR-2035-1.pdf> (Дата обращения 19.03.2025)
2. Якунина, И.В., Попов, Н.С. — Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг: учебное пособие — (2009).
3. Городнова Н.В. — Применение искусственного интеллекта в проектах «smart - экология» — (2021).

УДК 504.3.054

РАСЧЕТ ПРИЗЕМНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ КОМПОНЕНТОВ ВЫБРОСОВ АВТОТРАНСПОРТА, ПОСТУПАЮЩИХ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ НА НАГРУЖЕННОЙ АВТОМАГИСТРАЛИ НА ТЕРРИТОРИИ Г.КАЗАНИ

**Денисенко В.А., бакалавр,
Научный руководитель Шагидуллин А.Р.,
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ» (г. Казань)
Институт проблем экологии и недропользования Академии наук
Республики Татарстан**

В настоящей статье приведены результаты расчета приземных концентраций компонентов выбросов в приземном слое атмосферного воздуха в зоне действия автомагистрали. В качестве территории исследования был выбран Проспект Победы, который является одной из самых нагруженных автомагистралей на территории г.Казань. Проведены расчеты ожидаемых максимальных разовых концентраций в зоне влияния автомагистрали..

Ключевые слова: автотранспорт, выбросы в атмосферу, загрязняющие вещества, максимальная разовая концентрация.

В крупных городах автотранспорт по объему выбросов является основным источником поступления загрязняющих веществ в приземный слой атмосферного воздуха. В связи с постоянным увеличением количества автотранспортных единиц негативное влияние транспортных средств приводит к необходимости развития системы расчетного экологического мониторинга выбросов передвижных источников загрязнения и поиска решений для минимизации их негативного воздействия [1-2]. В рамках настоящего исследования была поставлена задача определения приземных концентраций компонентов выбросов автотранспортом на автомагистрали пр. Победы г. Казани.

Для определения количества выбросов вредных веществ, поступающих на том или ином участке улично-дорожной сети с выхлопами автотранспорта, используется «Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха» [3], разработанная для выполнения инвентаризации выбросов при проведении сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха.

Согласно данной методике, определение выбросов основывается на данных наблюдений за интенсивностью движения автотранспорта (количеством проездов за установленный временной промежуток в 20 мин) с

выделением 5 отдельных категорий: легковые автомобили, автофургоны и микроавтобусы массой до 3,5 тонн, грузовые автомобили от 3,5 до 12 тонн, грузовые автомобили свыше 12 тонн, автобусы более 3,5 тонн.

Для определения максимальных разовых концентраций вредных веществ наблюдения проводятся в периоды максимальной транспортной нагрузки.

Следующим этапом, на основе полученных данных наблюдений, с учетом представленных в методике пробеговых выбросов (удельных значений выбросов загрязняющих веществ на единицу длины автодороги для каждой категории транспорта) и протяженности исследуемого участка пути, проводится расчет количества выбрасываемых загрязняющих веществ. Методика позволяет рассчитывать выбросы для следующих вредных веществ (групп веществ): углерода оксид (CO), азота оксид (NO), азота диоксид (NO₂), взвешенные мелкодисперсные частицы PM_{2,5}, бензин, керосин, серы диоксид (SO₂), формальдегид (CH₂O), бензапирен (C₂₀H₁₂, установлены только среднесуточные ПДК), метан (CH₄).

Дальнейшим этапом является проведение расчета рассеивания загрязняющих атмосферный воздух веществ, который позволяет собственно установить ожидаемые концентрации вредных веществ, формируемых на прилегающих к автодороге территориях выбросами автотранспорта.

Расчеты рассеивания проводились с использованием программного обеспечения УПРЗА «Эколог» (4.70). Программа реализует методику расчета рассеивания загрязняющих веществ [4]. Расчеты выполнялись с полным перебором метеорологических условий в пределах климатической характеристики г.Казань для определения максимальных разовых концентраций. Таким образом, дальнейшие результаты детализированы для веществ, имеющих установленные максимальные разовые предельно допустимые концентрации [5].

После изучения расположения исследуемого участка дороги и находящейся под его влиянием городской застройки, были определены параметры расчетной сетки для проведения расчетов распределения концентраций (полей концентраций). Расчеты проводились для прямоугольника 500*500 м. Шаг расчетной сетки выбран равным 20 м. Также были определены характерные точки размещения ближайших к проезжей части строений. Расчеты проводились с детализацией максимальных концентраций в точках, указанных в табл. 1.

Полученное в результате расчетов распределение концентраций вредных веществ в выбранных расчетных точках указано в табл. 2. Для оценки степени негативного воздействия полученных абсолютных концентраций вредных веществ использовались установленные максимальные разовые предельно допустимые концентрации.

Таблица 1 - Расчетные точки для детализации максимальных разовых концентраций

Код	Координаты в системе координат МСК-16 (зона 2), м		Высота расчета, м	Комментарий
	X	Y		
1	1310869,50	471336,00	2	Многоквартирный жилой дом, пр. Победы 19
2	1311087,00	471546,50	2	Многоквартирный жилой дом, пр. Победы 29
3	1311171,50	471628,00	2	Многоквартирный жилой дом, пр. Победы 33
4	1311244,50	471406,50	2	Многоквартирный жилой дом, пр. Победы 36
5	1311316,50	471307,00	2	Многоквартирный жилой дом, пр. Победы 67

Как можно видеть из табл. 2, ожидаемые максимальные разовые концентрации для мелкодисперсных частиц PM_{2,5}, азота оксида, серы диоксида, углерода оксида, метана, формальдегида, бензина и керосина не превышают 0,15 ПДК, т.е. 15% от предельно безопасных значений.

Таблица 2 - Распределение концентраций вредных веществ в выбранных расчетных точках

Код вещества	Наименование вещества	Распределение концентраций, доли ПДК	Распределение концентраций, мг/м ³
0010	Взвешенные частицы PM _{2,5}	0,03-0,05	0,005-0,007
0301	Азота диоксид (Двуокись азота; пероксид азота)	1,27-1,77	0,254-0,353
0304	Азот (II) оксид (Азот монооксид)	0,103-0,144	0,041-0,057
0330	Сера диоксид	0,003-0,004	0,001-0,002
0337	Углерода оксид (Углерод окись; углерод моноокись; угарный газ)	0,041-0,058	0,207-0,290
0410	Метан	0,0001-0,0002	0,007-0,010
1325	Формальдегид (Муравьиный альдегид, оксаметан, метиленоксид)	0,006-0,009	Менее 0,001

2704	Бензин (нефтяной, малосернистый) (в пересчете на углерод)	0,008-0,011	0,041-0,057
2732	Керосин (Керосин прямой перегонки; керосин дезодорированный)	0,013-0,021	0,015-0,024
6204	Азота диоксид, серы диоксид	0,79-1,11	-

Для группы 6204 из двух веществ (азота диоксид, серы диоксид) с суммацией вредного воздействия приведенные концентрации составляют значения до 1,1 ПДК, что является превышением более чем на 10% предельно безопасных значений.

Максимальные из полученных значения наблюдаются для диоксида азота. По данному веществу приземные концентрации в часы наиболее интенсивного движения транспорта и неблагоприятных для рассеивания метеорологических условий могут достигать 1,8 ПДК.

Полученные поля приземных концентраций для диоксида азота и суммации 6204 представлены на рис.1, 2.

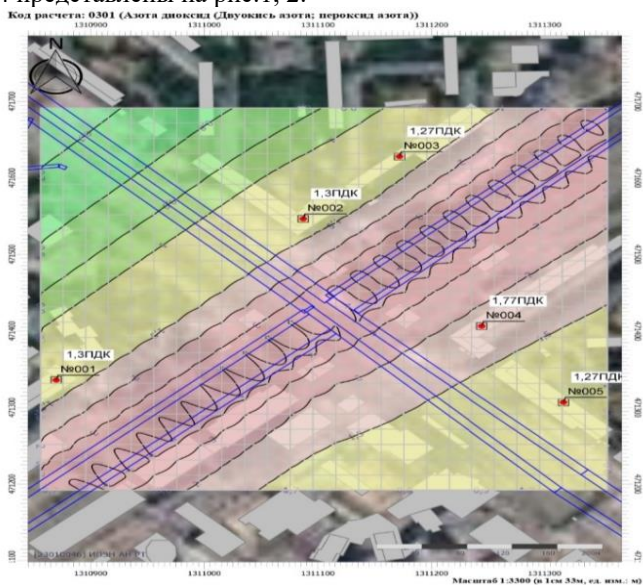


Рис.1. Поля максимальных концентраций диоксида азота

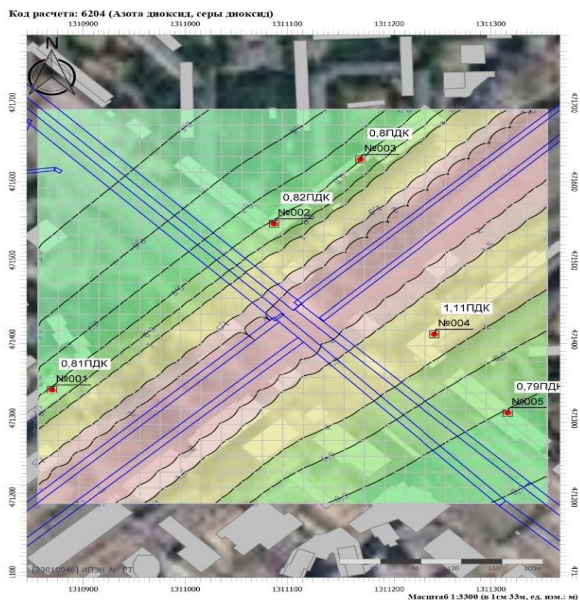


Рис.2. Поля максимальных концентраций суммации 6204

Таким образом, в зависимости от интенсивности движения транспорта на участках улично-дорожной сети и сложившейся застройки на прилегающих к автодорогам территориях, при неблагоприятных условиях автотранспорт может формировать высокие концентрации вредных веществ [6]. Следовательно, загрязнение городского воздуха выбросами автотранспорта на наиболее напряженных участках должно подлежать систематическому контролю.

Литература:

1. Демиденко Г.А., Жирнова Д.Ф. Экологический мониторинг загрязнения окружающей среды // Вестник КрасГАУ, 2013. №10. С. 109-110.
2. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Новикова С.В., Шмакова Ю.А. Оценка вероятности превышения приземных концентраций примесей в зонах действия полимерных производств (на примере г. Нижнекамска) Сообщение 1// Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 16. С. 111-114.
3. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха (утверждена приказом Минприроды России от 27 ноября 2019 года № 804)

4. Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе (утверждены приказом Минприроды России от 06.06.2017 № 273)

5. Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 №2).

6. Шагидуллин А.Р., Тунакова Ю.А., Шагидуллин Р.Р., Кузнецова О.Н. Оценка уровня загрязнения воздушного бассейна г.Казани выбросами стационарных и передвижных источников загрязнения (Сообщение 1) // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 8. С. 231-233.

УДК331.45

СВЕТОВАЯ ДЕМАРКАЦИЯ – ОДИН ИЗ СПОСОБОВ СОЗДАНИЯ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА

Драгун В.А., студент

Научный руководитель Сергеева И.И.

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Беларусь

В данной статье рассмотрена одна из современных технологий – световая демаркация, используемая на производственных предприятиях для создания здоровых и безопасных условий труда.

Ключевые слова: травматизм, безопасность, технологии, световая демаркация, слайд-проектор, опасная зона.

Обеспечение безопасности и защита работников в процессе трудовой деятельности – одна из основных задач любого нанимателя. Все сотрудники производственного предприятия на своих рабочих местах нуждаются в защите от различных угроз своему здоровью. Подобные угрозы могут возникнуть по причине пренебрежения требованиями по охране труда, а также по случайному стечению обстоятельств, которые могут привести к несчастному случаю.

Опасные зоны – это первое, на что нужно обратить внимание при планировании мероприятий по профилактике несчастных случаев. Опасная зона – специфическая область рабочего пространства, где существует высокий риск нанесения ущерба здоровью и жизни работников. Такие зоны существуют на любой производственной площадке независимо от сферы деятельности предприятия. Характер труда влияет лишь на размер и разновидность опасных зон.

Предотвращение травматизма является одной из важных задач охраны труда. Серьезным шагом в этом направлении стало внедрение систем видеофиксации и умного видеонаблюдения. Не менее действенной и важной

технологией является световая демаркация (от английского слова demarcation – разграничение, определение границ, проведение разделяющей черты). Световая демаркация представляет собой технологию статичного светового проецирования предупреждающих знаков, разграничения территорий и обозначения опасных зон при помощи технологии слайд-мэппинга с использованием проекторов. Световая демаркация хорошо заметна в сумеречное и темное время суток. Она лучше, чем использование привычных самоклеющихся знаков. От пыли наклейки быстро становятся трудноразличимыми, их могут закрыть снег, листья, проливы технологических веществ, стружка. Кроме того, нанесенные на промышленные полы и основания элементы разметки помимо загрязнения подвергаются механическому износу. Для световой демаркации это безразлично.

Световая демаркация работает на сложном и непригодном для традиционной демаркации профиле. Свет проецирует разметку даже на ямы, котлованы, траншеи, откосы насыпей, грунт, щебень. Выделенная зона может находиться за пределами помещения, в суровых погодных условиях. Она заметна на снегу, грязи, воде, в тумане. Проектор работает при низких температурах – до минус 50 °С. Световая демаркация не ослепляет пешеходов и водителей. Производство слайдов по технологии слайд-мэппинг обеспечивает 100% блокировку света за пределами проекции.

Демаркацию опасных зон подразделяют на три вида: внутреннюю, наружную и активную. Внутренняя световая демаркация хорошо визуализируется в помещениях с минимальной освещенностью, в загрязненных и запыленных. В таких условиях световая демаркация эффективнее традиционной разметки, так как она значительно контрастнее, не подвержена влиянию загрязнений и не истирается от воздействия движущегося транспорта. Наружная световая демаркация хорошо заметна в темноте и сумерках – заметна издали, при этом световой луч не слепит пешеходов и водителей из-за точного расположения проектора и обеспечения безопасного угла проецирования. Световая демаркация всегда видна поверх песка, грязи, выпавшего снега. Это эффективный способ демаркации строительных площадок, котлованов и траншей. Активная световая демаркация опасных зон на производстве демонстрирует наступление опасной ситуации в режиме реального времени.

При работе с движущимися механизмами и особо опасными объектами световая демаркация эффективно акцентирует внимание на опасности: при работе движущегося объекта (мобильный кран, открытие въездных ворот) включается запрещающая демаркация; при прекращении работы движущегося опасного объекта запрещающая демаркация отключается, включаются разрешающие знаки. Традиционные наклейки, разметка временно утрачивают свое предназначение, так как не отражают изменяющуюся ситуацию.

Основные преимущества системы проецирования: возможность визуально обозначать границы опасных зон; четкое обозначение границ помогает предотвратить столкновение с краном, падения с высоты, другие опасные ситуации; световые линии помогают работникам ориентироваться в пространстве, что способствует более эффективной работе и снижению вероятности ошибок; интегрированность с системами видеонаблюдения, оповещения и другими элементами безопасности.

Важно отметить, что система проецирования не является полной заменой основных мер безопасности (ограждений, знаков безопасности и т.п.), а служит дополнительным инструментом, который может повысить уровень безопасности на производстве. Внедрение световой демаркации является перспективным решением для повышения безопасности и эффективности работы на предприятии. Она улучшает видимость опасности, помогает предотвратить опасные происшествия, аварии, инциденты и несчастные случаи.

Литература:

1. Чигирева, С.И. Слайд-мэппинг в создании здоровых и безопасных условий труда /С.И. Чигирева // Охрана труда. Технологии безопасности – 2025. – № 1. – С. 25-27.

2. Бессарабов, Д.Н. Современные технологии в охране труда / Д.Н. Бессарабов, В.В. Пузевич // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2024. – Вып.9. – С. 24-28.

УДК 574

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ: НОВЫЕ УГРОЗЫ И СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Егеров Р.С., Алексеенко К.Ю., студенты

Научный руководитель Шатило С.Н.

Белорусский государственный университет транспорта, Беларусь

В данной статье рассматриваются современные угрозы экологической и биологической безопасности в Республике Беларусь, а также предлагаются подходы к их устранению в контексте устойчивого развития. Особое внимание уделено новым вызовам, таким как изменение климата, биологическое загрязнение и деградация экосистем.

Ключевые слова: экологическая безопасность, биологическая безопасность, устойчивое развитие, изменение климата, Республика Беларусь.

В последние десятилетия экологические проблемы стали одними из самых актуальных и глобальных вызовов для человечества. Стремительное развитие

промышленности, рост городов, увеличение транспортных потоков и интенсивное сельское хозяйство оказывают негативное воздействие на экологическую систему планеты. Также эти вопросы стоят для Республики Беларусь, которая, как и многие другие государства, сталкивается с негативными последствиями антропогенного воздействия на окружающую среду. В условиях глобальных климатических изменений, ограничения использования природных ресурсов и угроз биологической безопасности, страна вынуждена искать новые пути обеспечения устойчивого развития и защиты своей экосистемы. Важным аспектом здесь является интеграция экологических и биологических рисков в национальную политику, направленную на достижение баланса между экономическим ростом и охраной природы.

С каждым годом проблемы экологии становятся все более серьезными и требуют комплексных решений. Быстрый рост промышленного производства, широкое использование ископаемых источников энергии, активная эксплуатация природных ресурсов и изменение климата – все это создает угрозы для экосистем и здоровья населения. Сфер воздействия на природу множество: от энергетики до химической промышленности, транспорта, сельского хозяйства и даже жилищно-коммунального хозяйства. Все эти области оказывают значительное влияние на качество воды, воздуха и почвы, а также способствуют деградации природных ресурсов.

Одной из важнейших проблем является выброс парниковых газов, которые становятся основной причиной изменения климата. Вдобавок к этому, интенсивное сельское хозяйство приводит к утрате биологического разнообразия, ухудшению качества почв и нарушению экологического равновесия. Кроме того, химическое загрязнение воды и атмосферы, а также загрязнение почвы опасными веществами создают угрозу для здоровья людей и животных. Энергетический сектор, который активно использует ископаемые виды топлива, усугубляет эти проблемы, увеличивая выбросы углекислого газа и других вредных веществ.

С учетом этих вызовов Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) подчеркивает необходимость ежегодного сокращения добычи угля, нефти и газа для предотвращения дальнейшего глобального потепления. По прогнозам, чтобы ограничить рост температуры на уровне не более 1,5°C, нужно сократить добычу угля на 11%, нефти — на 4% и газа — на 3% до 2030 года. Однако в реальности ситуация осложняется тем, что спрос на природные ресурсы продолжает расти, что оказывает давление на экологию [1].

Не менее важным аспектом является биологическая безопасность. Угроза биологических рисков возрастает на фоне усиления военных программ, направленных на разработку новых биологических агентов и технологий. Биологические лаборатории, активно развиваемые рядом стран, могут стать источником непредсказуемых последствий для здоровья людей и экосистем. Такие угрозы могут распространяться через незарегистрированные

биологические материалы или агрессивные виды флоры и фауны, что создает новые вызовы для безопасности стран, в том числе и Беларуси.

В настоящее время Беларусь сталкивается с различными биологическими угрозами, от распространения инфекционных заболеваний до появления инвазивных видов растений и животных. Важно отметить, что страна не остается в стороне от этих вызовов и активно разрабатывает меры по повышению уровня биологической безопасности, включая профилактику заболеваний и охрану флоры и фауны.

Важной биологической угрозой является распространение генетически модифицированных организмов (Далее - ГМО). Хотя ГМО могут иметь потенциальные преимущества для сельского хозяйства, их неконтролируемое распространение может привести к непредсказуемым последствиям для экосистем и здоровья человека. Беларусь, как и многие другие страны, сталкивается с необходимостью разработки строгих регуляторных мер для контроля за использованием и распространением ГМО.

Еще одной серьезной угрозой является возможность биотерроризма. В современном мире, где технологии становятся все более доступными, существует риск использования биологических агентов в террористических целях. Это может включать распространение опасных патогенов, таких как вирусы или бактерии, которые могут вызвать массовые заболевания и панику среди населения. Для предотвращения таких сценариев необходимо укрепление системы биологической безопасности, включая мониторинг и быструю реакцию на потенциальные угрозы.

Также стоит отметить угрозу, связанную с изменением климата, которое может привести к появлению новых заболеваний и изменению ареалов обитания переносчиков инфекций. Например, повышение температуры может способствовать распространению комаров, переносящих малярию или лихорадку денге, в регионы, где ранее эти заболевания не были распространены. Это требует разработки новых стратегий по мониторингу и контролю за распространением инфекционных заболеваний.

Республика Беларусь, понимая важность экологической и биологической безопасности, активно работает над совершенствованием законодательной базы и созданием эффективных механизмов для решения этих вопросов. В стране разрабатываются и внедряются различные программы и стратегии, направленные на защиту окружающей среды, устойчивое использование природных ресурсов и улучшение качества жизни граждан.

Одним из ключевых шагов стало принятие Стратегии охраны окружающей среды Республики Беларусь на период до 2035 года. Этот документ определяет основные цели и задачи в области экологии, среди которых сохранение биологического разнообразия, восстановление экосистем, борьба с изменением климата и рациональное использование природных ресурсов. В

рамках стратегии предусмотрено развитие экологически чистых технологий и переход к возобновляемым источникам энергии. Это шаги, направленные на сохранение экосистем, улучшение качества воздуха, воды и почвы [2].

Среди национальных интересов в области биологической безопасности Беларусь также выделяет необходимость создания эффективной системы контроля за распространением опасных биологических факторов, как внутри страны, так и на международном уровне. Концепция национальной безопасности Республики Беларусь, одобренная Советом Безопасности, предусматривает защиту от биологических угроз, санитарно-эпидемиологическое благополучие населения и контроль за распространением опасных заболеваний.

Важной частью работы по обеспечению биологической безопасности является создание системы защиты от биологических угроз, включая контроль за перемещением опасных биологических веществ через границу. В Уголовном кодексе Республики Беларусь, согласно статье 333¹ предусмотрена уголовная ответственность в виде лишения свободы на срок от 3 до 12 лет со штрафом или без штрафа, за незаконное перемещение таких веществ, что является дополнительной мерой для предотвращения биологических рисков, связанных с возможным распространением оружия массового поражения [3].

Для успешного преодоления экологических и биологических вызовов Республика Беларусь активно внедряет инновационные подходы в области устойчивого развития. Важнейшей задачей является интеграция принципов устойчивого использования природных ресурсов в экономику, развитие экологически чистых технологий и переход к экономике замкнутого цикла, что способствует снижению загрязнения окружающей среды и эффективному использованию ресурсов.

Также большое внимание уделяется модернизации энергетической отрасли и переходу к возобновляемым источникам энергии, что позволит снизить негативное воздействие на атмосферу. Беларусь активно развивает сектор возобновляемых источников энергии, включая солнечную и ветровую энергетику. Это не только улучшает экологическую ситуацию в стране, но и создает новые рабочие места в «зеленой» экономике.

Таким образом, Республика Беларусь находится на переднем крае борьбы с экологическими и биологическими угрозами, внедряя современные подходы для обеспечения устойчивого развития. В стране создаются условия для защиты здоровья граждан и экосистем, а также разрабатываются меры, направленные на предотвращение возможных биологических угроз и экологических катастроф.

Литература:

1. Экологическая и биологическая безопасность Республики Беларусь – <https://skupvolpa.by/wp->

content/uploads/2023/06/ekologicheskayabiologicheskayabezopasnost.pdf (Дата обращения 19.03.2025)

2. Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь до 2035 г. – <https://economy.gov.by/uploads/files/ObsugdaemNPA/NSUR-2035-1.pdf> (Дата обращения 19.03.2025)

3. Уголовный кодекс Республики Беларусь от 9 июля 1999 года № 275 – <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=Hk9900275&ysclid=m8bp1w8zzb874126069> (Дата обращения 19.03.2025)

УДК 691

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ И ПЕРЕРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Езерская Д.Д. студент

Научный руководитель Слепнёва Л.М.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье приводится перечень возобновляемых и перерабатываемых строительных материалов, дается характеристика отдельных видов этих материалов, рассматриваются их достоинства и недостатки. Сделан вывод об экономической выгоде сбора и переработки этих строительных материалов.

Ключевые слова: строительство, возобновляемые материалы, переработка.

Строительная отрасль играет ключевую роль в экономике и экологии. Использование возобновляемых и перерабатываемых материалов становится важным шагом к устойчивому развитию.

Во все времена в любом сообществе строительство было одним из важнейших видов деятельности человека, однако в настоящее время объемы строительства непрерывно увеличиваются в связи со все возрастающим количеством населения и в отдельных странах, и в мире в целом. Возрастают требования к качеству строительства, и вместе с тем бурно развивается строительная индустрия, предлагая все новые материалы. Доля синтетических строительных материалов неорганического происхождения растет, и далеко не все современные материалы безвредны как для человека, так и для окружающей среды.

В связи с этим в строительной отрасли наблюдается увеличенный интерес к использованию возобновляемых и перерабатываемых материалов.

Возобновляемые строительные материалы получают из природных источников, способных естественным образом восстанавливаться в течение

относительно короткого времени. К возобновляемым строительным материалам можно отнести:

- Восстановленную древесину – легкий, прочный, эстетичный строительный материал, обладающий хорошими теплоизоляционными свойствами.

- Бамбук, – также легкий и прочный. Хорошо смотрится в отделке некоторых элементов и в декоре.

- А также некоторые растительные волокна, которые можно использовать в качестве декоративных элементов или для утепления.

Преимущества возобновляемых строительных материалов:

1. Экологическая устойчивость – материалы получают из возобновляемых ресурсов, что снижает нагрузку на истощаемые залежи не возобновляемых ресурсов.

2. Сниженный углеродный след – при правильном управлении и устойчивых методах возобновляемого лесопользования или сельского хозяйства количество выбросов CO₂ может быть минимизировано.

3. Биологическая разложимость – по окончании срока службы, такие материалы часто разлагаются естественным образом, что уменьшает объем мусора, попадающего на свалки.

4. Эстетические и теплоизоляционные свойства – например, древесина.

Недостатки возобновляемых строительных материалов:

1. Ограниченные механические свойства:

Некоторые возобновляемые материалы, такие как бамбук, солома или деревянные изделия, могут иметь меньшую прочность и жесткость. Это требует дополнительного инженерного расчёта, усилений или комбинирования с другими материалами для обеспечения надёжности конструкций

2. Влияние климатических условий:

Материалы на основе древесины или соломы чувствительны к воздействию влаги, перепадам температур, ультрафиолетового излучения и насекомых. Для предотвращения порчи и ухудшения характеристик применяются специальные обработки, что может увеличить затраты и усложнить эксплуатацию.

3. Ограничения по долговечности:

Некоторые возобновляемые материалы имеют более короткий срок службы без должного ухода. В случае несоблюдения технологических норм или отсутствия регулярного обслуживания, срок эксплуатации элементов может быть значительно ниже, чем у традиционных материалов.

4. Трудности в стандартизации и сертификации:

Из-за природных вариаций (например, плотности и прочности древесины) стандартизация качества может быть затруднена. Это порой

приводит к проблемам при получении разрешительной документации или соблюдении строительных норм, особенно при массовом строительстве.

5. Вопросы устойчивости и пожарной безопасности:

Некоторые возобновляемые материалы, в особенности древесина, требуют специальных мер по повышению огнестойкости (например, обработки антипиренами), поскольку натурально они могут гореть быстрее, чем негорючие материалы.

6. Экономическая и логистическая составляющая:

На начальном этапе внедрения возобновляемых материалов могут наблюдаться более высокие затраты на разработку технологий производства, транспортировку и обработку.

Перерабатываемые строительные материалы – это те, которые могут быть собраны, обработаны и повторно использованы или преобразованы для создания новых строительных компонентов после завершения их первоначального жизненного цикла. Сюда относятся:

- Металлические изделия (например, сталь и алюминий).

Сталь относится к экологически чистым материалам, который возможно перерабатывать, причем от не теряет своих свойств прочности, к которым, в первую очередь относятся прочность.

- Стекло также можно перерабатывать, используя его в производстве таких строительных материалов, как стекловолокно или стекловата.

- Бетон, который после разрушения может быть измельчен и использован в качестве щебня или агломерата при производстве нового бетона;

Преимущества перерабатываемых строительных материалов:

Переработка экологически чистых строительных материалов дает ряд преимуществ, причем переработанный материал может входить в новое изделие как целиком, так и в качестве его составной части. Преимущество, лежащее на поверхности это, конечно, экономия средств и энергии. На переработку требуется меньше энергии и затрат, чем на первичное производство. Переработка любых материалов дает материалу новую жизнь, воплощенную в изделии. В развитых странах хорошо налажен сбор различных материалов и их переработка. Наиболее показательна в этом отношении Япония, где практически не остается отходов, в том числе строительных.

Повторно используемые, перерабатываемые строительные материалы способствуют продвижению экономики замкнутого цикла, что помогает сократить количество вредных отходов, а также сберечь природные ресурсы

Недостатки перерабатываемых строительных материалов:

1. Непредсказуемость качества: часто переработанные материалы могут отличаться по своим физико-механическим характеристикам из-за вариативности исходного сырья и технологии переработки, что может привести к снижению однородности материала.

2. Ограниченные эксплуатационные свойства: в некоторых случаях переработанные материалы демонстрируют худшие показатели прочности, долговечности или теплоизоляционных свойств по сравнению с аналогичными материалами из первичных источников.

3. Технологические трудности: использование переработанных материалов иногда требует корректировки строительных процессов или специальной подготовки и обработки, что может повышать сложность и трудоемкость строительного проекта.

4. Ограниченная доступность и логистика: в некоторых регионах переработанные материалы могут не иметь широкого распространения, что создает трудности с их своевременным получением и увеличивает затраты на транспортировку.

Таким образом, использование возобновляемых, а также перерабатываемых строительных материалов дает значительные экономические и экологические преимущества перед аналогичными, первично произведенными, строительными материалами.

УДК 004.8+502.2

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Ермолина П. И., студент

Научный руководитель Морзак Г. И.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В современном мире технологии искусственного интеллекта находят широкое применение для поиска решений проблем в различных сферах хозяйственной деятельности, в том числе связанных сохранение качества окружающей среды. В данной статье рассматриваются виды мониторинга окружающей среды, а также возможности использования функций искусственного интеллекта для их осуществления.

Ключевые слова: экологический мониторинг, искусственный интеллект, окружающая среда, Национальная система мониторинга окружающей среды.

Мониторинг и обеспечение качества окружающей среды являются актуальными как в Республике Беларусь, так и во всем мире. Это обусловлено необходимостью сохранения природных ресурсов и защиты здоровья людей. Мониторинг – система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов. В Беларуси на протяжении 30 лет успешно функционирует Национальная система мониторинга окружающей

среды (НСМОС), которая включает 13 организационно-самостоятельных видов мониторинга окружающей среды (рисунок 1) [1].



Рисунок 1 - Виды мониторинга окружающей среды

Организацию проведения видов мониторинга окружающей среды в составе НСМОС осуществляют различные министерства и ведомства (рисунок 2) [2]. Из этого следует, что НСМОС охватывает все отрасли природопользования, способствует принятию оперативных решений и выполнению природоохранных обязательств по международным договорам и соглашениям.

Современные цифровые технологии и искусственный интеллект могут найти широкое применение в экологическом мониторинге. Искусственный интеллект имеет большую скорость и точность обработки данных по сравнению

с традиционными методами, позволяет собирать и анализировать большие объемы информации из многочисленных источников в автономном режиме. Искусственный интеллект способен предоставить инновационные инструменты и аналитические методы для моделирования экологических систем. Такое его применение позволяет проводить экологические исследования и обработку данных на современном высоконаучном уровне [3, 4].

Примерами успешного применения искусственного интеллекта в экологии можно назвать:

1. Моделирование экосистем: алгоритмы анализируют данные о состоянии среды обитания в заповедниках и охранных зонах.

2. Мониторинг изменений климата и прогнозирование природных бедствий: после анализа данных о климатических изменениях, искусственный интеллект может предсказывать возможные последствия таких изменений, что позволяет разрабатывать стратегии адаптации.

3. Мониторинг качества воздуха: датчики, установленные в городах, собирают информацию о качестве воздуха, которая потом анализируется алгоритмами.

4. Использование дронов и роботов: такие технологии используются для мониторинга лесных массивов или территорий, сложно доступных для человека.

5. Оптимизация управления ресурсами: искусственный интеллект помогает эффективнее использовать воду и энергию, минимизировать их перерасход, соответственно, снижать затраты на мониторинг.

Кроме этого, одной из наиболее важных целей мониторинга является получение и предоставление полной, достоверной и своевременной экологической информации. То есть такая информация должна быть доступна не только специалистам, работающим с ней, но и населению. Важным фактором в сохранении окружающей среды является осведомленность граждан о ее состоянии, угрозах и мерах противодействия им. Искусственный интеллект может быть полезен во вовлечении населения в мониторинг, например, с помощью приложений.

Таким образом, использование искусственного интеллекта при осуществлении мониторинга окружающей среды открывает новые возможности для устойчивого развития, помогает не только решать текущие проблемы, но и предотвращать будущие. Несмотря на возможность автономной работы, все данные, анализируемые алгоритмами, должны быть обработаны специалистами для исключения ошибок и сбоев в их обработке.

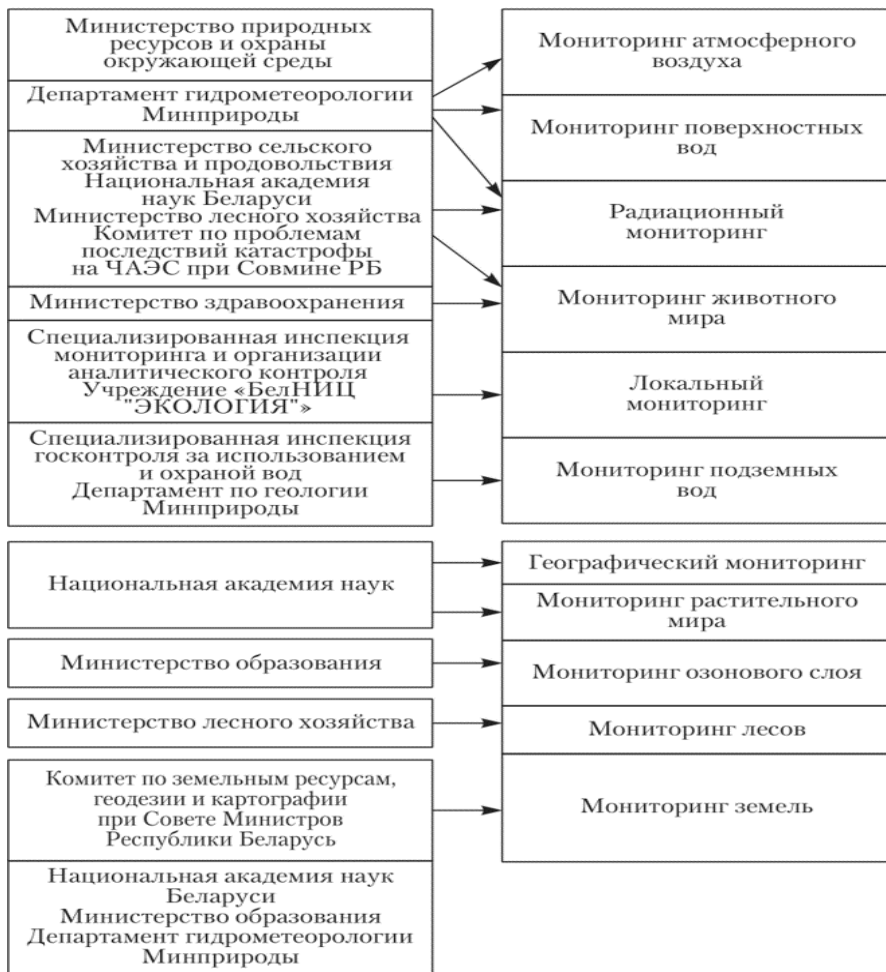


Рисунок 2 - Организация и проведения видов мониторинга окружающей среды в составе НСМОС

Литература:

1. Виды мониторинга окружающей среды. - <https://www.nsmos.by/> (Дата обращения 08.04.2025)
2. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: тридцать лет развития и совершенствования. - <https://belgidromet.by/ru/news-ru/view/natsionalnaja-sistema-monitoringa->

3. Герасина Е. В. Использование искусственного интеллекта в решении экологических проблем / Е. В. Герасина, М. А. Селина. // Молодой ученый. 2023, № 46 (493). - С. 463–465.

4. Губашева Х. А. Влияние искусственного интеллекта на мониторинг окружающей среды/ Х. А. Губашева, И. Э. Мурдалова, Р. И. Эшлиоглу // Научно-технический вестник Поволжья. 2023, №11. - С.165-167.

УДК 621.039.58

ЧЕРНОБЫЛЬСКАЯ КАТАСТРОФА: РАДИАЦИОННЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ

Жуковец П. Н., Лаппо П. А., студенты
Научный руководитель Кляусова Ю. В.
Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье рассматриваются основные радиационные последствия катастрофы. Особое внимание уделяется современному состоянию зоны отчуждения, включая ее социальные и экологические аспекты. Анализируются усилия по восстановлению и мониторингу радиационных уровней, проекты по экологии и туризму в зоне, а также исследования, направленные на оценку долгосрочных последствий радиационного загрязнения.

Ключевые слова: уровень радиации, зоны поражения, меры по ликвидации, программы по медицинской помощи, примеры восстановления природы.

Введение

Чернобыльская катастрофа, произошедшая 26 апреля 1986 года на Чернобыльской атомной электростанции, стала одной из самых серьезных катастроф в истории человечества. Авария произошла в четвёртом энергоблоке в результате комбинации проектных недостатков реактора, ошибок персонала и недостатка контроля, что привело к массивному выбросу радиоактивных материалов и элементов в окружающую среду. Во время проводимых испытаний, направленных на проверку систем безопасности, произошла неконтролируемая реакция, что в конечном итоге привело к взрыву и разрушению реактора.

Объем выброса и зона поражения

По разным оценкам, в атмосферу было выброшено от 400 до 700 тонн радиоактивного топлива, что сопоставимо с несколькими атомными бомбами, и порядка 30-50 тонн радиоактивных веществ.

Наиболее высокие уровни радиации были зарегистрированы в пределах 30-километровой зоны вокруг станции, но радиоактивные частицы были распространены по территории до 150 000 квадратных километров, затронув Беларусь, Украину, Россию, а также страны Европы, такие как Швеция, Финляндия и Великобритания. Наиболее сильно пострадали районы вокруг Чернобыля, в частности, город Припять.

Основные зоны поражения:

1. 30-километровая зона вокруг ЧАЭС – территория с наиболее высоким уровнем радиации, откуда было эвакуировано всё население.

2. Зоны сильного загрязнения в Украине, Беларуси и России – радиоактивные осадки выпали на сотни километров вокруг, создавая очаги высокого загрязнения.

3. Глобальное распространение – радиоактивные частицы были зафиксированы в странах Европы, а также в США, Канаде и Азии [1].

Меры по ликвидации последствий радиации

В первые часы и дни после аварии была проведена срочная эвакуация жителей Припяти и близлежащих сел. Всего было эвакуировано более 100 000 человек из 30-километровой зоны вокруг Чернобыльской АЭС.

Для изоляции поврежденного реактора в течение нескольких месяцев был построен "саркофаг" — бетонная и металлическая конструкция, предназначенная для предотвращения выхода радиации. Работы по его сооружению завершились в ноябре 1986 года. Станция и окружающие территории были обеспечены системами радиационного контроля для мониторинга радиационного фона [2].

В реактор были засыпаны песок, бор, свинец и другие материалы для погашения оставшегося ядерного топлива и радионуклидов. Это помогло уменьшить уровень радиационного выброса и предотвратить возможность повторного взрыва.

Была проведена работа по сбору и захоронению радиоактивных материалов, включая облученные топливо и элементы, поврежденные в результате взрыва. Эти вещества были изолированы, чтобы минимизировать риск дальнейшего загрязнения.

Ведутся работы по дезактивации территорий, что включает в себя удаление верхнего слоя почвы, очистку зданий и сооружений от загрязнений. Эти меры способствуют снижению уровня радиации в окружении.

После аварии были созданы системы мониторинга уровней радиации как на месте происшествия, так и в ближайших населенных пунктах. Исследования проводятся для изучения долгосрочных последствий радиационного воздействия на здоровье людей и экосистему [3].

Текущая ситуация в зоне отчуждения

На данный момент времени построенный саркофаг, продолжает функционировать и обеспечивает надежную изоляцию радиоактивных материалов. Это сооружение служит для предотвращения дальнейшего выброса радиации в атмосферу и защищает окружающую среду.

В результате длительной изоляции и ограниченного человеческого вмешательства в природные процессы, многие районы зоны отчуждения начали восстанавливаться. Исследования показывают, что животные и растения адаптировались к условиям радиации, и в некоторых местах наблюдается повышение биоразнообразия.

Постоянный мониторинг радиационного фона продолжается, с использованием современных технологий и оборудования. Данные показывают, что уровни радиации в большинстве районов остаются стабильными, однако в отдельных участках могут наблюдаться аномалии, требующие внимания.

Программы по медицинской помощи и реабилитации продолжают действовать для людей, пострадавших от аварии. Сюда входят:

- Предоставление бесплатных медицинских услуг пострадавшим.
- Санаторно-курортное лечение для ликвидаторов и детей.
- Социальные выплаты и пенсии для пострадавших.
- Государственная программа мониторинга здоровья населения [4].

Примеры восстановления природы в Чернобыльской зоне

В результате прекращения сельскохозяйственной деятельности и уменьшения вырубки деревьев, леса в зоне отчуждения начали активно восстанавливаться. На месте бывших полей и населенных пунктов выросли хвойные и широколиственные леса, что создало новые экосистемы. Животные, такие как лоси, волки, рыси и олени, вернулись в зону отчуждения. В отсутствие человека эти виды адаптировались и начали размножаться, что способствовало росту их популяции. Водоемы начали очищаться, а экосистемы восстанавливаются благодаря естественным процессам, что способствует жизнедеятельности рыб и других водных организмов. Планы по созданию биосферного заповедника на основе зоны отчуждения уже реализуются. Это позволит не только охранять уникальные экосистемы, но и привлекать внимание к вопросам охраны окружающей среды [5].

Заключение

В результате Чернобыльской аварии выброс радиоактивных материалов стал одной из самых больших экологических трагедий XX века, повлияв на жизнь тысяч людей и экосистему обширных территорий. Объем выброса, характер и последствия этого события по-прежнему являются предметом изучения и анализа учеными и специалистами в области радиационной безопасности. Это сложный и многогранный процесс, требующий детального исследования различных аспектов катастрофы, начиная от непосредственного

воздействия радиации на людей и окружающую среду и заканчивая долговременными изменениями в экосистемах. Последствия Чернобыля до сих пор ощущаются, и полная картина масштаба трагедии и её последствий продолжает формироваться по мере проведения исследований и анализа накопленных данных.

Литература:

1. Последствия чернобыльской катастрофы для Беларуси - <https://chernobyl.mchs.gov.by/informatsionnyy-tsentr/posledstviya-chernobylskoy-katastrofy-dlya-belarusi/>
2. Объект «Укрытие» - <https://csl.bas-net.by/resursy/chernobyl/chernobyl-2021-p6.asp>
3. Ядерное топливо в объекте «укрытие» <https://www.ibrae.ac.ru/contents/201/>
4. Система оздоровления и санаторно-курортного лечения – <https://chernobyl.mchs.gov.by/meditsinskaya-i-sotsialnaya-zashchita/sistema-ozdorovleniya-i-sanatorno-kurortnogo-lecheniya/>
5. Как Чернобыль стал неожиданным пристанищем для дикой природы - <https://www.unep.org/ru/novosti-i-istorii/istoriya/kak-chernobyl-stalneozhidannym-pristanischem-dlya-dikoy-prirody>

УДК 504.06

METHODS OF REDUCING EMISSIONS OF SOLID PARTICLES DURING COMBUSTION OF LOCAL FUELS

Isakova P.S., Zhalabkovich A.D., students
Scientific supervisors Zelianukha A.V., Skuratovich I.V.
Foreign language consultant Slesaryonok E.V.
Belarusian National University of Technology, Belarus

An analysis of methods of reducing emissions of solid particle during combustion of local fuel was conducted. It is shown that the amount of emissions depends on factors such as composition, ash content, fuel combustion conditions, and the efficiency of gas cleaning equipment used at enterprises.

Key words: local fuels, emissions into the atmosphere, solid particles, gas cleaning equipment, biomass, composite fuel.

The utilization of solid fuels to generate thermal and electrical power is a significant contributor to environmental issues. When fossil fuels are burned, their mineral component (inorganic impurities) is transformed into ash, which is then released from the boiler along with flue gases in the form of fly ash. The concentration

of solid particles in dry flue gases, categorized as undifferentiated dust, shall not surpass 50 mg/m³ under standard conditions.

It is important to highlight that environmental concerns are mainly linked to particles smaller than 10 µm, as they have the ability to remain in the atmosphere for extended periods. The dispersion of solid dust particles is influenced by their physical characteristics and prevailing weather conditions. Factors such as shape, size, and density determine the rate at which particles settle. Larger particles, with a diameter exceeding 10 microns, tend to settle more rapidly and have a noticeable impact in close proximity to the emission source. Particles smaller than 10 µm in diameter have the ability to travel long distances, sometimes hundreds of kilometers, before they settle. These fine aerosols play a role as condensation nuclei in the formation of clouds and are eventually removed from the atmosphere by rain [2].

The presence of solid particles in emissions resulting from fuel combustion is influenced by the fuel's composition and ash content. Among local fuels, the combustion of peat produces the highest amount of solid particle emissions, followed by biomass.

To reduce the formation of dust emissions from solid fuel combustion, various methods can be employed, such as using composite fuel with lower ash content. One approach is to mix biomass with peat to create such fuel. In this context, utilizing plants obtained from phytoremediation of saline soils, like rapeseed straw and grain crops, as biomass is suggested.

There has been conducted a research on changing the main fuel characteristics (ash content, combustion heat) when using peat-based composite fuel containing various types of biomass in amounts of 10, 30 and 50 mass% (Table 1).

Research has been conducted on altering the primary fuel used in combustion processes. The fuel characteristics of individual components (peat, rapeseed straw and grain straw) of composite briquettes have been accepted based on the results of previously conducted experimental studies [3].

Table 1 – Main fuel characteristics of composite briquettes based on peat and biomass

Name of biomass type of in the composition of composite fuel	Biomass content in composite briquettes, wt. %	Heat of combustion of working fuel, MJ/kg	Ash content, %
Rapeseed straw	10	13,89	11,8
	30	14,30	10,4
	50	14,71	9,0
Grain straw	10	13,85	12,0
	30	14,20	11,0
	50	14,54	10,0

When peat-based composite fuel is combined with various types of biomass at 10%, 30%, and 50% mass proportions, changes occur in its characteristics such as ash content and combustion heat. The fuel properties of peat, rapeseed straw, and grain straw in composite briquettes were determined through prior experimental studies. The data in Table 1 illustrates that increasing the biomass content in the fuel, which is primarily peat, results in a reduction in ash content. For instance, incorporating rapeseed straw from 10% to 50% leads to a 23.7% decrease in ash content, while using grain straw in the same proportions causes a 16.7% decrease.

Moreover, specific emissions of solid particles were analyzed based on a study [4], and the findings are depicted in Figure 1.

Lowering the ash content in the fuel is essential for selecting an appropriate emission control system. In order to reduce expenses, it is important to consider cost optimization strategies.

Currently, various types of equipment are utilized to eliminate emissions from solid particles, including both dry and wet dust collection systems.

These systems consist of single cyclones, battery cyclones, scrubbers, bag filters, electrostatic precipitators, and other gas cleaning units with different designs and configurations. The operational principles of these systems are based on different methods of particle collection:

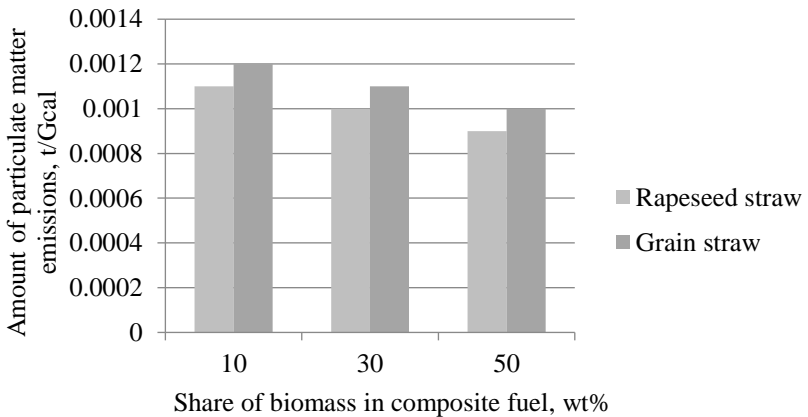


Figure 1 - Change in solid particles emissions when using composite fuels

1. Gravitational settling: This method involves the settling of solid particles from the flue gas flow through gravity. To achieve this, it is essential to establish a suitable dust flow movement within the equipment, considering factors such as particle size and density.

2. Inertial settling: Inertial settling relies on the varying inertia of particles and the suspending medium due to their differing densities. Aerosol particles are separated from the gas medium as they move by inertia. The settling process, driven by centrifugal force, occurs during this separation. The contaminated air-gas flow moves in a curvilinear path. Due to centrifugal forces, solid particles are pushed towards the edges of the device and settle there.

3. Trapping effect, where particles in the air or gas are captured in narrow channels and pores within the filter materials.

4. Wet cleaning, where the device's surfaces are moistened with water or another liquid to retain solid particles.

5. Settling in an electric field: particles can be settled in an electric field by acquiring a charge and then being attracted to electrodes with an opposite charge.

It should be stressed that cyclones are commonly used as inertial ash collectors, where solid particles settle due to centrifugal forces generated by the rotational flow. The efficiency of dust collection in a cyclone improves with larger particle sizes, higher particle densities, and increased gas velocities. A reduction in the cyclone radius leads to an increase in ash collection efficiency. Currently, battery cyclones are utilized to achieve higher ash collection efficiency. This involves installing numerous small-diameter cyclones within a single body. Battery cyclones can collect solid particles with an efficiency of up to 92-93%. They are commonly employed in boilers with low to medium steam capacity or as initial cleaning devices for highly dusty flue gases entering electrostatic precipitators. Cyclones offer advantages such as a simple design, cost-effectiveness, and reliable operation. However, they exhibit drawbacks like high hydraulic resistance and low efficiency in capturing particles smaller than 5 microns [2].

Of special importance is the fact that, depending on the ash and gases' physical and chemical properties, the cleaning requirements, and the desired cleaning level, various types of wet ash collectors are used. These collectors vary in their operational mechanisms and efficiency levels. The operating principle and design features of effective gas cleaning devices vary. One example is scrubbers with Venturi tubes, which are equipped with a spray pipe containing nozzles to introduce liquid for treating contaminated gas. However, a drawback of this equipment is the inability to produce dry ash.

For the removal of particles smaller than 5 microns from gas-air emissions, the most expedient method is to use electrostatic filters. These filters can achieve a purification efficiency of 99–99.8% with a low hydraulic resistance not exceeding 200 Pa. Their key advantages include the ability to collect ash in a dry state, low hydraulic resistance (no more than 0.4 kPa), reliable operation, easy maintenance, ability to handle large volumes of flue gases (up to 1,000,000 nm³/h), and cost-effectiveness.

It is also worth noting that cyclone bag filters are recognized as efficient devices for cleaning gas from boiler emissions. These filters are categorized as “dry”

type dust collectors. The equipment utilizes pulse regeneration through compressed air for filtering. The selection of filter material, filtration, and regeneration parameters is customized for each unit based on the emission source characteristics. In cyclone bag filters, initial cleaning targets large dust particles through the cyclone effect. Subsequent filtration takes place as the gas-dust mixture moves through the filter bags, trapping dust particles on the bag walls. This process guarantees a high level of purification, reaching 99.9% [5].

Literature:

1. ЭкоНиП 17.01.06-001-2017 «Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности». – 179 с.

2. ТКП 17.02-17-2019 (33140) Охрана окружающей среды и природопользование. Наилучшие доступные технические методы для топливосжигающих установок теплоэнергетики. – 84 с.

3. Жалабкович А.Д., Зеленухо Е.В., Скуратович И.В. Перспективное направление применения культур после рекультивации засоленных почв. Сборник материалов VIII Международного молодежного экологического форума, г. Кемерово, 2024.

4. ТКП 17.08-01-2006(02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Порядок определения выбросов при сжигании топлива в котлах теплопроизводительностью до 25 МВт.

5. Зеленухо Е.В., Красовская Е.А. Анализ способов снижения выбросов твердых частиц при сжигании топлива. Сборник материалов VII Международного молодежного экологического форума, г. Кемерово, 2023. https://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Forum/Ecology/2023/MEF_2023/index.htm.

УДК 504.06

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ АТМОСФЕРЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕМЕНТА

Исакова П. С., студент

Научный руководитель Малькевич Н. Г.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье рассмотрены сухой и мокрый способы производства цемента. Проанализированы основные проблемы, возникающие при производстве цемента. Предложены мероприятия по уменьшению пылеобразования при производстве цемента.

Ключевые слова: цемент, способ производства, пыль, газы, вращающиеся печи, электрофильтры, рукавные фильтры.

В процессе производства цемента перерабатываются природные материалы: известняк, глина, песок и перерабатываются органические вещества: битумы, древесина, полимеры.

Рост производства цемента, внедрение новых технологических процессов приводит к необходимости уменьшения воздействия на атмосферу.

В процессе производства цемента такие технологические операции, как сушка, дробление, тонкий помол и обжиг сырьевых материалов, а также размельчение угля и клинкера, способствует образованию пыли, которая выбрасывается вместе с газами и аспирационным воздухом.

На объём выбросов от цементных заводов влияет схема производства цемента – сухая или мокрая. В результате мокрой схемы производства цемента (рисунок 1) выбрасываются меньшие концентрации пылевых частиц, но образуется шлам. Сухой метод производства цемента (рисунок 2) применяется чаще, так как он более производительный и следовательно более экономически эффективный.

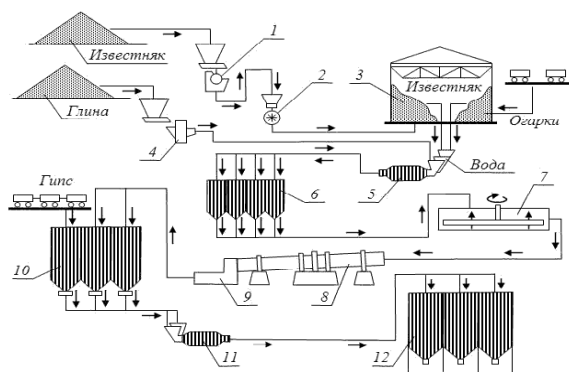


Рисунок 1 – Схема производства цемента по мокрому способу:

- 1 – щековая дробилка; 2 – молотковая дробилка; 3 – склад сырья;
- 4 – мельница; 5 – мельница мокрого помола;
- 6 – вертикальный шлам; 7 – горизонтальный шлам;
- 8 – печь; 9 – холодильник; 10 – склад клинкера;
- 11 – мельница; 12 – силос цемента

Главными источниками образования пыли на цементных заводах являются вращающиеся печи, которые используются для обжига клинкера, применяемые как в мокром, так и в сухом способах производства. Уровень выброса пыли зависит от размеров и конструкции печей, условий обжига, типа топлива, наличия теплообменных устройств в печи, а также от состава и типа

шихты. При мокром способе производства в результате изготовления одной тонны цемента выделяется 30 – 35 тыс. м³ аэрозолей, содержащих 900 кг пыли, а при сухом способе производства выделяется 14 – 15 тыс. м³, содержащих 600 кг пыли. Свыше 90 % пыли, выбрасываемой в атмосферу во время производства цемента, возникает из-за работы вращающихся печей. Остальная часть пыли выделяется из цементных и сырьевых мельниц, дробильно-сушильных установок и силосов для хранения материалов и добавок. Основные газы, которые также выбрасываются в атмосферу при производстве цемента это - оксид углерода, оксид азота и диоксид серы. Кроме того, в выбросах содержатся сероводород, аммиак, толуол, формальдегид, бензол и тяжелые металлы.

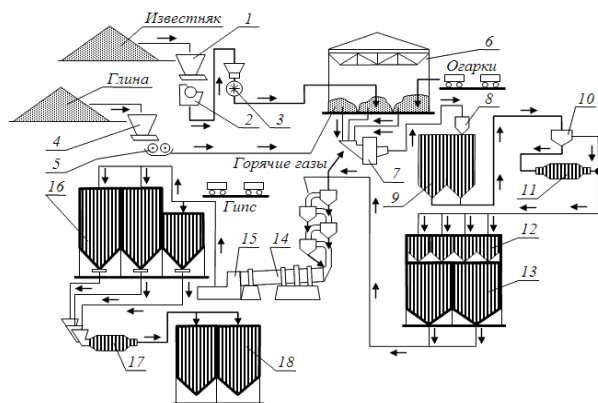


Рисунок 2 – Схема производства цемента по сухому способу:

- 1 – бункер известняка; 2 – щековая дробилка; 3 – молотковая дробилка; 4 – бункер глины; 5 – валковая дробилка; 6 – склад сырья; 7 – мельница; 8 – циклон; 9 – силос; 10 – сепаратор; 11 – мельница; 12 – силос; 13 – силос запасной; 14 – печь; 15 – холодильник; 16 – склад клинкера; 17 – мельница; 18 – силос цементный

Для уменьшения пыли выбрасываемых газов печей мокрого способа производства необходимо применять электрофильтры с температурой эксплуатации до 250°С, а также рукавные фильтры с рукавами из стеклоткани. Выбрасываемые газы печей сухого способа производства необходимо обеспыливать в циклонах и электрофильтрах (двухступенчатая очистка) или в циклонах, а затем в рукавных фильтрах с рукавами из стеклоткани.

При выборе и разработке технологических мероприятий первостепенным условием является анализ машинного образования загрязняющих веществ. Это исследование позволяет разработать меры по

уменьшению их количества и сохранению на необходимом уровне таких параметров, как температура, давление и концентрация загрязняющих веществ. При производстве цемента необходима герметизация и автоматизация всей аппаратуры, а также технологических процессов, связанных с выбросами в атмосферу пыли. Необходимо уменьшать высоту падения пылящих материалов, увлажнять и охлаждать пересыпаемые и транспортируемые материалы. Порошковые материалы следует хранить в закрытых складских зданиях и сооружениях. Сухие способы переработки пылящих материалов заменить мокрыми (помол мокрый).

Таким образом, уменьшение выбросов пыли при производстве цемента зависит от выбора и разработки технологических мероприятий, которые предполагают снижение объема загрязняющих веществ в атмосфере при сохранении качества и количества конечного продукта.

Литература:

1. Банит, Ф.Г. Пылеулавливание и очистка газов в промышленности строительных материалов / Ф.Г. Банит, А.Д. Мальгин. – М.: Стройиздат, 2010. – 351 с.
2. Голованова, Г. М. Общая технология цемента / Голованова Г. М. М.: Стройиздат, 2005. – 118 с.
3. Каренин, В. С. Новое в цементной промышленности: / Каренин, В. С. Т. Г. Мешик, Л. Н. Грикевич. – М.: 2020. – 340 с.
4. Хлусов, В.Б. Экологические проблемы технологии цемента / В.Б. Хлусов. – М: НИИцемент, 2015. – 139 с.
5. Петров, Б.А. Обеспыливание технологических газов цементного производства / Б. А. Петров, П. В. Сидяков. – М.: Стройиздат, 2017. – 450 с.

УДК 629.7

КОСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ИНСТРУМЕНТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

Каплич В.А., Жоголь А.О., студенты

Научный руководитель Забродская Н.Г.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Беларусь

Космические технологии повышают эффективность сельского хозяйства, промышленности и безопасности, снижая затраты. Первый спутник и космонавт были советскими. Беларусь и Россия развивают спутниковую связь, навигацию и мониторинг Земли. Сотрудничество стран укрепляет экономические связи и привлекает инвестиции.

Ключевые слова: космическая отрасль, экономический рост, спутниковая связь, навигация, дистанционное зондирование, сельское хозяйство, транспорт, телекоммуникации, инновации, международное сотрудничество.

Космическая отрасль стимулирует технологический прогресс, экономический рост и создание рабочих мест. Глобальный рынок космической индустрии оценивается в более чем 400 миллиардов долларов, к 2040 году может достичь 1 триллиона. Спутниковая связь, навигация и дистанционное зондирование Земли являются неотъемлемой частью логистики, транспорта, сельского хозяйства и телекоммуникаций.

СССР сыграл ключевую роль в освоении космоса, запустив первый спутник в 1957 году, что положило начало космической эре и формированию рынка аэрокосмических технологий [7]. Первый полет человека в космос, осуществленный Юрием Гагариным в 1961 году, укрепил позиции СССР на мировой арене и стимулировал развитие науки и промышленности. В последующие десятилетия освоение космоса вышло на новый уровень: первый выход человека в открытый космос в 1965 году, лунная гонка и создание орбитальных станций.

Космическая программа создала тысячи рабочих мест и способствовала прогрессу в машиностроении, электронике и материаловедении. К 1980-м годам доля космической отрасли в экономике СССР составляла около 1% ВВП, космические технологии нашли применение в медицине, энергетике и связи [1].

Значителен белорусский вклад в космонавтику. Пётр Климук, первый космонавт из Беларуси, совершил три полёта в космос в 1973, 1975 и 1978 годах. Его работы по изучению Земли из космоса и влиянию невесомости на организм человека являются основой для дальнейших экспериментов и научно-технических программ. Белорусские предприятия, ОАО «Пеленг», УП «Геоинформационные системы» НАН Беларуси и Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, участвуют в данных космических программах и вносят свой вклад, разрабатывая оборудование для спутников, системы управления и материалы для космической техники.

Олег Новицкий продолжил традиции белорусской космонавтики, совершив три полёта в 2012, 2016 и 2021 годах. Он участвовал в международных миссиях на МКС, выполняя научные эксперименты, технические работы и укрепляя сотрудничество между странами.

Марина Василевская – первая белорусская женщина-космонавт, отправившаяся на орбиту в 2024 году, совершив полёт на Международной космической станции для участия в научных экспериментах и испытаниях новых технологий.

Благодаря космическим исследованиям развивается спутниковая связь, с 1960-х годов обеспечивающая глобальное покрытие Земли. В настоящее время

в мире рынок спутниковой связи оценивается в более чем 30 миллиардов долларов, к 2030 году ожидается рост до 50 миллиардов. GPS, ГЛОНАСС, Galileo и BeiDou, и другие системы навигации – неотъемлемая часть транспортной логистики, сельского хозяйства и геодезии. Использование спутниковой навигации в сельском хозяйстве повышает урожайность на 10-15%, в логистике снижает затраты на топливо, повышая эффективность перевозок.

Космические технологии повлияли на развитие новых материалов. Углеродные композиты, используемые в космической технике, применяются в производстве самолетов, снижая их вес и расход топлива. Разработанная для космических миссий микроэлектроника – основа для современных гаджетов, медицинского оборудования и систем автоматизации.

Беларусь и Россия активно сотрудничают в космической сфере. Беларусь реализует собственную космическую программу, включающую спутники дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). В 2012 году запущен первый белорусский спутник БКА-1, в 2021 году – БКА-2. Проекты улучшили мониторинг сельскохозяйственных земель, лесов и чрезвычайных ситуаций, оптимизируя использование природных ресурсов и снижая затраты, положительно влияя на экономику страны, в перспективе позволяющее внедрить точное земледелие. Россия ежегодно инвестирует в космическую отрасль более 200 миллиардов рублей, поддерживая совместные проекты: создание спутниковых систем связи и разработка новых технологий.

Беларусь планирует создание нового поколения спутников с улучшенными характеристиками, финансируя проекты на десятки миллионов долларов. Сотрудничество с Россией и Китаем ускоряет разработку и запуск спутников. Космические технологии находят применение в сельском хозяйстве, где ожидается внедрение автоматизированных систем мониторинга почв с использованием спутниковых и дроновых данных.

Россия обладает одной из крупнейших спутниковых группировок в мире: системы ГЛОНАСС, «Канопус-В» и «Ресурс-П». Система ГЛОНАСС применяется для навигации сельскохозяйственной техники, снижая затраты на топливо и повышает точность обработки полей. Развиваются программы точного земледелия с использованием спутниковых технологий. В регионах, где активно используются спутниковые данные, урожайность увеличивается на 20-30%, затраты на производство снижаются на 10-15%.

Спутниковый мониторинг лесных пожаров – важный инструмент для предотвращения экологических и экономических потерь. Белорусская система мониторинга включает программы автоматического обнаружения возгораний и пожаров, оперативно реагирующее на угрозы, снижая ущерб на миллионы долларов ежегодно.

Система космического мониторинга в Беларуси совершенствуется для

предупреждения чрезвычайных ситуаций и охраны окружающей среды. Новые технологии оперативно выявляют лесные пожары и наводнения, что особенно важно для страны, где леса занимают более 40% территории.

Финансирование космических программ СССР, Беларуси и России представлено в таблице 1 [4, 7]. Таблица демонстрирует значительное изменение расходов на космические программы в разные периоды. В 1988 году СССР потратил 16,4 млрд рублей только на программу «Буран», что подчеркивает масштабность проекта. В 1989 году расходы сократились до 6,9 млрд рублей, большая часть направлена на оборонные цели.

Таблица 1 – Финансирование космических программ

Страна	Год	Расходы на космическую программу	Примечания
СССР	1988	16,4 млрд рублей	Общие затраты на программу «Буран»
СССР	1989	6,9 млрд рублей	Из них 1,7 млрд рублей на народнохозяйственные и научные цели, 3,9 млрд рублей на оборонные цели
Беларусь	2012	\$16 млн	Запуск первого спутника БКА-1
Беларусь	2021	\$30 млн	Запуск спутника БКА-2
Россия и Беларусь	2026 (план)	2 млрд рублей	Совместная программа «Комплекс-СГ» по созданию малого космического аппарата и двух наноспутников

Беларусь начала развивать собственную космическую программу значительно позже, с заметно меньшими бюджетами, запустив первый спутник БКА-1 в 2012 году, а БКА-2 в 2021 году.

В 2026 году планируется совместная программа России и Беларуси «Комплекс-СГ» с бюджетом 2 млрд рублей. По сравнению с советскими расходами сумма значительно уменьшилась, указывая на оптимизацию затрат или меньший масштаб проекта. На рисунке 1 представлен наглядный график расходов на космическую программу в Беларуси (в том числе и совместную программу с Россией).

Планы развития космических программ Беларуси и России с 2024 по 2030 год представлены в таблице 2 [3, 5].



Рисунок 1 – Расходы на космическую программу в Беларуси

Таблица 2 – Планы развития космических программ (2024–2030)

Страна	Проект	Бюджет	Цели
Беларусь	БКА-3	\$50 млн	Повышение разрешения съемки до 0.5 м
Беларусь	Частные наноспутники	\$20 млн	Коммерческие услуги связи и IoT
Россия	«Сфера» (спутниковая сеть)	\$12 млрд	600+ спутников для глобального интернета
Россия	Лунная программа	\$4.5 млрд	Пилотируемые миссии к 2030 году
Россия и Беларусь	«Космический мониторинг ЧС»	\$100 млн	Единая система предотвращения катастроф

В Беларуси ежегодные затраты на космические программы составляют около 50 миллионов долларов. Для реализации новых проектов: создание спутников следующего поколения и участие в международных миссиях, – потребуется увеличение финансирования. Инвестиции в космические технологии создают новые рабочие места, стимулируя экономический рост. В России ежегодные инвестиции в космическую отрасль превышают 200 миллиардов рублей, помогая стране сохранять лидирующие позиции в космической сфере. В Беларуси доля аэрокосмической отрасли в ВВП составляет около 0,5%. В России космическая отрасль вносит вклад в развитие высокотехнологичных производств и создание новых рабочих мест, стимулируя экономический рост. Использование спутниковых технологий в сельском хозяйстве, промышленности и безопасности снижает затраты и повышает эффективность, подтверждая высокую рентабельность инвестиций в

космическую отрасль. В сфере безопасности спутниковый мониторинг предотвращает чрезвычайные ситуации: лесные пожары и наводнения, снижая экономические потери на десятки миллионов долларов.

Литература:

1. Государственная программа Союзного государства «Комплекс-СГ». – URL: <https://www.soyuz.by/docs/programs/kompleks-sg> (Дата обращения: 14.02.2025).
2. Министерство образования Республики Беларусь. – URL: <https://edu.gov.by> (Дата обращения: 14.02.2025).
3. Национальная академия наук Беларуси. Белорусская космическая программа. – НАН Беларуси, 2021. – URL: <https://nasb.gov.by/science/belarus-space-program> (Дата обращения: 14.02.2025).
4. Prokosmos – Информационный портал о космосе. – URL: <https://prokosmos.ru> (Дата обращения: 14.02.2025).
5. Роскосмос. Федеральная космическая программа России (ФКП) 2016–2025. – Государственная корпорация «Роскосмос», 2016. – URL: <https://www.roscosmos.ru/317> (Дата обращения: 14.02.2025).
6. MashNews – Новости машиностроения и космической отрасли. – URL: <https://mashnews.ru> (Дата обращения: 14.02.2025).
7. Siddiqi, A.A. Challenge to Apollo: The Soviet Union and the Space Race, 1945-1974. – NASA, 2000. – 1024 с. – URL: <https://history.nasa.gov/SP-4408.pdf> (Дата обращения: 14.02.2025).
8. Беляцкая Т.Н. Экономика информационного общества. - учебно-методическое пособие. - БГУИР, 2015. - 222с.
9. Забродская, Н.Г. Экономика малого бизнеса и предпринимательства/ Н.Г. Забродская, В.М. Круглик. - Минск: Амалфея. - 2013. - 288 с.

УДК 502.51:005.584.1(282.247.322)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОНИТОРИНГА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РЕКИ ПРИПЯТЬ ЗА ПЯТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Картынный А.А., Азаров Д.В., студенты
Научный руководитель Веремейчик Л.А.
Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье показано изменение состояния поверхностных вод реки Припять за период с 2018 по 2023 годы по основным показателям качества воды, включая содержание минеральных и органических веществ, а также представлен комплекс мер по уменьшению загрязнения реки.

Ключевые слова: водные объекты, экологические проблемы, гигиенические критерии качества.

Водные объекты используются в целях удовлетворения различных нужд населения, в том числе, хозяйственных, бытовых, оздоровительных и других. Велико их значение для сельскохозяйственных, промышленных, энергетических, транспортных, рыбохозяйственных и иных производств.

В основу оценки качества вод водных объектов положен основной принцип – их влияние на условия жизни и состояние здоровья населения. Для этого с учетом специфики требований водопользователей осуществляется нормирование качества воды. Утвержденные нормативы, определяющие качество вод, учитывают содержание в воде различных вредных веществ и ограничивают их наличие в виде показателей предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых уровней (ОДУ), включающие в себя общефизические, биологические, химические показатели качества. Определен гигиенический критерий качества вод, объединяющий три основные группы признаков вредного воздействия различных веществ – общесанитарный, токсикологический и органолептический. Общесанитарный признак обеспечивает безопасность вод благодаря регуляции процессов естественного самоочищения, определением наличия в них патогенных микроорганизмов, что обеспечивается нормированием общих характеристик, таких как, наличие взвешенных веществ, влияющих на жесткость, общую минерализацию, водородный показатель (рН), БПК₅, содержание нефтепродуктов, фенольный индекс и др.

Качество вод по химическому составу обеспечивает токсикологический признак, в основу которого положено влияние химических соединений органического и минерального происхождения на организм человека. К наиболее опасным и весьма токсичным нормируемым соединениям органического происхождения, оказывающим неблагоприятное воздействие на здоровье человека, относят пестициды, ароматические полициклические ароматические и полихлорированные углеводороды, бифенилы и другие, содержание которых строго контролируется.

В практике для оценки качества вод широко используется наиболее простой органолептический признак, основанный на использовании органов обоняния, с их помощью определяется цвет, вкус, соленость, кислотность, запах, мутность и другие показатели, которые также в значительной степени являются непосредственной причиной ухудшения состояния здоровья населения. На основании указанных критериев сформирована система национальных нормативов качества вод в Республике Беларусь [1]. Показатели качества воды поверхностных водных объектов должны соответствовать следующим основным требованиям: взвешенные вещества - не более 25 мг/дм³; плавающие примеси (вещества) - на поверхности воды не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, жиров и скопления других примесей; водородный показатель (рН) - не должен выходить за пределы 6,5-

8,5; минерализация воды - не более 1000 мг/ дм³; растворенный кислород - 6 мг/ дм³; биохимическое потребление кислорода БПК₅ – не более 6 мг О₂/ дм³ [2].

Большое значение для Республики Беларусь имеет мониторинг поверхностных вод реки Припять, которая по величине и водности является крупнейшим притоком Днепра. Важными экологическими проблемами данной реки являются загрязнение поверхностных вод, что приводит к изменению водных экосистем, их биологического разнообразия, изменению гидрологического режима [3]. Мониторинговые показатели качества вод за 2018 год свидетельствуют, что максимальное содержание фосфат-иона составило 0,086 мг P/дм³, что превышало значение ПДК – 0,066 мг P/ дм³. Содержание нефтепродуктов не превышало допустимый уровень, их максимум был на уровне 0,048 мг/дм³. Содержание растворенного кислорода колебалось от 7,8 до 11,5 мг О₂/дм³, что соответствует удовлетворительному газовому режиму. Отмечались повышенные концентрации металлов (железо, марганец), среднегодовые концентрации железа общего превышали нормативы, в то время как медь и цинк соответствовали нормативам, рН колебался от 7,1 до 8,5 (нейтральная и слабощелочная реакция) [4].

Анализ качества вод реки за 2023 год показывает о некоторых изменениях их состава по сравнению с 2018 годом. Так, максимальное содержание фосфат-иона достигло 0,075 мг P/дм³ (1,14 ПДК), что указывает на улучшение по сравнению с 2018 годом, хотя все еще имеется некоторое превышение данного показателя. Превышения норм по другим загрязняющим веществам: аммоний-ион (4,5 % проб), нитрит-ион (4,2 %), общий фосфор (5 %) и ХПК_{Cr} (54,6 %). Содержание растворенного кислорода варьировало от 8,0 до 10,9 мг О₂/дм³, что также указывает на удовлетворительное состояние газового режима. Содержание легкоокисляемых органических веществ (по БПК₅) варьировало от 1,9 до 3,3 мг О₂/дм³. Трудноокисляемые органические вещества (по ХПК_{Cr}) находились в диапазоне от 26,3 до 39,7 мг О₂/дм³ (1,6 ПДК). Среднегодовые концентрации железа общего не превышали нормативы (0,57-0,67 мг/дм³), что указывает на улучшение качества воды по этому показателю. Минимальная концентрация аммоний-иона составила 0,03 мг N/дм³, рН находился в пределах от 6,6 до 8,1, что также указывает на нейтральную и слабощелочную реакцию [5].

Сравнительный анализ показывает, что состояние поверхностных вод реки Припять в 2023 году в целом остается удовлетворительным. Наблюдается некоторое улучшение по концентрациям железа и снижению содержания нефтепродуктов. Однако есть местные превышения по фосфатам и другим минеральным веществам. Для уменьшения загрязнения реки необходимо применить комплекс общих мер, основными из которых являются: обеспечение водозащитной зоны, выявление источников загрязнения, контроль состояния водных объектов, недопущение сброса сточных вод, стоков удобрений и

пестицидов с полей в водные объекты, внедрение экологически чистых технологий, рекультивация береговой зоны.

Литература:

1. Шевцова, Н.С. Нормативы качества поверхностных вод в Республике Беларусь [Электронный ресурс]. - URL: https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/124973/1/Сборник%201_Статья_21_Шевцова.pdf (дата обращения 09.04.2025).

2. Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде поверхностных водных объектов [Электронный ресурс]. - URL: file:///C:/Users/User/Downloads/postanovlenie_ministerstva_prirodnih_resur (дата обращения 09.04.2025).

3. Геоэкологические проблемы реки Припять [Электронный ресурс]. - URL: https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/15764/1/conference_tpu-2015-C66-v2-140.pdf (дата обращения 27.03.2025).

4. Мониторинг поверхностных вод за 2018 год [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.nsmos.by/sites/default/files/2023-08/2%20SURFASE%20WATER%20Monitoring%202018.pdf> (дата обращения 24.03.2025).

5. Мониторинг поверхностных вод за 2023 год [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.nsmos.by/sites/default/files/2024-07/2-surfase-water-monitoring-2023.pdf> (дата обращения 25.03.2025).

УДК 504.05

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛЫ ОТ СЖИГАНИЯ ТОРФА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Кобель П.Д., Трухан Д.А., учащиеся УО «Национальный детский технопарк»

Научные руководители Цыганова А.А., Благовещенская Т.С.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В статье рассмотрены агроэкологические аспекты использования золы от сжигания торфа при возделывании сельскохозяйственных культур. Представлены результаты эксперимента с использованием золы от сжигания торфа в качестве мелиоранта, дана оценка возможности использования золы от сжигания торфа при возделывании озимой ржи и рапса.

Ключевые слова: зола от сжигания торфа, удобрение, мелиорант, технология возделывания, озимая рожь, рапс

Использование золы от сжигания торфа приобретает все большую актуальность для аграрного сектора РБ. Зола от сжигания торфа широко применяется в энергетике и бытовой отрасли, что приводит к образованию значительных объемов золы, требующих утилизации. Простое захоронение золы на полигонах является экологически нецелесообразным, поскольку занимает территории, может приводить к загрязнению почвы и грунтовых вод; зола от сжигания торфа является ценным вторичным ресурсом, содержащим необходимые для растений макро- и микроэлементы. Ее использование позволяет сократить потребность в минеральных удобрениях, снижая затраты на приобретение и внесение последних; зола торфа может выступать в качестве эффективного мелиоранта для кислых почв, нейтрализуя их pH и улучшая структуру. Правильное применение золы способствует повышению плодородия почвы, урожайности сельскохозяйственных культур и улучшению качества продукции; использование золы от сжигания торфа соответствует принципам устойчивого сельского хозяйства, направленным на рациональное использование ресурсов, снижение негативного воздействия на окружающую среду и сохранение плодородия почвы для будущих поколений.

В качестве культур для эксперимента были выбраны озимая рожь и рапс. Рожь – это зерновая культура, принадлежащая к семейству злаковых. Она обеспечивает продовольственную безопасность страны, является ценным кормом для скота и имеет различное техническое и применение. Рожь в сравнении с ведущими зерновыми культурами имеет ряд важнейших преимуществ: рожь отличается высокой зимостойкостью, что делает ее подходящей для выращивания в регионах с холодными зимами. Зимние сорта ржи высевают осенью, и они перезимовывают под снегом, начиная расти весной; рожь менее требовательна к почвам, чем пшеница, и может расти на бедных, кислых и песчаных почвах, где пшеница растет плохо; рожь также более засухоустойчива, чем пшеница, что делает ее ценной культурой в регионах с недостаточным количеством осадков; рожь созревает относительно быстро, что позволяет проводить уборку урожая раньше, чем у многих других зерновых культур; урожайность ржи может варьироваться в зависимости от сорта, условий выращивания и агротехники, но в целом она может быть достаточно высокой.

Рапс – это масличная культура, принадлежащая к семейству капустных (Brassicaceae). Он является одной из важнейших масличных культур в мире и имеет большое экономическое значение. Основное использование рапса – это производство рапсового масла. Рапсовое масло является ценным пищевым продуктом, богатым ненасыщенными жирными кислотами, витаминами и другими полезными веществами. Оно используется в кулинарии, пищевой промышленности и для производства маргарина. Рапсовое масло также используется для производства биодизельного топлива, которое является

экологически чистой альтернативой дизельному топливу из нефти. После извлечения масла остается рапсовый жмых или шрот, который является ценным белковым кормом для сельскохозяйственных животных.

Характеристики и особенности рапса: озимый рапс, как и рожь, обладает хорошей зимостойкостью и высевается осенью для перезимовки; рапс более требователен к почвам, чем рожь, он предпочитает плодородные, хорошо дренированные почвы с нейтральной или слабокислой реакцией; рапс влаголюбив, особенно в период цветения и формирования семян, недостаток влаги может существенно снизить урожайность; урожайность рапса может быть высокой при соблюдении агротехнических требований и благоприятных погодных условиях [1,2].

Для оценки влияния золы от сжигания торфа на всхожесть было проведено исследование, в ходе которого осуществлялась высадка семян озимой ржи и рапса в образцы почвогрунтов с различным процентным содержанием золы от сжигания торфа 5, 10 и 15 %. Для подготовки образцов почвы с добавлением золы отмеряли необходимое количество золы и почвы, затем их смешивали. Полученные смеси затем увлажняли и в каждый образец высаживали 20 семян ржи и 20 семян рапса в каждый образец. Готовые образцы поставили на подоконник под солнечный свет на 18 дней и наблюдали за ростом. Полив совершали по мере необходимости. Результаты эксперимента представлены в таблице 1 и 2.

Таблица 1 – Показатели всхожести семян озимой ржи в исследуемых образцах

Образец	День 0 (высадка)	День 3	День 6	День 9	День 12	День 15	День 18
Почва	-	10	17	18	18	18	18
Почва+ зола(5%)	-	10	19	19	19	19	19
Почва+ зола(10%)	-	8	16	19	19	19	19
Почва+ зола(15%)	-	6	16	19	19	19	19

В контрольном образце с чистой почвой была получена достаточно высокая всхожесть для обеих исследуемых культур. Это подтверждает, что чистая почва является благоприятной средой для начального этапа роста и развития растений.

Добавление в почвогрунт золы в концентрации 10 % не оказало негативного влияние на всхожесть и развитие озимой ржи. В то время как растения рапса оказались более чувствительны к повышению концентрации золы до 10–15 %, что заметно снизило всхожесть и ингибировало развитие и рост ростков рапса.

Таблица 2 – Показатели всхожести семян рапса в исследуемых образцах

Образец	День 0 (высадка)	День 3	День 6	День 9	День 12	День 15	День 18
Почва	-	-	7	10	10	10	10
Почва+ зола(5%)	-	-	7	9	12	12	12
Почва+ зола(10%)	-	-	1	3	4	7	8
Почва+ зола(15%)	-	-	2	6	8	8	8

Концентрация золы (15%) в почвогрунте для озимой ржи оказало негативное воздействие в процессе уже в процессе более поздней вегетации. Несмотря на хорошую начальную всхожесть, ростки озимой ржи начали постепенно увядать (таблица 3). Это указывает на то, что высокая концентрация золы создала неблагоприятные условия для дальнейшего развития ржи.

Таблица 3 – Итоговая всхожесть озимой ржи и рапса (на 18 сутки наблюдения)

Образец	Итоговая всхожесть	
	рожь	рапс
Почва	90%	50%
Почва+ зола(5%)	95%	60%
Почва+ зола(10%)	95%	40%
Почва+ зола(15%)	95%	40%

Таким образом, содержание золы (5%) и почвы оказывало наилучшее воздействие на всхожесть и рост как рапса, так и озимой ржи. При её применении наблюдается довольно высокая процент всхожести и активный рост сельскохозяйственных культур. Полученные в ходе исследований результаты позволят оценить эффективность и экологическую безопасность использования золы в качестве удобрения, определить оптимальные дозы и способы внесения, а также разработать рекомендации для практического применения в сельскохозяйственном производстве Беларуси.

Литература:

1. Вильдфлуш И.Р., Цыганов А.Р., Лапа В.В., Персикова Т.Ф. Рациональное применение удобрений. – Горки, 2002. – 322 с.
2. Ковалев В.М. Теория урожая. – М.: Изд. МСХА, 2003. – 330 с.

УДК 621.311.22

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСАДКА ВОДОПОДГОТОВКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ковалева К.Е., Хомич М.Д., учащиеся УО «Национальный детский технопарк»

Научные руководители – Скуратович И.В., Зеленухо Е.В., Благовещенская Т.С.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В статье рассматривается возможность применения осадка водоподготовки в производстве строительных материалов в качестве альтернативного источника сырья. Проведены исследования физических и химических свойств осадка, а также анализ его влияния на характеристики строительных материалов.

Ключевые слова: осадок водоподготовки, бетонная смесь, экологическая безопасность, инновационные технологии, уменьшение отходов

С увеличением потребности в строительных материалах, особенно в бетоне, возрастает необходимость поиска альтернативных источников сырья. Одним из таких источников может стать осадок, образующийся в процессе водоподготовки на предприятиях энергетической отрасли в Республике Беларусь.

Химический состав осадка водоподготовки может сильно варьироваться в зависимости от качества исходной воды, методов очистки и применяемых реагентов. Однако, можно выделить несколько компонентов, которые в основном присутствуют в осадках: это органические вещества и кальций, а также сульфаты, хлориды, алюминий, железо и магний (рис.1).

Такой состав обуславливает возможность применения данного вида отхода в качестве вяжущего компонента бетонной смеси.

В нашей работе мы провели исследование осадка водоподготовки теплоэлектроцентрали (ТЭЦ). Пробоотбор был произведен в месте захоронения осадка (карте). Визуально осадок представляет собой глинистую смесь коричневого цвета с мелкими включениями.

Для оценки экологической безопасности осадка водоподготовки ТЭЦ, как компонента строительных материалов, мы провели анализ пробы на содержание радионуклидов. Расчетным путем определили удельную эффективную активность. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Осадок водоподготовки имеет достаточно низкое значение радиоактивности (меньше 370 Бк/кг), и является пригодным для использования в производстве строительных материалов.

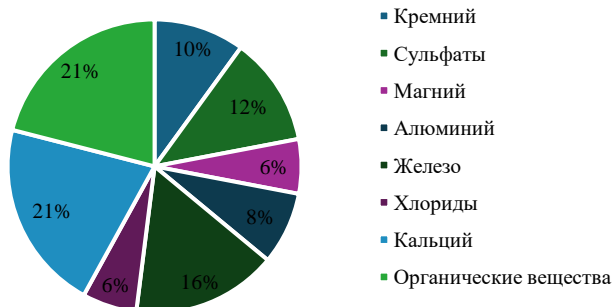


Рисунок 1 – Химический состав осадка водоподготовки (на основании литературных данных)

Таблица 1 – Определение удельной эффективности активности осадка водоподготовки

Наименование пробы	^{137}Cs	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th	$A_{\text{эфф}}$, Бк/кг
Осадок водоподготовки	10.0	58.9	8.74	6.22	24.09

Далее были изготовлены образцы бетонных смесей с добавлением осадка водоподготовки в различных пропорциях: 10%, 20% и 30% соответственно. Контрольный образец состоял из двух частей цемента, шести частей щебня и 1 части песка. Также добавлялась известь. В процессе изготовления образцов строительных материалов с добавлением исследуемого осадка, им заменялся песок в соответствующих пропорциях.

Образец с 10% осадка был достаточно жидким до заливания в форму, что улучшало укладываемость и облегчало застывание. После застывания он имеет наибольшую схожесть с контрольным образцом и выдерживает наибольшую нагрузку. Прочность снизилась очень незначительно, все требования соблюдаются. Бетон с содержанием 10% осадка подходит для всех видов строительных работ.

Образец с 20% осадка был более густым до заливания в форму, и менее прочным, по сравнению с 10% образцом, крошился после застывания, что указывает на снижение плотности. Тем не менее, его все еще можно использовать в строительстве, заменяя природные материалы.

Образец с 30% осадка был самым густым и наименее прочным, также, после застывания крошился. Такой бетон подходит для специализированных

работ с не критичными требованиями к прочности и плотности. Микрофотографии полученных бетонных кубиков представлены на рисунке 2.

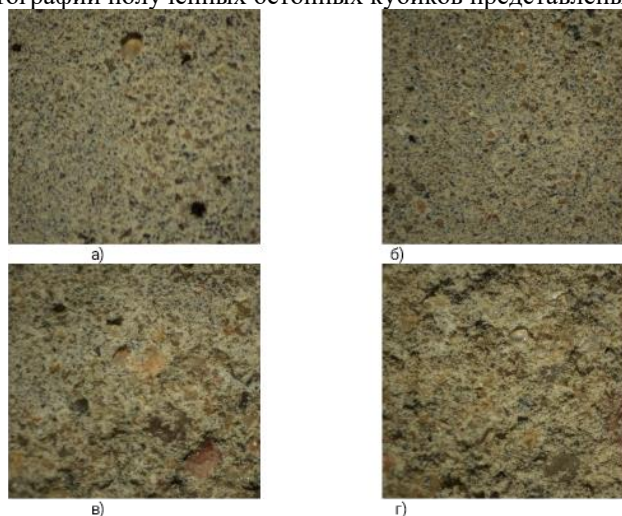


Рисунок 2 – Образцы строительного материала под увеличением (а - контрольный образец, б – образец с содержанием осадка 10 %, в – образец с содержанием осадка 20 %, г – образец с содержанием осадка 30 %)

В результате проведенного анализа можно сделать вывод, что осадок водоподготовки имеет значительный потенциал для использования в строительных материалах. Его применение не только экономически выгодно, но и способствует улучшению экологической обстановки за счет переработки отходов и снижения затрат на производство. Тесты показали, что бетонные смеси с добавлением осадка сохраняют достаточные прочностные характеристики и водонепроницаемость. Дальнейшие исследования в этой области могут привести к разработке стандартов и нормативов, способствующих более широкому применению этих материалов в строительной отрасли

Литература:

1. Всемирный информационный портал: – Минск, [электронный ресурс], 2001 – 2025. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Водоподготовка> (дата обращения 11.02.2025).
2. Аубакирова И.У. Использование осадка водоочистных сооружений при производстве строительных материалов. [электронный ресурс]- (дата обращения 13.02.2025).

ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОАО «КОНДИТЕРСКАЯ ФАБРИКА «СЛОДЫЧ» НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Ковалевич Э.Н., студент

Научный руководитель Сидорская Н.В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Статья посвящена анализу воздействия производственной деятельности ОАО «Кондитерская фабрика «Слодыч» на окружающую среду. В работе рассматриваются выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, сбросы сточных вод, образование отходов производства и потребления. На основе имеющихся данных проводится оценка уровня загрязнения окружающей среды, что позволяет определить степень влияния деятельности предприятия на окружающую среду и выработать рекомендации по оптимизации производственного процесса с целью снижения негативного воздействия.

Ключевые слова: кондитерская промышленность, производственная деятельность, выбросы загрязняющих веществ, сточные воды, обращение с отходами.

Кондитерская промышленность, которая производит различные продукты, является одной из самых распространенных и жизненно важных отраслей промышленности во всем мире. Кондитерские фабрики генерируют большие объемы отходов, характеризующихся высокой концентрацией легко биоразлагаемых материалов, которые должны быть надлежащим образом очищены перед их попаданием в окружающую среду.

ОАО «Кондитерская фабрика «Слодыч» – ведущий производитель кондитерских изделий в Беларуси, обладающий сильным и известным брендом, структурированной системой продаж и широким ассортиментом, учитывающий различные вкусовые предпочтения потребителей. Предприятие размещено на 20000 м². Проектная мощность предприятия составляет более 12000 тонн печенья в год. Производственная структура предприятия включает: бисквитные цеха, вафельный цех, цех глазировки.

Производство на предприятии расположено на двух этажах. На первом находятся склады сырья, готовой продукции, а также отделение по производству эмульсии и готовая смесь для производства печенья. Смешивание теста-эмульсии длится 25 минут в тестомесильной машине при температуре 25⁰С, смешивание происходит в автоматическом режиме под управлением компьютера, контакт человека с продуктом запрещен.

На втором этаже здания расположены основные производственные цеха кондитерской фабрики. Самый большой и важный из них – бисквитный цех, где работают пять производственных линий. Эти линии производят от 500 до 1100 килограммов популярных сортов печений (как сахарного, так и затяжного) в

течение часа. Кроме бисквитного цеха, на втором этаже находятся также отделение для глазировки готовых изделий, вафельный цех и розничный отдел (для продажи продукции непосредственно на фабрике).

Производственный процесс начинается с доставки необходимых ингредиентов: муки и эмульсии, которые поступают по трубопроводам с первого этажа. В тестомесильной машине происходит смешивание всех компонентов, включая различные наполнители (такие как изюм, кокос, хлопья и другие), время замешивания теста составляет от 7 до 40 минут, в зависимости от рецепта печенья. После замеса готовое тесто поступает на транспортерную ленту, где происходит его формовка перед дальнейшей обработкой. Так как на фабрике существует много видов печенья, то для некоторых используются особые технологии. Так, например, для затяжного печенья используется техника восьмикратного наслоения пластов теста друг на друга, после этого происходит калибровка толщины теста и его формовка.

Процесс изготовления печенья начинается с того, что приготовленное тесто проходит через специальное устройство – ротор. Ротор формирует тесто в печенья нужной формы и размера. После формовки печенья попадают на ленточный транспортер и отправляются в длинную печь, похожую на тоннель. Лента с печеньем медленно движется внутри печи от 7 до 15 минут, в течение которых происходит выпекание при высокой температуре, достигающей 280°C. За это время тесто выпекается, и печенье приобретает свой окончательный вид и вкус.

ОАО «Кондитерская фабрика «Слодыч» воздействует на атмосферный воздух, образует сточные воды и твердые отходы.

Очистка и сброс сточных вод. Вода в большом объеме необходима для очистки технологического оборудования и рабочих зон в целях соблюдения санитарных норм, а также для охлаждения и производственных целей. Объем образующихся сточных вод тесно связан с объемом воды, потребляемой в этих процессах. В 2023 году объем потребляемой воды составил 21,627 тыс. м³, в том числе для хозяйственно-бытовых нужд 10,003 тыс. м³ в год и производственных нужд 11,294 тыс. м³ в год.

Для сточных вод, скапливающихся в процессе производства кондитерских изделий, характерно высокое содержание органических веществ, в частности, сахаров и растительных жиров.

Для отвода сточных вод на предприятии предусмотрена внутренняя канализация, состоящая из двух частей для отвода загрязненных стоков и условно чистых вод. Загрязненные стоки отводятся в общую городскую канализацию, а условно чистые – в ливневую канализацию. Количество сточных вод согласно нормам принимается 3,6 м³ на одну тонну мощности.

Воздействие на атмосферный воздух. Согласно акту инвентаризации выбросов на предприятии имеются организованные и неорганизованные стационарные источники выбросов загрязняющих веществ.

Таблица 1 – Стационарные источники выбросов загрязняющих веществ

Наименование показателя	Значение				
	2019	2020	2021	2022	2023
Количество источников	41	41	41	48	48
Организованные	38	38	38	46	46
Неорганизованные	3	3	3	2	2
Фактические выбросы загрязняющих веществ, т/год	6,147	5,856	5,847	5,068	2,146
Суммарный выброс газов, обладающих парниковым эффектом, т/год	5,502	5,555	5,374	4,665	2,100

Разрешение на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух (действует по 2032 год) дает возможность выбросить 5,015075 т/год по 12 загрязняющим веществам. Норматив допустимого выброса был снижен в два раза по сравнению с предыдущим разрешением.

Очистка газовоздушных выбросов на ОАО «Кондитерская фабрика «Слодыч» происходит с помощью циклонных пылеулавливателей.

Образование отходов. Все отходы, образующиеся на предприятии, разделяют по видам с присвоением кода согласно классификатору отходов с установлением класса опасности и подлежат обязательному сбору и учету образования, хранению.

В ходе производственной деятельности на предприятии образуется 223,3172 т/год отходов, из них: 2,892 т/год – первого класса опасности; 51,9163 т/год – третьего класса опасности; 89,5496 т/год – четвертого класса опасности; 78,9083 т/год – неопасных отходов производства; 0,051 т/год – отходы производства с неопределенным классом опасности.

Данные по обращению с отходами на ОАО «Кондитерская фабрика «Слодыч» приведены на рисунке 1.

На предприятии обеспечивается строгий учет образования отходов, контроль мест их временного хранения, периодичность вывоза отходов, контроль уровня загрязнения почвы. Проводится визуальный мониторинг за обращением с отходами. Приказом по предприятию по всем подразделениям назначены сотрудники, отвечающие за обращение с отходами производства и потребления. На предприятии обеспечивается своевременное заключение и пролонгация договоров на вывоз отходов на объекты размещения в соответствии с требованиями экологической безопасности. Также важнейшим аспектом устойчивости в кондитерской отрасли является упаковка. Рассматривая жизненный цикл продукции, при разработке экологической политики предприятия кондитерской фабрике необходимо внедрять инновации

с использованием биоразлагаемых и перерабатываемых упаковочных материалов.

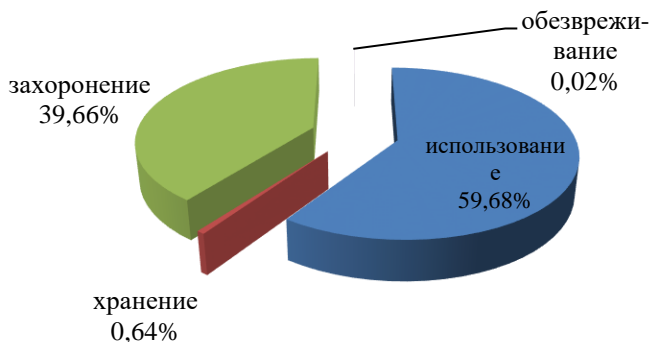


Рисунок 1 – Обращение с отходами на ОАО «Кондитерская фабрика «Слодыч»

Таким образом, для снижения негативного антропогенного воздействия производственной деятельности ОАО «Кондитерская фабрика «Слодыч» необходимо отдать приоритет устойчивому использованию природных ресурсов, экологичной упаковке, энергоэффективности и сокращению отходов.

Литература:

1. О нас // Слодыч.by [Электронный ресурс]. – 2025. – Режим доступа: <http://www.slodych.by>. – Дата доступа: 12.3.2025.
2. Кузнецова, Л.С. Технология и организация производства кондитерских изделий – М.:Академия, 2014. – 480 с.
3. Драгилев, А. И. Основы кондитерского производства : учебник / А. И. Драгилев, Г. А. Маршалкин. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2018. – 532 с.

УДК 504.06

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ЗЕРНОВОЙ КУКУРУЗЫ

**Кононенко М.И., учащийся УО «Национальный детский технопарк»
Научные руководители – Зеленухо Е.В., Скуратович И.В.
Белорусский национальный технический университет, Беларусь**

В данной работе предлагается рассмотреть возможность использования отходов кукурузы при выращивании её на зерно для энергетических целей и для производства бумаги.

Ключевые слова: отходы кукурузы, влажность, зольность, теплота сгорания, прессование отходов, композитное топливо, изготовление бумаги.

Кукуруза - одна из ценных сельскохозяйственных культур в мире по своим кормовым и продуктивным качествам. Она отличается хорошей отзывчивостью на интенсификацию производства, об этом свидетельствует рост урожайности и увеличение в мире её посевных площадей.

За последние три года мировое производство зерна кукурузы достигло 638 млн. т, а её доля в мировом балансе составляет 31% (для сравнения - пшеницы 27%, ячменя - 7%). В последнее время интерес к зерновой кукурузе возрос и в Республике Беларусь. По валовому сбору она занимает четвертое место среди сельскохозяйственных культур, уступая только кормовой кукурузе, зерновым и зернобобовым, а также сахарной свекле. Но, следует отметить, что от валового сбора зерновой кукурузы напрямую зависят и объемы образования её побочной продукции - листьев, стеблей, стержня и обертки початка. Как правило, на отходы приходится порядка 55% от сбора зерна. Динамика объемов образования побочной продукции зерновой кукурузы за пятилетний период (2019-2023 гг.) представлена на рисунке 1.

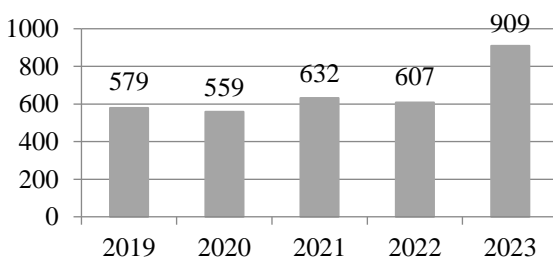


Рисунок 1 - Динамика объемов образования побочной продукции зерновой кукурузы, тыс. т

Как следует из рисунка 1, в 2023 году объем образования побочной продукции зерновой кукурузы составил 909 тыс. т, что на 36,3% больше уровня 2019 года (579 тыс. т).

На рисунке 2 представлены возможные направления использования побочной продукции зерновой кукурузы.

В данной работе предлагается рассмотреть возможность использования отходов кукурузы при выращивании её на зерно для производства топливных брикетов. Эффективность использования отходов кукурузы в энергетических целях зависит от следующих топливных свойств: теплоты сгорания, влажности, зольности. В связи с этим в работе далее были проведены экспериментальные исследования по определению данных характеристик.

Показатель влажности – одна из важнейших характеристик топлива, ведь она оказывает влияние на его качество и эффективность использования.

Высокая влажность может привести к неполному сгоранию сырья и уменьшению тепловыделения, а также к снижению эффективности работы котельного оборудования. Кроме того, влажность топлива может способствовать коррозии и износу оборудования. Результаты определения влажности побочной продукции зерновой кукурузы приведены в таблице 1.

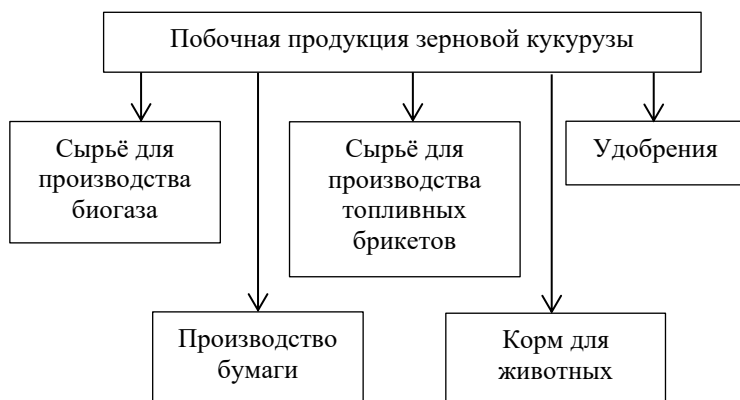


Рисунок 2 – Основные направления использования побочной продукции зерновой кукурузы

Таблица 1 - Результаты определения влажности побочной продукции зерновой кукурузы

Масса пустого бьюкса, г	Масса пробы до сушки, г	Масса пробы после сушки, г	Влажность, %
23,210	1,015	0,890	12,32
23,520	1,005	0,880	12,44
23,270	1,010	0,885	12,50
Среднее значение влажности, %			12,42

Не менее важным показателем для топлива является его зольность. Она оказывает влияние на образование выбросов твердых частиц в атмосферный воздух. Зольность побочной продукции зерновой кукурузы по результатам экспериментальных исследований составила 6,8% (таблица 2).

Таблица 2 - Результаты определения зольности побочной продукции зерновой кукурузы

Масса пробы до озольнения, г	Масса зольного остатка, г	Зольность, %
1,0	0,070	7,0
1,0	0,066	6,6
Среднее значение зольности, %		6,8

Одна из важнейших характеристик топлива – теплота сгорания. Величина теплоты сгорания может отличаться в зависимости от влажности и химического состава топлива. Она показывает, сколько энергии выделится при сжигании одного килограмма того или иного топлива. Чем выше теплота сгорания, тем меньше надо затратить горючего для получения одинакового количества энергии. Определение данного показателя проводится экспериментально калориметрическим методом. По результатам исследований для побочной продукции зерновой кукурузы теплота сгорания составила 15,02 МДж/кг (для влажности сырья – 10%). Анализ топливных характеристик побочной продукции зерновой кукурузы показал, что она обладает достаточно хорошим энергетическим потенциалом, но её недостатком является небольшая плотность и низкая прочность брикетов при прессовании в чистом виде. Для получения более прочных топливных брикетов рекомендуется отходы кукурузы прессовать вместе с торфом и тем самым получать композитные брикеты с достаточно высокой теплотой сгорания и более низкой величиной зольности топлива.

Также в работе рассмотрено ещё одно из возможных направлений использования побочной продукции зерновой кукурузы – получение бумаги. Актуальность этого направления использования отходов кукурузы обусловлена тем, что в настоящее время более 90% мирового производства целлюлозной массы приходится на древесину. Поиск альтернативы, в частности, использование стеблей кукурузы в качестве сырья для бумажной массы, позволяет не только сэкономить ценное сырьё, но и повышает доход от сельского хозяйства.

В ходе нашей работы способ получения целлюлозной массы из стеблей кукурузы включал этапы измельчения, варки, размла полученной массы, формования бумаги и сушки. Для улучшения требуемых свойств к целлюлозной массе из стеблей кукурузы мы добавляли макулатуру в соотношении 50 на 50. Отбеливание бумаги не производилось. Полученный опытный образец бумаги представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Бумага из отходов кукурузы

Этот способ получения бумаги во многом аналогичен способу получения целлюлозной массы из древесины. Получение целлюлозной массы из стеблей кукурузы занимает довольно длительное время по сравнению с традиционным способом, однако требует менее жестких условий.

Литература:

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический буклет. – Мн., 2024. – 36 с.
2. СТБ 2042-2010 Торф. Методы определения влаги и зольности.
3. ГОСТ 147-2013 Топливо твердое минеральное. Определение высшей теплоты сгорания и расчет низшей теплоты сгорания. – М., 2019. – 52 с.
4. Зеленухо Е.В., Скуратович И.В., Лаптенко С.А., Кононенко М.И. Оценка эффективности использования отходов зерновой кукурузы для энергетических нужд. Международный научный журнал «Научные горизонты», г. Белгород. №2(90) 2025. - с. 50-57.

УДК 502.175:502.51

МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Конопляник В.Д., Шевандо И.А., студенты

Научный руководитель Кляусова Ю.В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Мониторинг загрязнения водных ресурсов – сложный и многогранный процесс, включающий в себя целый ряд методов, технологий и стратегий. Цель данной работы – исследовать способы мониторинга загрязнения воды и методы, используемые для оценки состояния водных экосистем.

Ключевые слова: качество воды, защита здоровья человека, охрана экосистем, загрязнение водных объектов.

Вода, источник жизненной силы нашей планеты, находится под постоянной угрозой из-за различных загрязнителей. Обеспечение ее качества и безопасности имеет первостепенное значение как для здоровья человека, так и для окружающей среды. Загрязнение воды может проявляться во многих формах, оно может наносить вред водной флоре и фауне, загрязнять источники питьевой воды и даже влиять на здоровье человека в процессе потребления и отдыха. Эффективный мониторинг имеет жизненно важное значение для:

1. Выявления источников загрязнения: точное определение мест происхождения загрязняющих веществ является первым шагом в восстановлении.

2. Отслеживания уровней загрязнения: регулярный мониторинг позволяет нам оценить серьезность загрязнения и тенденции с течением времени.

3. Оценки эффективности нормативных актов: данные мониторинга помогают определить, насколько эффективна текущая экологическая политика.

4. Защиты здоровья человека: обеспечение безопасности питьевой воды и отсутствие вредных патогенов в водах для рекреационных целей.

5. Охраны экосистем: мониторинг помогает защитить чувствительные водные среды обитания и биоразнообразие, которое они поддерживают.

Мониторинг загрязнения водных ресурсов использует комбинацию физических, химических и биологических оценок. Эти методы часто используются в сочетании, чтобы обеспечить всестороннее понимание состояния водных объектов. Физический мониторинг основан на наблюдаемых характеристиках воды. Эти параметры могут быть относительно легко измерены и дают первоначальное представление о качестве воды. К физическому методу относятся такие параметры, как:

1. Температура: изменения температуры воды могут существенно повлиять на водную флору и фауну. Тепловое загрязнение, часто вызванное промышленными выбросами, может снизить уровень растворенного кислорода и нанести вред чувствительным к температуре организмам. Для измерения температуры воды используются термометры и электронные датчики.

2. Мутность: мутность – это критерий прозрачности и качества воды, вызванная взвешенными частицами, такими как ил, глина и органические вещества. Высокая мутность снижает проникновение света, что влияет на фотосинтез и жизнь водных растений. Для измерения этого параметра используются Диски Секки или иные измерители и датчики мутности и взвеси.

3. Общее содержание взвешенных веществ и примесей: данный показатель характеризует общее количество твердых частиц, взвешенных в воде. Высокий уровень содержания может указывать на эрозию почвы, загрязнение сточных вод или промышленные выбросы. Обычно пробы фильтруются и остаток взвешивают для определения уровня содержания примесей.

4. Цвет и запах: визуальные и обонятельные наблюдения могут сразу же указать на загрязнение. Необычные цвета или неприятный запах часто указывают на присутствие загрязняющих веществ и требуют дальнейшего изучения.

Химический анализ представляет собой исследование различных компонентов, присутствующих в воде:

1. Мера кислотности и щелочности (рН): рН - показатель кислотности или щелочности воды. Слишком высокий или слишком низкий уровень рН может быть вреден для водной флоры и фауны и указывать на загрязнение из кислых или щелочных источников. Для измерения используются рН-метры и наборы для химических тестов.

2. Растворенный кислород (DO): растворенный кислород имеет решающее значение для выживания большинства водных организмов. Низкие уровни DO часто указывают на органическое загрязнение. Датчики DO используются для измерения концентрации кислорода в воде.

3. Питательные вещества (нитраты и фосфаты): чрезмерное потребление питательных веществ, особенно нитратов и фосфатов, может привести к чрезмерному росту водорослей. Этот процесс приводит к истощению запасов кислорода и наносит вред водной флоре и фауне.

4. Тяжелые металлы: тяжелые металлы, такие как ртуть, свинец и кадмий, токсичны даже при низких концентрациях. Они могут накапливаться в пищевой цепи, создавая опасность для человека и дикой природы.

5. Органические загрязнители: эта обширная категория включает пестициды, гербициды, фармацевтические препараты и другие промышленные химикаты. Эти загрязнители могут оказывать различное токсическое воздействие на водные организмы и человека.

6. Соленость: соленость, то есть содержание соли в воде, является критическим параметром, особенно в прибрежных районах и устьях рек. Изменения солености может влиять на распределение водных организмов. Для измерения солености используются рефрактометры и измерители электропроводности.

Биологический метод позволяет оценить качество воды, определяя наличие, численность и здоровье живых организмов:

1. Макробеспозвоночные, такие как насекомые, ракообразные и черви, являются отличными индикаторами качества воды. Некоторые виды очень чувствительны к загрязнению, в то время как другие более терпимы. Изменения в структуре сообщества макробеспозвоночных могут указывать на проблемы с загрязнением.

2. Рыба: здоровье и разнообразие популяций рыб являются еще одним показателем качества воды. Виды рыб различаются по своей чувствительности к различным загрязнителям, и сокращение популяции или наличие уродств может указывать на проблемы с загрязнением воды.

3. Водоросли: водоросли, особенно диатомовые, чувствительны к изменениям качества воды. Проводится мониторинг сообществ водорослей, и

присутствие определенных видов может указывать на загрязнение питательными веществами.

4. Микробиологический анализ: микробиологический анализ включает в себя выявление вредных бактерий, вирусов и простейших, которые могут вызывать заболевания. Это имеет решающее значение для обеспечения безопасности питьевой воды и мест отдыха. Для выявления и количественного определения патогенов используются методы культивирования.

Качество воды, особенно питьевой, является, пожалуй, самым важным условием выживания всей жизни на Земле. Несмотря на свою важность, качество воды не гарантировано и значительно варьируется в разных странах мира под влиянием природных и антропогенных факторов. Тестирование на местах является наиболее распространенным методом определения безопасности питьевой воды в регионе. В развитых странах тестирование может проводиться водоканалами или различными местными государственными или частными организациями. В развивающихся и наименее развитых странах тестирование может быть гораздо менее последовательным и точным [1].

Одним из наиболее авторитетных источников сбора данных о качестве воды является индекс экологических показателей (EPI), который отслеживает 40 показателей эффективности, чтобы определить наиболее экологически чистые страны мира. EPI измеряет качество воды с точки зрения стандартизованных по возрасту и скорректированных на инвалидность лет жизни, потерянных на 100000 человек из-за употребления небезопасной питьевой воды. Согласно шкале, 100 баллов указывают на страны с самой чистой и наименее загрязненной водой, а 0 баллов - на 5% стран с наиболее загрязненной водой на планете.

Измерение безопасности питьевой воды в каждом районе страны имеет жизненно важное значение, поскольку это помогает стране определить, на чем сосредоточить свои усилия, чтобы обеспечить долгосрочное здоровье своих граждан и устойчивость системы водоснабжения [1].

Мониторинг загрязнения водных ресурсов – это непрерывная и развивающаяся деятельность. Она требует многогранного подхода, сочетающего традиционные методы с передовыми технологиями. Улучшая наше понимание сложных процессов загрязнения воды, мы можем защитить этот бесценный ресурс и обеспечить здоровое и устойчивое будущее как для человечества, так и для окружающей среды. Защита наших водных ресурсов зависит от постоянной приверженности мониторингу, анализу и действиям.

Литература:

1. Гигиеническая оценка влияния питьевой воды на здоровье населения. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20020810125759/http://zelenyshluz.narod.ru/articles/water.htm>. — Дата доступа: 04.04.2025.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА В МАЛОМ БИЗНЕСЕ

**Копейкина В.А., Шершнева Е.С., Воропаев Д.Д., студенты
Научный руководитель Забродская Н.Г.
Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники, Беларусь**

Статья посвящена использованию искусственного интеллекта (ИИ) для экологического менеджмента в малом бизнесе. Рассмотрены преимущества ИИ в использовании ресурсов, управлении отходами и снижении экологических рисков, роль государственной поддержки в стимулировании внедрения технологий.

Ключевые слова: искусственный интеллект, экологический менеджмент, малый бизнес, управление отходами, мониторинг выбросов.

Внедрение ИИ в малый бизнес позволяет оптимизировать бизнес-процессы, минимизировать негативное воздействие на окружающую среду и соответствовать растущим требованиям экологической ответственности [1]. Особенно актуальна проблема для малых предприятий, сталкивающихся с ограниченными ресурсами и высокой конкуренцией. Использование ИИ помогает компаниям оптимизировать деятельность, повышать эффективность работы сотрудников, предлагая клиентам более персонализированные продукты и услуги [2].

С помощью ИИ компании анализируют данные о потреблении энергии, воды и других ресурсов, выявляя неэффективные процессы и предлагая решения для их улучшения [3]. Интеллектуальные системы автоматически регулируют освещение, отопление и кондиционирование в офисах или на производственных объектах, что позволяет значительно снизить энергопотребление и сократить затраты. В сельском хозяйстве ИИ помогает оптимизировать полив и использование удобрений, минимизируя расход воды и предотвращая загрязнение почвы.

Алгоритмы машинного обучения способны анализировать состав отходов и оптимизировать процессы их сортировки и переработки. Это особенно актуально для малых предприятий, занимающихся производством или розничной торговлей, где образуется значительное количество отходов [4]. ИИ-системы автоматически определяют типы материалов (пластик, стекло, бумага) и направляют их на соответствующие линии переработки, снижая объем отходов на свалках, и уменьшая вред для окружающей среды.

Мониторинг выбросов – сфера, где ИИ демонстрирует свою эффективность. Малые предприятия, особенно в производственном секторе, используют ИИ-системы для отслеживания уровня выбросов вредных веществ

в реальном времени [5]. Такие системы анализируют данные с датчиков, установленных на производственных объектах, и предупреждают о превышении допустимых норм, помогая компаниям соблюдать экологические стандарты и оперативно устранять проблемы, минимизируя негативное воздействие на окружающую среду.

Алгоритмы машинного обучения способны анализировать большие объемы данных, включая метеорологические условия, уровень загрязнения воздуха и воды, исторические данные о происшествиях (утечки химикатов или аварии на производстве) [6], заранее выявляя потенциальные угрозы и принимая превентивные меры. ИИ предсказывает вероятность загрязнения водоемов в результате производственной деятельности и предлагая меры по предотвращению таких ситуаций.

Однако малые предприятия сталкиваются с необходимостью сбора и обработки больших объемов данных, нехваткой квалифицированных кадров и высокими затратами на разработку и внедрение безотходных технологий. Для успешной интеграции ИИ требуется не только техническая база, но и готовность сотрудников к изменениям, адаптация бизнес-процессов. Решением вышеперечисленных проблем может стать сотрудничество с государственными структурами, использование облачных ИИ-платформ и участие в программах государственной поддержки. Внедрение ИИ-решений позволяет повышать конкурентоспособность бизнеса в условиях растущих требований к экологической ответственности.

ИИ помогает малым предприятиям минимизировать отходы и улучшить процессы переработки. Алгоритмы машинного обучения анализируют данные о производственных процессах и предлагают способы сокращения отходов (за счет оптимизации использования материалов или улучшения качества продукции), избегая штрафов за нарушение экологических стандартов. В долгосрочной перспективе данные меры способствуют формированию положительного имиджа компании, привлекают экологически сознательных клиентов и партнеров.

Внедрение ИИ-решений позволяет не только снижать затраты и повышать конкурентоспособность, но и вносить вклад в сохранение окружающей среды, что становится все более важным фактором успеха в современной экономике.

В России и Беларуси правительство активно поддерживает внедрение ИИ в бизнес. Согласно данным Forbes, применение искусственного интеллекта становится одним из ключевых условий для получения государственных субсидий в таких сферах, как транспорт, здравоохранение, сельское хозяйство и промышленность. В 2024 году Российская Федерация выделила 554 млн рублей на поддержку пилотных проектов в области ИИ, направляя средства на финансирование разработок, связанных с машинным обучением,

компьютерным зрением и анализом данных. Малые компании, занимающиеся внедрением ИИ-решений, могут рассчитывать на гранты, которые покрывают часть затрат на исследования и разработку.

В странах ЕС реализуется ряд программ поддержки малого бизнеса в сфере ИИ. Одной из крупнейших инициатив является программа Horizon Europe, в рамках которой выделяются гранты на цифровизацию и внедрение новых технологий. Европейский банк реконструкции и развития и Европейский инвестиционный фонд предоставляют финансирование стартапам, работающим с искусственным интеллектом. В Германии действует программа KI Innovationsförderung, в рамках которой малые предприятия получают субсидии на разработку и внедрение ИИ-решений. Франция выделяет миллиарды евро на поддержку технологических компаний, а правительство страны активно инвестирует в создание центров по развитию ИИ. В США малый бизнес получает поддержку через программы Национального научного фонда и Small Business Innovation Research. Эти инициативы направлены на финансирование исследовательских и технологических разработок, включая искусственный интеллект. Американские компании получают налоговые льготы при использовании ИИ для автоматизации процессов и оптимизации производства. Стартапы и малые компании в США получают инвестиции от государственных агентств, таких как DARPA, активно поддерживающих инновационные технологии, включая машинное обучение и обработку больших данных.

Китай является одним из лидеров в области государственной поддержки искусственного интеллекта. Правительство страны реализует масштабные программы финансирования ИИ-проектов, в том числе в секторе малого бизнеса. Согласно национальной стратегии развития ИИ, Китай планирует стать мировым лидером в этой сфере к 2030 году, активно инвестируя в компании, занимающиеся машинным обучением, анализом данных и автоматизацией бизнес-процессов. Китайские предприниматели получают государственные субсидии на внедрение ИИ в производство, финансы, розничную торговлю и логистику. Власти активно развивают ИИ-инфраструктуру, создавая специальные экономические зоны и технопарки, где малый бизнес получает доступ к мощным вычислительным ресурсам и исследовательским центрам.

Беларусь активно развивает направления, связанные с использованием ИИ в различных сферах, включая экологический менеджмент. В рамках государственной программы цифровизации и развития высоких технологий, страна стремится внедрять инновационные решения для повышения эффективности бизнеса и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

В Беларуси реализуется Государственная программа «Цифровое развитие Беларуси» на 2021-2025 годы, которая включает меры по поддержке внедрения ИИ в малый и средний бизнес. В рамках программы выделяются

средства на разработку и внедрение цифровых технологий, ИИ, для оптимизации бизнес-процессов и повышения экологической устойчивости. В 2023 году на поддержку цифровых проектов выделено более 50 млн белорусских рублей (около 20 млн долларов США).

В Республике Беларусь действует Парк высоких технологий (ПВТ), являющийся крупнейшим IT-кластером в стране. ПВТ предоставляет льготные условия для компаний, занимающихся разработкой и внедрением ИИ-решений. На начало 2024 года в ПВТ зарегистрировано более 1 000 компаний, многие из которых занимаются разработкой экологически ориентированных технологий. Например, компании «ЭкоТехнологии» и «Зеленый город» разрабатывают ИИ-решения для мониторинга выбросов и оптимизации использования ресурсов в малом бизнесе.

Финансирование ИИ-проектов со стороны государства стимулирует более быстрое развитие инновационных решений и их интеграцию в бизнес-процессы. Субсидии на внедрение ИИ позволяют малым компаниям конкурировать с более крупными предприятиями, используя передовые технологии для повышения эффективности работы, персонализации услуг и автоматизации процессов, что способствует развитию новых бизнес-моделей и увеличению производительности.

В развитых странах малые предприятия получают значительное финансирование на цифровизацию, ускоренно внедряя ИИ-решений и повышая свою конкурентоспособность. Благодаря государственным субсидиям и грантам предприниматели снижают затраты, ускоряют внедрение технологий и создают инновационные продукты и услуги. В будущем ожидается еще больше внимания к поддержке ИИ в малом бизнесе, поскольку цифровая трансформация становится неотъемлемым элементом современной экономики.

Искусственный интеллект становится ключевым инструментом для малого бизнеса, открывая новые горизонты не только в повышении операционной эффективности, но и в решении экологических задач. Внедрение ИИ в экологический менеджмент позволяет малым предприятиям минимизировать негативное воздействие на окружающую среду, оптимизировать использование ресурсов и соответствовать современным требованиям устойчивого развития. В условиях растущей конкуренции и ужесточения экологических норм, компании, использующие ИИ, получают значительные преимущества, одновременно внося вклад в сохранение природы.

Внедрение ИИ-решений повышает конкурентоспособность бизнеса в условиях растущих требований к экологической ответственности. В будущем ожидается еще больше распространения ИИ в малом бизнесе, поскольку технологии становятся доступнее, а их внедрение – необходимым условием успеха в современной экономике. Малые предприятия, активно использующие ИИ для экологического менеджмента, не только вносят вклад в сохранение

природы, но и обеспечивают свое устойчивое развитие в долгосрочной перспективе.

Литература:

1. Искусственный интеллект на страже экологии // Softline. – 2022. – URL: <https://softline.ru/about/blog/iskusstvennyj-intellekt-na-strazhe-ekologii> (Дата обращения: 14.02.2025).

2. Искусственный интеллект // ESG Альянс. – 2024. – URL: <https://esg-a.ru/uploads/research-file/AI%20for%20Good%20Russia%20Casebook%202024%20RUS-1736508708.pdf> (Дата обращения: 14.02.2025).

3. Топ-10 инструментов ИИ для мониторинга окружающей среды // Virtre. – 2024. – URL: <https://virtre.ru/articles/artificial-intelligence/top-10-instrumentov-ii-dlya-monitoringa-okruzhayushhej-sredy> (дата обращения: 14.02.2025).

4. Управление искусственным интеллектом в интересах человечества // Организация Объединенных Наций. – 2024. – URL: https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/governing_ai_for_humanity_final_report_ru.pdf (дата обращения: 14.02.2025).

5. Рекомендация об этических аспектах искусственного интеллекта // ЮНЕСКО. – 2021. – URL: https://unesdoc.unesco.org/ark%3A/48223/pf0000380455_rus (дата обращения: 14.02.2025).

6. Роль искусственного интеллекта в повышении предпринимательских компетенций студентов // Балтийский регион. – 2023. – URL: <https://balticregion.kantiana.ru/jour/5397/43385/> (дата обращения: 14.02.2025).

7. Забродская, Н.Г. Экономика малого бизнеса и предпринимательства/ Н.Г. Забродская, В.М. Круглик. - Минск: Амалфея. - 2013. - 288 с.

8. Беляцкая Т.Н. Экономика информационного общества. - учебно-методическое пособие. - БГУИР, 2015. - 222с.

УДК 504.06

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ТЕХНОЛОГИИ ВИБРОПРЕССОВАНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Королик Е. А., студент

Научный руководитель Морзак Г. И.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Современные технологии формования бетонных и железобетонных изделий подразделяются на вибрационные и безвибрационные методы. Одним из наиболее эффективных вибрационных способов является вибропрессование, которое сочетает вибрационное воздействие и механическое давление. Вибропрессование обеспечивает

высокие физико-технические свойства изделий, включая прочность, плотность, морозостойкость и долговечность. В статье рассмотрены экологические преимущества и недостатки исследуемого метода изготовления железобетонных изделий и приведены основные рекомендации по минимизации экологического воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: технология вибропрессования, воздействия на окружающую среду, шумовое загрязнение, отходы производства.

Метод вибропрессования широко применяется для производства мелкостручных изделий, таких как тротуарная плитка, стеновые и бортовые камни, а также декоративные плиты. Одним из самых распространенных видов продукции являются элементы мощения, включая тротуарную плитку различной конфигурации – от классической брусчатки до фигурных элементов сложной геометрии. Этот метод используется при производстве бордюрного камня, водоотводных лотков и других компонентов системы поверхностного водоотведения.

Технология вибропрессования включает три основные стадии: формование, уплотнение и компрессионную стадию (рисунок 1). На этапе формования вибрация способствует равномерному распределению компонентов жесткой бетонной смеси, а также вызывает тиксотропный эффект, временно снижающий вязкость смеси. Это облегчает уплотнение и удаление воздушных пустот. На стадии уплотнения одновременно действуют вибрация и давление прессования, что приводит к формированию плотной структуры бетона с высокой степенью сцепления между частицами. На завершающей компрессионной стадии изделие выпрессовывается из формы-матрицы на поддон, приобретая окончательную форму [1].



Рисунок 1- Стадии технологического процесса вибропрессования

Вибропрессование характеризуется повышенным давлением, которое может варьироваться в зависимости от типа изделия и используемой смеси.

Давление обеспечивает высокую плотность и прочность изделий, а также позволяет использовать жесткие бетонные смеси с низким содержанием воды, что снижает материальные затраты. Кроме того, метод легко автоматизируется, что повышает производительность и снижает затраты на ручной труд.

Вибропрессование как метод формирования бетонных и железобетонных изделий имеет значительные экологические преимущества, но также сопровождается определенными негативными воздействиями на окружающую среду. С одной стороны, этот метод способствует экономии ресурсов за счет использования жестких бетонных смесей с низким содержанием воды, что снижает расход цемента и воды. Кроме того, высокая плотность и прочность изделий, полученных методом вибропрессования, увеличивают их срок службы, что уменьшает частоту замены и снижает объем отходов. Процесс также является энергоэффективным, так как сочетание вибрации и давления позволяет достичь высокой степени уплотнения при относительно низких энергозатратах. Возможность автоматизации производства дополнительно снижает потребление энергии.

Важным экологическим преимуществом вибропрессования является возможность использования вторичных материалов, таких как переработанный бетон или промышленные отходы, в качестве заполнителей. Это не только снижает нагрузку на природные ресурсы, но и уменьшает объем отходов, направляемых на полигоны. Кроме того, процесс не требует высоких температур, что минимизирует выбросы парниковых газов и других вредных веществ в атмосферу. Однако вибропрессование также имеет ряд экологических недостатков. Негативное воздействие вибропрессования на окружающую среду связано с несколькими аспектами производственного процесса, которые могут оказывать вредное влияние на экосистемы, здоровье человека и природные ресурсы (рисунки 2).

Одним из наиболее заметных негативных факторов является образование пыли на различных этапах производства. В процессе подготовки сырья, включая дробление, сортировку и транспортировку заполнителей, а также при работе с сухими бетонными смесями, в воздух выделяется значительное количество мелкодисперсных частиц. Эти частицы могут содержать цементную пыль, частицы заполнителей и другие компоненты, которые при вдыхании могут вызывать заболевания дыхательной системы у работников, а также загрязнять окружающую среду. Промышленная пыль не только содержит вредные для организмов вещества, но при больших количествах вызывает нарушение процесса фотосинтеза у растений, процессов дыхания у животных и человека, повреждая слизистую оболочку дыхательных путей, провоцирует аллергические реакции. Она оседает на почве, растениях и водоемах, что может негативно сказаться на местных экосистемах. Для минимизации этого воздействия необходимо использовать системы пылеулавливания, такие как

фильтры и циклоны, а также регулярно увлажнять производственные площадки.



Рисунок 2 - Характер экологических воздействий технологии вибропрессования

Вибрационное оборудование, используемое в процессе вибропрессования, является источником значительного шума и вибрации. Шумовое загрязнение представляет собой серьезную экологическую проблему современного урбанизированного мира. Хотя шум, в отличие от химических загрязнителей, не накапливается в окружающей среде и не переносится на значительные расстояния, его воздействие на живые организмы и экосистемы оказывается крайне разрушительным. Физиологическое воздействие шума на человека многогранно и затрагивает практически все системы организма. Не менее значимо экологическое воздействие шума на природные системы. Животные, особенно в городских экосистемах, испытывают постоянный стресс от антропогенного шума, что приводит к изменению их поведения, нарушению

репродуктивных циклов и миграционных путей. В естественных экосистемах шумовое загрязнение нарушает сложившиеся трофические цепи и механизмы внутривидовой коммуникации. Особую проблему представляет промышленный шум, спектральный состав и интенсивность которого значительно превышают естественный фоновый уровень. Для снижения шумового воздействия рекомендуется использовать звукоизоляционные материалы, устанавливать оборудование в закрытых помещениях и применять современные технологии, снижающие уровень вибрации.

Производство бетонных изделий методом вибропрессования неизбежно сопровождается образованием различных видов отходов, представляющих серьезную экологическую угрозу при неправильной утилизации [2]. Бракованные изделия, остатки бетонной смеси и загрязненные промывочные воды содержат высокощелочные компоненты, которые при попадании в окружающую среду могут вызывать защелачивание почв и загрязнение водных ресурсов. Современные подходы к переработке этих отходов включают комплекс технологических решений. Первым этапом является тщательная сортировка отходов с разделением по составу и степени загрязнения. Для переработки бетонных изделий применяется многоступенчатая система дробления, включающая первичное и вторичное измельчение с последующим фракционированием. Особое внимание уделяется переработке железобетонных отходов, где используются специальные дробильные установки, оснащенные магнитными сепараторами для эффективного извлечения металлической арматуры.

Цемент относится к основным компонентам бетонных смесей, оказывает значительное негативное воздействие на окружающую среду на этапе производства. Производство цемента является источником 5–7% выбросов одного из парниковых газов - углекислого газа. При производстве цемента выделяются вредные вещества, такие как оксиды азота (NO_x) и диоксид серы (SO_2), которые могут вызывать образование кислотных дождей и загрязнять атмосферу [3]. Вибропрессование позволяет снизить расход цемента за счет использования смесей, но факт его применения остается экологической проблемой. Для снижения этого воздействия рекомендуется использовать альтернативные вяжущие материалы с меньшим углеродным следом.

В процессе вибропрессования может использоваться значительное количество воды, особенно для приготовления бетонных смесей и промывки оборудования. Если вода не очищается должным образом перед сбросом, она может содержать вредные химические вещества, такие как щелочи и тяжелые металлы, которые могут загрязнять водоемы и нарушать экологический баланс. Кроме того, отжим воды из бетонной смеси, который иногда применяется в процессе вибропрессования, может приводить к образованию загрязненных стоков. Для минимизации этого воздействия необходимо внедрять системы

очистки воды и повторного использования, что позволит снизить потребление свежей воды и уменьшить объем загрязненных стоков.

Таким образом, вибропрессование как метод формования бетонных изделий имеет значительные экологические преимущества, такие как экономия ресурсов, снижение энергозатрат и возможность использования вторичных материалов. Однако для минимизации негативного воздействия на окружающую среду необходимо внедрять современные технологии пыле- и шумоподавления, организовывать рециклинг отходов и использовать экологически чистые материалы. Это позволит сделать процесс вибропрессования более устойчивым и экологически безопасным.

Литература:

1. Батяновский, Э.И. Технология бетонных и железобетонных изделий: Учебное пособие. – Мн.: Высшая школа, 2017. – 305 с.

2. Бетонные отходы: виды, класс опасности, переработка Источник: <https://rcycle.net/othody/vidy/betonnye-vidy-klass-opasnosti-pererabotka/> Дата доступа 25.03.2025.

3. Кличова Ш. А. Экологические проблемы, возникающие от влияния цементного производства на окружающую среду // Вестник науки №4 (73) том 4, 2024. С. 909–914. / Электронный ресурс: <https://www.вестник-науки.рф/article/14172> / Дата доступа 25.03.2025.

УДК 621.754

НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Короткая Е.С., инженер-эколог

Научный руководитель: Скуратович И.В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье рассматриваются наилучшие доступные технические методы для литейного производства, а именно способ сокращения выбросов загрязняющих веществ в процессе плавки серого чугуна.

Ключевые слова: литейное производство, ваграночные печи, индукционные печи, электродуговые печи, плавка серого чугуна,

В Республике Беларусь более работает 300 машиностроительных предприятий. Эта отрасль производства – одна из важнейших отраслей экономики страны. И на каждом из них есть литейные цеха, специализирующиеся на производстве металлических изделий и заготовок для

машиностроения. Посредством литья получают заготовки и детали практически любой конфигурации.

На машиностроительных предприятиях литейное производство - основной источник вредного воздействия на окружающую среду. В литейных цехах основное количество твердых частиц и других загрязняющих веществ в атмосферный воздух выделяется в процессе:

- плавки металла;
- переработки и складирования шихты и формовочных материалов;
- выбивки и очистки литья.

В процессе литья в воздух выделяется значительное количество твердых частиц, окиси углерода, сернистого ангидрида. Из формовочных смесей под действием теплоты жидкого металла выделяются бензол, фенол, формальдегид, метанол и другие загрязняющие вещества [1].

Количество выбросов определяется составом шихты и электродов, разгаром непрореагировавшей части известняка и подсосом воздуха. [2].

Наибольшее количество загрязняющих веществ выделяется при производстве чугуна в ваграночных печах.

Сравнительная характеристика усредненных выбросов при производстве одной тонны чугуна в ваграночной, индукционной и электродуговой печах приведена в таблице 1.

Сравнительный анализ удельных выбросов оксида углерода и твердых частиц, как основных выбросов, которые поступают в атмосферный воздух при выплавке чугуна в индукционных, электродуговых и ваграночных печах приведен на рисунке 1.

Таблица 1 – Характеристика выбросов ваграночной печи

Наименование вещества	Количество выбросов на 1 тонну выплавленного чугуна, кг		
	ваграночная печь	электродуговая печь	индукционная печь
Твердые частицы	До 20	10	До 1,5
Оксид углерода (CO)	До 200	До 80	До 0,13
Оксиды серы (SO _x)	До 1,5	0,0015	–
Углеводороды	До 1	До 0,06	0,05
Оксиды азота (NO _x)	До 0.1	До 0,6	До 0,08

Индукционные печи обладают более высокой энергоэффективностью, работают при более низких температурах, имеют меньшие габариты, потери

при окислении и производительность на уровне средних вагранок, а также оказывают намного меньшее шумовое воздействие. Также имеют более низкие первоначальные капитальные затраты, но более высокие затраты на техническое обслуживание и потребляют больше электроэнергии на тонну из-за низкого коэффициента мощности [3].

Электродуговые печи имеют более высокую плавильную способность, чем индукционные печи, но не обеспечивают контроль температуры, в отличие от индукционной печи.

На данный момент для плавки чугуна широко используются индукционные тигельные печи средней частоты. Их преимущества перед вагранками:

- исключение дефицитного кокса из процесса плавки;
- меньшая себестоимость получаемого чугуна, в силу использования стального лома, чугунной и стальной стружки в шихте;

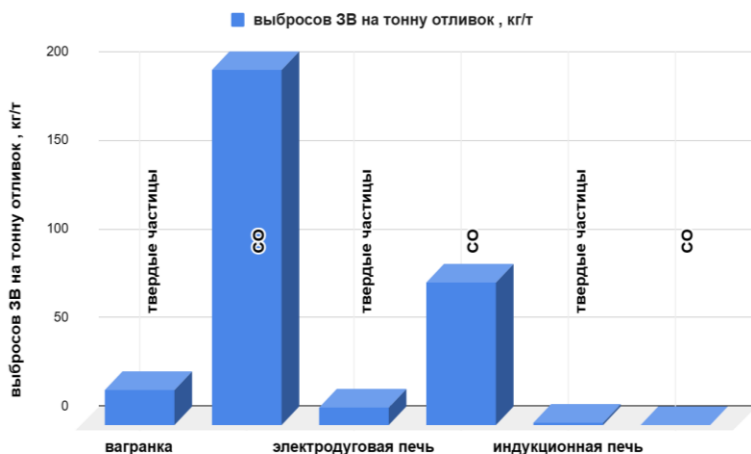


Рисунок 1 – Выбросы загрязняющих веществ при выплавке чугуна в индукционных, электродуговых и ваграночных печах, кг/т

- стабилизация химического состава выплавляемого металла;
- возможность производства нескольких марок чугуна;
- снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу;
- улучшение условий труда [4].

Индукционные печи средней частоты (ПСЧ) имеют больший КПД, по сравнению с индукционными печами промышленной частоты, так как шихта в

печь загружается в «холодном» состоянии, что позволяет сохранять ферромагнитные свойства чугуна.

Удельная мощность ПСЧ в три раза выше (1 000 кВт·ч/т), чем в ППЧ (300 кВт·ч/т), плавление идет быстрее и, соответственно, меньше тепловые потери.

Индукционная тигельная печь средней частоты более энергоэффективна, имеет меньшие габариты и более низкие потери при окислении. Капитальные затраты и себестоимость получаемого чугуна ниже, но более высокие затраты на техническое обслуживание. Такое оборудование обеспечивает стабильный химический состав, позволяет уменьшить выбросы и улучшить санитарно-гигиенические условия труда.

Меры по снижению выбросов в процессе литья чугуна главным образом направлены на улавливание пыли. Используемые методы должны обеспечивать уровень выбросов пыли менее 0,2 кг/тону расплавленного чугуна.

К наилучшим доступным техническим методам для плавки литейного чугуна и стали в индукционной электропечи относятся:

- Плавка чистого лома, без использования ржавого и грязного сырья и налипшего песка;

- Оптимизация материалов шихты, загрузки и работы;

- Использование электроэнергии со средней частотой, и при монтаже новой печи, перевод рабочей частоты в средний диапазон частот;

- Оценка возможности рекуперации вторичной тепловой энергии и внедрение системы поддержания высокой температуры, если это возможно;

- Использование кожухов, вытяжек для сливных носков или крышек для всех индукционных электропечей для сбора отходящих газов и осуществление максимального сбора отходящих из печи газов в течение всего рабочего цикла;

- Использование сухой очистки топочного газа.

Литература:

1. Александрова, О.Б Экология отрасли (машиностроение) / О.Б. Александрова, О.П. Гаршина. – Сызрань : изд-во Самарского гос. техн-го ун-та в г. Сызрани, 2011. – 148 с.

2. Невар, Н.Ф. Отраслевая экология: конспект лекций для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» / Н.Ф. Невар. – Минск: БНТУ, 2010. – 122 с.

3. Оборудование литейных цехов: учеб, пособие. В 2 т. / И. В. Матвеевко. – М.: МГИУ, 2009.

4. Самохвалов Г.В. Электрические печи черной металлургии / Г.В. Самохвалов, Г.И. Черныш. – М.: Металлургия, 1984. – С.452.

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И СПОСОБЫ ЕЕ КОРРЕКЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Корякин М.С., Шкода В.С., студенты

Научный руководитель Стрелкова Е.В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Оценке качества атмосферного воздуха, жизненно важного компонента окружающей среды, должно уделяться особое внимание. Показатели загрязненности воздуха характеризуют достаточность мероприятий по защите территорий от загрязнения. В статье отражены предложения по повышению корректности оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха.

Ключевые слова: атмосферный воздух; уровень загрязнения; государственная система наблюдений; территориальные системы наблюдений.

Атмосферный воздух является важнейшим компонентом экосистемы, и его качество напрямую влияет на здоровье человека, состояние окружающей среды и экономическое развитие страны. Республика Беларусь, как и многие другие страны, сталкивается с проблемами загрязнения воздуха, вызванного как природными, так и антропогенными факторами. Оценке качества атмосферного воздуха уделяется особое внимание как одному из базовых факторов состояния здоровья населения. При определении качества атмосферного воздуха значение имеют не только концентрации загрязняющих веществ, но и продолжительность периода, в течение которого человек дышит таким воздухом. Загрязнение атмосферного воздуха в Беларуси происходит в основном из-за промышленных выбросов на заводах и фабриках, работающих в различных отраслях. Это металлургия, химическая промышленность и энергетика, они и являются основными источниками загрязняющих веществ. Автомобильный транспорт, особенно в крупных городах, вносит значительный вклад в загрязнение воздуха, выбрасывая углекислый газ, оксиды азота и другие вредные вещества. Использование пестицидов и удобрений в сельском хозяйстве также приводит к загрязнению воздуха. Из бытовых источников загрязнение атмосферного воздуха происходит при отоплении жилых домов с использованием угля и дров, а также это выбросы от бытовых приборов.

Для оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха в Беларуси используются различные методы и инструменты. Проводят мониторинг качества воздуха. В стране функционирует сеть станций мониторинга, которые измеряют концентрацию загрязняющих веществ, таких как диоксид серы, оксиды азота, угарный газ, озон и твердые частицы. Пробы воздуха могут быть взяты для последующего анализа в лабораториях, что позволяет более точно определить уровень загрязнения. При проведении лабораторных исследований

используют математические модели для прогнозирования уровня загрязнения в зависимости от различных факторов, например, таких как метеорологические условия и объем выбросов. В Республике Беларусь регулярно проводят социологические исследования которые могут помочь понять восприятие населением проблемы загрязнения воздуха и его влияние на здоровье. В Республике существует ряд нормативных актов, регулирующих качество атмосферного воздуха. Основным из них является «Законодательство о защите окружающей среды» которое устанавливает общие принципы охраны окружающей среды, включая атмосферный воздух. В Республике действуют «Государственные программы» по разработке и реализации программ по улучшению качества воздуха, направленных на снижение выбросов и внедрение новых технологий и «Стандарты качества воздуха», в которых установлены предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ, превышение которых может негативно сказаться на здоровье населения и экосистемах.

Комплекс мер по охране атмосферного воздуха от загрязнения промышленными и транспортными выбросами можно объединить в следующие основные группы: мероприятия, исключающие образование загрязняющих веществ в источниках их выделения; улучшение состава топлива и исходного сырья, повышение эффективности работы очистных сооружений; предотвращение загрязнения атмосферы путем рационального размещения источников выбросов; контроль за состоянием воздушной среды со стороны госорганов, а также производственный экологический контроль. Благодаря повышенному вниманию к данному вопросу, для республики, при существенном росте промышленного потенциала, характерна положительная динамика снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Так, в период с 2020 по 2022 гг. обеспечено снижение выбросов от передвижных источников почти на 70 %, а выбросов от стационарных источников – более, чем на 44 %. В республике активно увеличивается парк экологичного общественного электротранспорта, в г. Минск ведётся строительство новых станций метрополитена. Проводится работа по оснащению АЗС системами рекуперации паров моторного топлива. Это обеспечивает ежегодное снижение выбросов на 5,5 тысяч тонн.

Созданные в Республике Беларусь системы сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха позволяют оценивать индивидуальный вклад выбросов от автотранспорта в величину приземных концентраций загрязняющих веществ с учетом структуры и интенсивности движения автотранспортных потоков. Сводные расчеты показали, что в результате реконструкции автодорог в г. Минск приземные концентрации загрязняющих веществ в жилых зонах, находящихся в непосредственной близости от автодорог, существенно уменьшились[1]. Выбросы в атмосферный воздух

предприятий топливной промышленности снизились за период с 2000 по 2020 гг. в 2 раза. Этому способствовала работа по повышению процента утилизации попутного нефтяного газа, а также модернизация и внедрение новых технологий производства. Выбросы от объектов теплоэнергетики снизились за 30-летний период более чем в 5 раз (с 165,9 тыс. тонн до 31,3 тыс. тонн). В целях обеспечения системного контроля за качеством атмосферного воздуха в республике с 2020 года ведутся работы по созданию и расширению территориальной системы наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха. На сегодняшний день анализ загрязнения воздуха осуществляется в непрерывном режиме с помощью автоматических станций контроля загрязнения атмосферного воздуха, обеспечивающих более 4 млн. измерений в год по 36-ти загрязняющим веществам. Для оперативного анализа состояния атмосферного воздуха и выработки эффективных мероприятий по обеспечению экологической безопасности используются программный комплекс «Экологическая карта Республики Беларусь», что позволяет обеспечивать визуализацию данных о качестве отбираемых проб воздуха; при выявлении превышений допустимого содержания загрязняющих веществ в воздухе оперативно реагировать на факты неудовлетворительного состояния атмосферного воздуха. При существенном увеличении количества ежегодных измерений наблюдается снижение фиксируемых превышений предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Так, например, если в 2000 году количество проб с превышением допустимого содержания загрязняющих веществ к общему количеству проб составляло 0,095 %, то в 2022 году – только 0,023 %. Особенно важно отметить, что измерения, проводимые в рамках территориальной системы наблюдений, выполняются с учетом современных требований нормативных правовых актов Республики Беларусь.

Применение результатов мониторинга качества атмосферного воздуха, полученных с помощью методов непрерывных измерений и именно автоматизация наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха с использованием непрерывных методов наблюдений повышает оперативность получения первичных данных о концентрациях загрязняющих веществ, обеспечивает исключение ошибок, связанных с человеческим фактором, повышение точности оценок средних за длительный период (сутки и более) значений концентраций [2], что особенно важно для корректной оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха. В настоящее время оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха выполняется только с учетом результатов собственных измерений, выполняемых исключительно в так называемом ручном режиме. Результаты оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха для трех крупнейших городов республики [3,4] приведены в таблице 1.

Важно подчеркнуть, что государственная система наблюдений за загрязнением окружающей среды, на основании данных которой проводится определение уровня загрязнения воздуха, включает в себя как государственную наблюдательную сеть, так и территориальные системы наблюдений [4,5,6]. С учетом этого, высокую значимость для повышения корректности оценки качества атмосферного воздуха в городах нашей республики, с исключением ошибок, связанных с человеческим фактором и повышением точности оценок средних за длительный период (сутки и более) значений концентраций загрязняющих веществ, имеет обеспечение учета, также результаты измерений, проводимых на АЗС.

Таблица 1. – Уровень загрязнения атмосферного воздуха по городам Республики Беларусь в 2020 – 2022 гг.

Город	Уровень загрязнения воздуха		
	2020 г.	2021г.	2022г.
Минск	Высоки й	Высокий	Повышенны й
Витебс к	Высоки й	Повышенны й	Низкий
Брест	Высоки й	Повышенны й	Низкий

Из способов коррекции загрязнения атмосферного воздуха в Беларуси необходимо изучать технологические инновации. Системно проводить внедрение современных технологий очистки выбросов на промышленных предприятиях, использовать фильтры и системы улавливания загрязняющих веществ. Внедрять энергетическую эффективность, т.е. это переход на более чистые источники энергии, такие как солнечная и ветровая энергия, а также повышение энергоэффективности существующих систем. Улучшать развитие общественного транспорта. Данное улучшение инфраструктуры для общественного транспорта позволит сократить количество автомобилей на дорогах и, соответственно, выбросы. Создавать зеленые зоны, что актуально для больших городов. Создание и поддержание зеленых насаждений в городах способствует улучшению качества воздуха. Регулярно повышать образование и информирование. Проведение информационных кампаний для повышения осведомленности населения о проблемах загрязнения воздуха и способах его снижения.

Заключение. Загрязнение атмосферного воздуха является серьезной проблемой для Республики Беларусь, требующей комплексного подхода к решению. Оценка уровня загрязнения и внедрение эффективных мер по его коррекции могут значительно улучшить качество жизни населения и состояние окружающей среды. Важно, чтобы государственные органы, бизнес и общество работали вместе для достижения этой цели.

Литература:

1. Шагидуллин А.Р. Применение сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха для решения задач по управлению качеством окружающей среды // Российский журнал прикладной экологии. 2022. № 1 (29). С. 60-67. DOI: 10.24852/2411-7374.2022.1.60.67/
2. Национальный статистический комитет Республики Беларусь // Энергетика [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/energeticheskaya-statistika/> (дата обращения 01.03.2025).
3. Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь / Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 23.12.2015 № 1084 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://minenergo.gov.by/dfiles/000608_512413__Kontseptsija.pdf (дата обращения 04.03.2025).
4. Безуглая, Э. Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов / Э. Ю. Безуглая. – Л. : Гидрометеоиздат, 1980. – 184 с.
5. ТКП 17.13-15-2014 (02120) «Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический (лабораторный) контроль и мониторинг окружающей среды. Порядок отбора проб атмосферного воздуха, атмосферных осадков и снежного покрова для определения концентраций загрязняющих веществ и метеорологические наблюдения» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: trpa.by. – Дата доступа: 11.03.2025.
6. МВИ. МН 5093-2014. Методика выполнения измерений «Определение концентрации твердых частиц (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль) в атмосферном воздухе. Гравиметрический метод» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ОЕИ (oei.by). – Дата доступа: 11.03.2025.

УДК 660 097

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОСФАТОВ КРЕМНИЯ В КАЧЕСТВЕ ИОНООБМЕННИКОВ

Круковский А.А., студент

Научные руководители Меженцев А.А., Бурак Г.А.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В работе проведены исследования по определению обменной емкости фосфатов кремния, полученных путем термообработки смеси кремний и фосфорсодержащих компонентов. Показано, что фосфаты кремния могут быть использованы в качестве ионообменников.

Ключевые слова: фосфат кремния, кремнегель, ионообменник, статическая обменная емкость

Фосфаты четвертой группы периодической системы Д.И. Менделеева обладают комплексом свойств, позволяющих использовать их в различных отраслях техники. Кислые фосфаты титана и сурьмы широко используются в качестве неорганических ионообменников. Средние безводные фосфаты кремния, благодаря высокой химической и термической устойчивости и небольшому коэффициенту термического расширения, высокой белизне, могут быть использованы для изготовления специальных огнеупорных материалов, в качестве пигментов и наполнителей в лакокрасочной промышленности, при производстве эмалей, изделий из пластмасс, бумаги. Ввиду большого влияния, которое оказывает на свойства образующихся фосфатов кремния природа кремнеземсодержащего компонента, и, учитывая, что в качестве исходных компонентов использовали кремнегель – отход производства фтористого алюминия и экстракционную фосфорную кислоту, для уточнения областей использования были исследованы некоторые эксплуатационные характеристики полученных фосфатов кремния.

В работе [1, 2] исследованы ионообменные свойства соединений $2\text{SiO}_2 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ и $\text{SiO}_2 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$, обусловленные наличием сильнокислотных P-OH и слабокислотных Si-OH центров. Установлено, что фаза $\text{SiO}_2 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$, полученная при 700°C , устойчива к гидролизу в воде и HCl и разрушается в NaCl и NaOH в отличие от фазы $2\text{SiO}_2 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$, полученной при 1000°C , обладающей более высокой стойкостью в этих средах.

Синтез образцов фосфатов кремния для определения ионнообменной емкости проводили путем термообработки смеси кремний- и фосфорсодержащих компонентов в неподвижном слое при определенном соотношении $\text{SiO}_2 : \text{P}_2\text{O}_5$ времени взаимодействия и температуре. После отмывали от свободной H_3P_4 с последующей сушкой при $150 - 200^\circ\text{C}$.

Изучение ионнообменной емкости фосфатов кремния проводили по следующей методике. Статическую обменную емкость (СОЕ) при 100°C определяли как сильнокислотных (P-OH) и слабокислотных (Si-OH) центров. Обработку образцов проводили кипячением в 1н растворах хлорида и ацетата натрия в течение трех часов [1, 2]. Затем содержимое отфильтровывали и титрованием определяли количество кислотных центров. Количество сильно- и слабокислотных центров определяли также при комнатной температуре по методике [3], которая предусматривает обработку 0,1 н растворами NaCl для определения СОЕ по сильнокислотным центрам и NaOH для определения полной статической обменной емкости. Ионообменную емкость по слабокислотным центрам в этом случае определяли по разности между полной статической обменной емкостью и обменной емкостью по сильнокислотным

центрам. При определении СОЕ фосфатов кремния учитывали их гидролиз, для чего параллельно проводили обработку образцов водой. СОЕ по сильно- и слабокислотным центрам определяли по формуле:

$$\text{СОЕ} = \frac{Q_1(V_1 - V_2)}{G_1} - \frac{Q_1 V_3}{G_3}, \text{ мг/экв/г}$$

где V_1 – объем раствора NaOH или HCl с концентрацией 0,1 н, израсходованный на контрольное титрование исходного раствора, мл;

V_2 – объем раствора NaOH или HCl с концентрацией 0,1 н, израсходованный на титрование фильтрата при обработке образцов растворами хлорида или ацетата натрия, а также раствором NaOH, мл;

G_1 – навеска образца при обработке его растворами NaOH, хлорида или ацетата натрия;

V_3 – объем раствора NaOH или HCl с концентрацией 0,1 н, израсходованный на титрование фильтрата при обработке образцов водой, мл;

G_2 – навеска образца при обработке его водой, г.

Условия синтеза образцов и результаты определения статической обменной емкости (СОЕ) приведены в таблице 1. СОЕ фосфата кремния сравнивали с обменной емкостью цветного ионита, полученного путем термообработки при 1000°С смеси диатомита ($\text{SiO}_{2\text{обц}}$ – 80 – 81%, $\text{SiO}_{2\text{аморф}}$ – 32%) и P_2O_5 (опыт 1, табл. 1).

Таблица 1 – условия получения и результаты исследования ионообменных свойств фосфата кремния

№ пп	Условия синтеза фосфата кремния			Статическая обменная емкость (СОЕ), мг-экв/г					
	Вид использу- емого сырья	Темпера- тура, °С	Мольное соотно- шение $\text{SiO}_2:\text{P}_2\text{O}_5$	100°С			20°С		
				Р- ОН	Si- ОН	Общая	Р- ОН	Si- ОН	Общая
1	Ионит сравнения	1000	4,2:1	3,1	8,6	11,7	0,12	0,90	1,02
2	Кремне- гель, P_2O_5 (дегидрати- рованный)	400	2,5:1	4,9	11,1	15,0	2,0	3,7	5,1
3	- // -	500	4:1	5,0	12,3	15,3	1,0	3,6	4,1
4	- // -	700	1:1	5,1	12,1	16,2	1,6	2,9	3,5
5	Кремне- гель, H_3PO_4 (дегидрати- рованный)	400	4:1	3,9	12,3	15,0	2,0	4,2	5,2
6	- // -	500	2,5:1	4,0	9,7	15,3	2,2	2,6	3,8
7	- // -	500	4:1	6,5	8,7	16,2	1,4	2,8	3,2

При определении СОВ учитывали гидролиз фосфатов кремния, для чего параллельно проводили обработку образцов водой.

Из представленных в таблице данных видно, что ионообменная ёмкость фосфата кремния, полученного путем термообработки кремнегеля и фосфорсодержащего компонента (H_3PO_4 , P_2O_5), при 400-700°C (опыты №2-7), при комнатной температуре в 2,5-4 раза выше статической обменной ёмкости фосфата кремния, полученного взаимодействием диатомита с пятиокисью фосфора. На основании полученных данных был предложен способ получения ионообменного материала.

Таким образом, в результате проведенных исследований получены образцы фосфата кремния, обладающего высокой обменной емкостью по отношению к щелочным металлам.

Литература

1. Мдивнишвили, О.М. Синтез силикофосфатного адсорбента на основе диатомита и P_2O_5 / Мдивнишвили О.М., Махарадзе Л.В., Хучуа Е.А. // Изв. АН ГССР. Сер. хим. – 1985. – Т.11, № 3. – С. 204–208.

2. Мдивнишвили, О.М. Рентгенографическое и физико-химическое исследование силикофосфатного адсорбента / Мдивнишвили О.М., Махарадзе Л.В., Хучуа Е.А. // Изв. АН ГССР. Сер. хим. – 1985. – Т.11, № 4. – С. 284–287.

3. Краткий справочник по химии / под ред. Пилипенко А.Т. – Киев: Наукова думка, 1987. – 828 с.

УДК 628.3

ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЯ

Кулага А. А., студент

Научный руководитель Морзак Г. И.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Система дождевой канализации предназначена для сбора, очистки и отвода поверхностного стока с производственной площадки предприятия. Объект хозяйствования осуществляет обращение с загрязненными дождевыми сточными водами. Для вод поверхностного стока характерно содержание веществ природного и техногенного происхождения. Для выбора оптимального методы очистки таких вод необходимо учитывать не только их происхождение, но и физико-химические характеристики. Для эффективности очистки применяют многоступенчатые схемы.

В статье рассмотрена базовая схема обращения с водами поверхностного стока с территории предприятия.

Ключевые слова: поверхностный сток, дождевая (ливневая) канализации предприятия, очистные сооружения поверхностных сточных вод.

Управление процессами водопотребления и водоотведения на предприятии включает в себя эксплуатацию инженерных сооружений, которые обеспечивают производственные процессы водными ресурсами и очистку образующихся производственных и хозяйственно-бытовых стоков. Поверхностные (ливневые) сточные воды (ПСВ) представляют собой стоки с производственной площадки, которые образуются за счет выпадения, таяния осадков, а также поливочного стока и переносят разнообразные вещества и материалы от производственных единиц в окружающую среду. В них могут попадать вещества, которые хранятся, используются для производственных целей, поэтому управление поверхностными сточными водами является актуальным природоохранным мероприятием для предприятия.

Способы очистки ПСВ зависят от требований приемы их в системы водоотведения или сброса в водные объекты. При разработке схемы очистки ПСВ и подбора очистного оборудования основное внимание уделяется исходным характеристикам стока (количественный, качественный, фазово-дисперсный состав примесей) и требуемой степени очистки. Должна быть разработана схема сбора и регулирования ПСВ с территорий промышленных площадок предприятия.

Такая схема является самостоятельной системой водоотведения и состоит из дождеприемников, смотровых колодцев, приемных резервуаров, насосной станции. Для очистки ливневых вод на объектах могут быть установлены конструктивные элементы, такие как отстойники и накопительные пруды, искусственные водно-болотные угодья, фильтрующие системы или маслорасщепители. Такие системы предназначены для уменьшения объема загрязняющих веществ за счет осаждения твердых частиц и фильтрации воды перед ее сбросом.

ПСВ должны проходить очистку либо на собственных очистных сооружениях, либо совместно с тем потоком промышленных сточных вод, к которому они близки по составу загрязнения [1]. При выборе очистных сооружений учитываются расчетные параметры расходов ПСВ и учитывается характер и закономерности его формирования, а также вероятностная интенсивность стока дождевых вод [2]. На рисунке 1 представлена схема общесплавной системы водоотведения.

Анализ схемы системы водоотведения показывает, что очистные сооружения ПСВ размещаются на главном коллекторе ниже по течению от границы населенного пункта в устье водного объекта.

Дождевые и талые воды с производственной площадки собираются в приемные лотки и самотеком поступают на очистные сооружения с последующим отводом в пруд-испаритель. Концентрации загрязнений исходного стока, стока прошедшего очистку и поступающего в пруд-испаритель должна соответствовать нормативным показателям качества сточных

вод для отвода с территории предприятия в окружающую среду [3, 4].

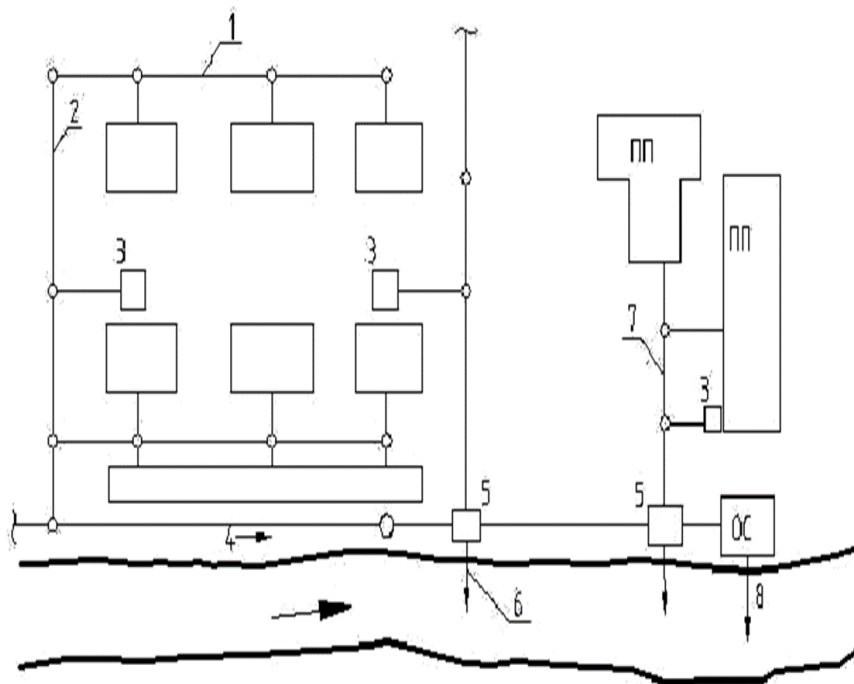


Рисунок 1- Схема общесплавной системы водоотведения:

- 1 - дворовой сток; 2 - уличная сеть; 3 - дождеприемник;
4 - главный коллектор; 5 - ливнеотвод; 6 - ливнеотвод; 7- сеть промышленного предприятия; 8- выпуск в водоем; ПП- производственная площадка; ОС - очистные сооружения.

Как правило, основным инженерным объектам очистных сооружений ПСВ является бензонефтеотделитель с интегрированным пескоуловителем. Очистка стока производится благодаря резкому снижению скорости потока ПСВ. Это достигается за счет разности между площадью сечения входной трубы и площадью сечения корпуса сооружения [2]. При таком инженерном решении можно понизить скорость движения ПСВ до 0,005–0,01 м/с и за счет гравитации происходит осаждение тяжёлых механических примесей и частичное извлечение нефтепродуктов. Удаление нефтепродуктов происходит за счет образования и отведения нефтяной пленки на поверхности стока,

осаждения на дно сооружения, а часть их находятся во взвешенном состоянии.

Для достижения высокой степени очистки талых или ливневых вод с территории предприятия от нефтепродуктов используются коалесцентные модули. Инженерная конструкция отдельного коалесцентного модуля — это съемный кассетный фильтр, в котором используется водоотталкивающий материал (пенополиуретан на основе полиэфира). Применяемый материал притягивает маленькие капельки нефти к своей поверхности, где они коалесцируют до образования крупных капель. Такой рост капель позволяет им подниматься к поверхности воды.

Взвешенные вещества, накопившиеся на дне пескоуловителя, должны удаляться не позднее, чем заполнится 1/3 объема пескоуловителя или не реже одного раза в полгода. Взвешенные вещества, осевшие на дно пескоуловителя, откачиваются спецмашиной и утилизируются в установленном порядке.

После очистки сточные воды сбрасываются в испарительно-фильтрующий пруд или могут возвращаться на технические нужды предприятия. Испарительно-фильтрующий пруд должен быть рассчитан на расход дождевых вод при принятой интенсивности дождя продолжительностью 20 минут - 132 л/с (475,2 м³/ч).

При разработке и эксплуатации схемы очистки ПСВ необходимо соблюдать санитарные и природоохранные требования. Для этого на основании технико-экономического сравнения должны быть определены объемы регулирующих/аккумулирующих емкостей, пропускная способность очистных сооружений, параметры насосных станций [2, 3].

На рисунке 2 представлена базовая схема управления и очистки ПСВ предприятия.

Согласно Водному кодексу Республики Беларусь [5], пользование водными объектами для отведения сточных вод должно осуществляться только на основании разрешения на спецводопользование. В этом документе устанавливаются допустимые концентрации загрязняющих веществ в составе отводимых сточных вод и объемы отводимых сточных вод [6].

Для эффективного управления ПСВ и минимизации воздействия на природные системы предприятия внедряют наилучшие доступные технические методы их сбора, транспортировки, очистки и использования.

Кроме строительства, эксплуатация, модернизации локальных очистных сооружений промышленные объекты в своей природоохранной деятельности должны предусматривать ряд профилактических мер. К основным профилактическим мерам относятся:

Кроме строительства, эксплуатация, модернизации локальных очистных сооружений промышленные объекты в своей природоохранной деятельности должны предусматривать ряд профилактических мер. К основным профилактическим мерам относятся:

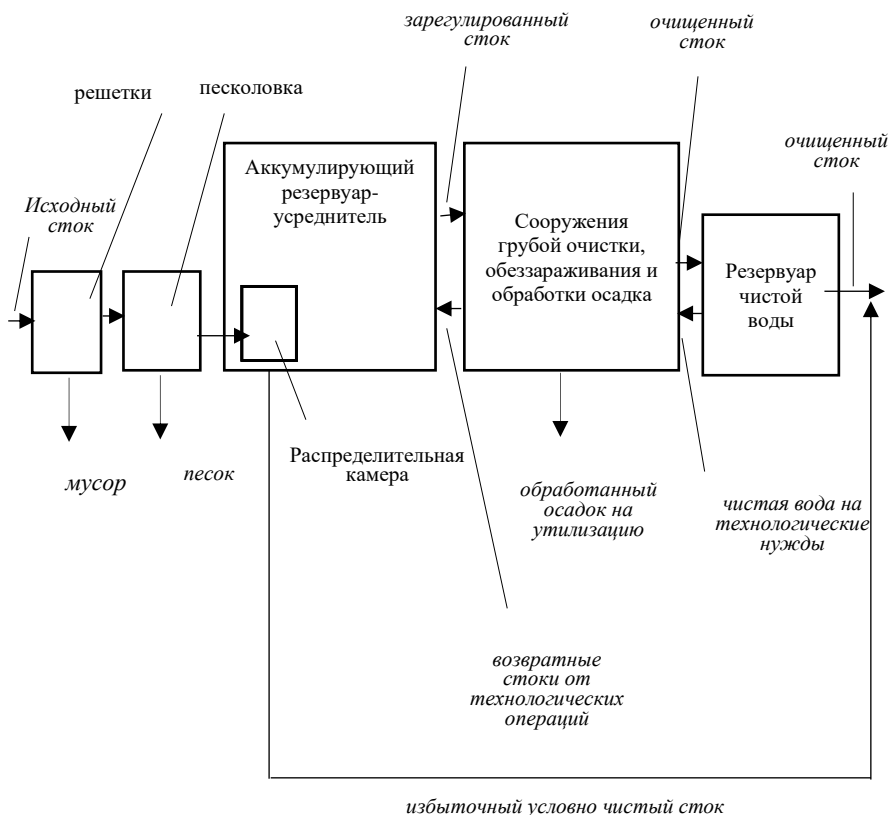


Рисунок 2- Базовая схема управления очистки поверхностных сточных вод предприятия

- поддержание порядка и чистоты на производственных площадках;
- проведение регулярных осмотров и проверок исправности оборудования;
- правильное хранение веществ и материалов;
- предотвращение разливов сырья и материалов;
- экологическое обучение работников предприятия способам и методам предотвращения загрязнения.

Литература:

1. Строительные нормы Республики Беларусь СН 4.04.02-2019 Канализация. Наружные сети и сооружения [Электронный ресурс]:

Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь/ Нац. правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 09.05.2020, 8/35284. – Дата доступа: 31.03.2025.

2. Новикова О. К. Отведение и очистка поверхностных сточных вод: [монография] / О. К. Новикова; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус, гос. ун-т трансп. - Гомель: БелГУТ, 2019.-179 с.

3. ЭкоНиП 17.06.02-002–2021. Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Правила расчета нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод [Электронный ресурс]: Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 21.09.2021 № 8-Т.

4. О некоторых вопросах нормирования сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод [Электронный ресурс]: Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 26 мая 2017 г. № 16/Нац. правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 21.06.2017, 8/32141. – Дата доступа: 31.03.2025.

5. Водный кодекс Республики Беларусь 30 апреля 2014 г. № 149-3 (с изм.и доп. ь от 17 июля 2023 г. № 296-3)/Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 22.07.2023, 2/3016. – Дата доступа: 31.03.2025.

6. Об утверждении регламентов административных процедур и иных документов по вопросам специального водопользования [Электронный ресурс]: Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 25 марта 2022 г. № 22 (в ред. постановления Минприроды от 26.01.2023 N 2) /Нац. правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 24.10.2024, 8/42287. – Дата доступа: 31.03.2025.

УДК 504.054

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ШУМА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПИКОВО-РЕЗЕРВНОГО ИСТОЧНИКА НА БЕРЕЗОВСКОЙ ГРЭС

Курилович К. И., Яцухно Д. Г., студенты

Научный руководитель Клясова Ю. В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье дана оценка уровня звукового давления в связи со строительством пиково-резервного источника на территории города Белоозерска на базе Березовской ГРЭС.

Ключевые слова: пиково-резервный источник, шум, звуковое давление, допустимые пределы уровня шума.

Шум является одним из наиболее распространенных негативных эффектов, проявляющихся в ходе производства различного рода продукции, в

том числе и производства электрической энергии. Чаще всего шум, превышающий допустимые пределы, может вызывать существенные проблемы с нарушением слуха, артериальным давлением и координацией у людей и животных. Для борьбы с данным явлением были разработаны специальные положения норм выработки шума в ходе производства. Таким образом, чтобы обеспечить минимальное количество затрат времени и средств, до момента строительства и ввода объекта в эксплуатацию проводят оценку уровня шума оборудования, из которого состоит данный объект. Исходя из этой оценки производятся специальные расчеты для уменьшения уровня шума, издаваемого оборудованием.

В связи со строительством пиково-резервного источника на Березовской ГРЭС была произведена оценка допустимого уровня проникающего шума в жилых районах и близлежащих окрестностях [1]. Допустимые уровни проникающего шума в исследуемом районе представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Допустимые уровни проникающего шума

Время суток, ч	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									ЭУЗ*, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
23-7	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	

* – эквивалентный уровень звука.

Во время строительства пиково-резервного источника основным оборудованием, издающим шум, является строительная техника. После ввода в эксплуатацию резервного источника проникающий шум будет производиться такими машинами, как: повышающие и понижающие трансформаторы, автотрансформаторы, газотурбинные установки, блоки вентиляции и охлаждения различных установок, а также дымососы.

Для оценки уровня шума используют формулы, которые характеризуют исследуемый параметр в отопительный и не отопительный сезон:

$$L_p = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1Li} ;$$

где n – число источников шума; Li – октавный уровень звуковой мощности каждой из машин.

Таким образом по данным расчетов в отопительный сезон уровень шума составляет $L_p=113$ дБА, а в неотапливаемый – $L_p=111$ дБА. Следовательно, при реализации настоящего проекта несколько снизится шумовое воздействие Березовской ГРЭС на прилегающую территорию относительно существующего состояния, тем самым улучшив экологическую ситуацию в районе расположения ГРЭС [2].

Далее определяется в ближайшем жилом районе максимальный уровень шума по формуле:

$$L = L_p + 10 \lg \Phi - 10 \lg \Omega - 20 \lg r - \frac{\beta r}{1000};$$

$$L = 25 \text{ дБА.}$$

Из этого расчета следует, что уровень шума не превышает допустимых значений. Это значит, что оборудование пиково-резервного источника имеет приемлемые значения. Уровень звукового давления во всех расчетных точках жилой зоны будет ниже рассчитанного в данной точке и соответственно ниже нормативного значения.

Литература:

1. Строительство пиково-резервного источника на Березовской ГРЭС - https://brestenergo.by/docs/publicDiscussion/ОВОС_07.pdf (Дата обращения 22.02.2025)

2. Вавилов, А.В. Топливо из нетрадиционных энергоресурсов / А.В. Вавилов. — Минск : СтройМедиаПроект, 2014. — 80 с.

УДК 504.054

АНАЛИЗ ОЦЕНКИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ГОРОДА БЕЛООЗЕРСК ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПИКОВО-РЕЗЕРВНОГО ИСТОЧНИКА НА БАЗЕ БЕРЕЗОВСКОЙ ГРЭС

Курилович К. И., Яцухно Д. Г., студенты

Научный руководитель Кляусова Ю. В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье произведен анализ оценки окружающей среды на территории города Белоозерск Брестской области с целью дальнейшего планирования, проектирования и строительства пиково-резервного источника на базе Березовской ГРЭС.

Ключевые слова: пиково-резервный источник, загрязняющие вещества, оценка степени загрязнения окружающей среды

Пиково-резервные источники являются распространенным компонентом электроэнергетической системы Беларуси. В связи со строительством на территории Республики Беларусь атомной электрической станции появилась необходимость компенсировать убытки и улучшить подачу электроэнергии в случае сбоев подачи со стороны построенной станции. Для строительства объектов необходимо учитывать экологический фактор местности.

Город Белоозерск расположен в зоне умеренного климата, при этом находится в климатической зоне II В. Преобладающие ветры западного и юго-западного направления. Усредненная температура воздуха в исследуемой

области зимой составляет минус 4°С, при этом температура воздуха летом – плюс 20°С. Территориально город располагается в умеренно увлажненной зоне, при этом размер покрова, образуемого твердыми осадками, составляет в среднем 10-15 см. В 2017 году была произведена оценка концентрации загрязняющих веществ в городе Белоозерск. Оценка приведена в таблице 1 [1].

Таблица 1 – Оценка концентрации загрязняющих веществ

Загрязняющие вещества	ПДК, мг/м ³	Фоновые концентрации	
		мг/м ³	ед. ПДК
Диоксид серы	0,5	0,062	0,124
Диоксид азота	0,25	0,050	0,2
Оксид углерода	5	0,860	0,172
Твердые частицы	0,3	0,081	0,27

Таким образом выбросы не превышают допустимых параметров, что говорит о нормальном состоянии окружающей среды в исследуемой области. Также по анализу на 2017 год наличие загрязняющих веществ в окружающих водоемах (озёра Белое и Черное, реки Припять и Ясельда) и подземные воды составляло приемлемое количество, преобладали концентрации аммоний-иона, фосфат-иона, меди и цинка [2].

Город Белоозерск находится на 2 месте по количеству выбросов в атмосферу в Брестской области. Данный вывод был сделан благодаря анализу уполномоченной организации НСМОС в Республике Беларусь в 2017 году с помощью сравнения количества выбросов в атмосферу исследуемой местности и других районных единиц. Данные статистики изображены на рисунке 1 [1].

Анализ содержания почв города Белоозерска показал, что экологические условия города Белоозерск позволяют строительство пиково-резервного источника без значительного негативного влияния на окружающую среду. Данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Данные о количестве загрязняющих веществ в почвах

Объект	pH	НП	Бенза-пирен	ПХД	NO ₃	SO ₂ ⁻	Тяжелые металлы
9ПН*	7,45	43,8	0,005	<п.о.	2,2	39,9	4,5

<п.о. – вещества ниже предела обнаружения;

* – число наблюдаемых пунктов в городе [2].

Данная оценка степени загрязнения окружающей среды показала, что строительство пиково-резервного источника на базе Березовской ГРЭС возможно без значительного ущерба для окружающей среды, при соблюдении установленных норм и экологических требований.

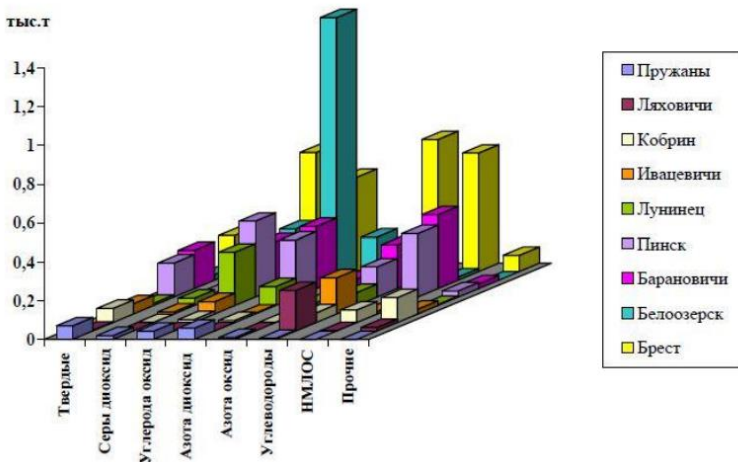


Рисунок 1 – Статистика выбросов загрязняющих веществ по Брестской области в 2017 году

Литература:

1. Строительство пиково-резервного источника на Березовской ГРЭС - https://brestenergo.by/docs/publicDiscussion/OBOS_07.pdf (Дата обращения 22.02.2025)
2. Вавилов, А.В. Топливо из нетрадиционных энергоресурсов / А.В. Вавилов. — Минск : СтройМедиаПроект, 2014. — 80 с.

УДК 621.311.22:628.5

ВЛИЯНИЕ ВИДА ТОПЛИВА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ПРИ РАБОТЕ ТЭС, НА ВЫБРОС В АТМОСФЕРУ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Ласица Д.Р., студент

Научный руководитель Тишковская Е.А.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье приведены результаты расчётов количества выбросов в атмосферу угарного газа, диоксида серы, диоксида азота и бенз(а)пирена за год в результате работы ТЭС, в зависимости от используемых видов топлива, таких как: горючие сланцы, торф, бурый уголь, мазут и газ.

Ключевые слова: ТЭС, виды топлива, выброс загрязняющих веществ.

На сегодняшний день развитие человечества невозможно без электроэнергии. Без неё не может функционировать промышленность и

торговля, не могут работать больницы и некоторые виды транспорта. В 2023 году доля тепловых электростанций в производстве электроэнергии в Республике Беларусь составила 67% [1]. В связи со столь высокой значимостью ТЭС в энергетике Беларуси, необходимо учесть экологический вред, наносимый ТЭС окружающей среде, так как, в ходе их работы в атмосферу выбрасываются угарный газ, диоксид серы, оксиды азота, бенз(а)пирен.

Диоксид азота и серы, а также угарный газ оказывают негативное влияние на окружающую среду и человека, вызывая образование смога, выпадение кислотных дождей и поражение дыхательной системы человека (NO_2), закисление почвы, ускоренную коррозию металлов в воздухе и поражение слизистых оболочек человека (SO_2), а также усиливается парниковый эффект и уменьшается поступление в кровь кислорода, что может привести к боли в голове, тошноте и даже к смерти (CO) [2]. Наиболее опасным веществом является бенз(а)пирен, который обладает сильными канцерогенными и токсическими свойствами и отнесён к первому классу опасности [3]. Для стимуляции предприятий к уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в Республике Беларусь действует система налогообложения на выброс загрязняющих веществ.

Целью данной работы является сравнение различных видов топлива по экологичности их использования на ТЭС. В статье приведены результаты расчётов количества, выбрасываемого в атмосферу таких загрязняющих веществ как: угарный газ, диоксид серы, диоксид азота и бенз(а)пирена за год для ТЭС с одинаковыми параметрами, но работающей на разных вида топлива, таких как: газ, мазут, бурый уголь, торф, горючие сланцы. Расчёты выбросов производились согласно техническому кодексу утонившейся практики “Порядок определения выбросов при сжигания топлива в котлах теплопроизводительностью более 25 МВт” [4]. Параметры ТЭС: выработка электроэнергии в год - 2 млрд. кВт*ч, мощность котла 670 тон пара в час, золоуловитель мокрого типа, щелочность воды для орошения фильтра составляет 5 мг-экв./дм³, доля диоксида серы, улавливающийся в сероулавливающей установке ровняется 95%, грелки в котле обладают прямоточной конструкцией, жидкое шлакоудаление, доля оксидов азота, улавливаемых в азотоочистной установке составляет 90%, степень рециркуляции дымовых газов ровняется 10%, равное количество часов работы в год очистных установок и котла.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу показаны на рисунках 1,2,3,4. Из данных графиков видно, что самым экологически чистым топливом является газ, при его использовании выбросы загрязняющих веществ меньше в разы, в десятки и даже в сотни раз чем при использовании других видов топлива.

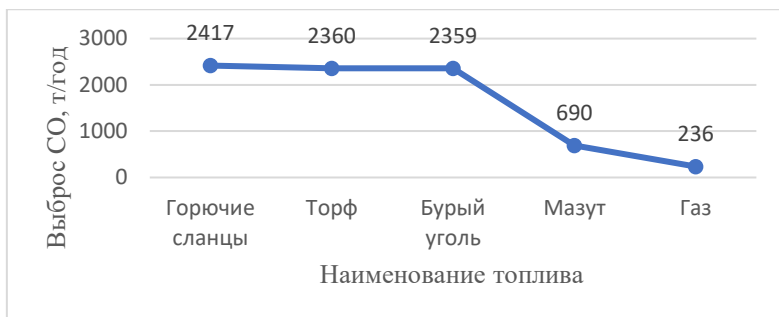


Рисунок 1 – Выброс угарного газа в атмосферу, т/год



Рисунок 2 – Выброс диоксида серы в атмосферу, т/год

Следующим по экологичности идёт мазут, при его использовании на ТЭС в атмосферу выбрасывается в несколько раз меньше загрязняющих веществ чем при использовании горючих сланцев, торфа и угля. Исключением является выброс бенз(а)пирена. Расчёты показали, что при использовании мазута выбросы бенз(а)пирена в разы выше, чем при использовании других видов топлива.

Далее по экологичности в порядке убывания идут бурый уголь, торф и горючие сланцы. Согласно расчётам, данные три вида топлива практически одинаковы по выбросам CO₂, по выбросам SO₂ торф лишь немного экологичнее чем горючие сланцы, в то время как бурый уголь даёт почти вдвое меньше выбросов SO₂ чем торф и горючие сланцы. Наиболее значительны различия между горючими сланцами и торфом по выбросам NO₂. По этому показателю торф примерно в 1,3 раза экологичнее чем горючие сланцы, а бурый уголь, в свою очередь, в 1,5 раза экологичнее торфа. По выбросам бенз(а)пирена торф является более экологичным в данной тройке, лишь немного превосходя бурый уголь и более чем в 1,5 раза превосходя горючие сланцы.

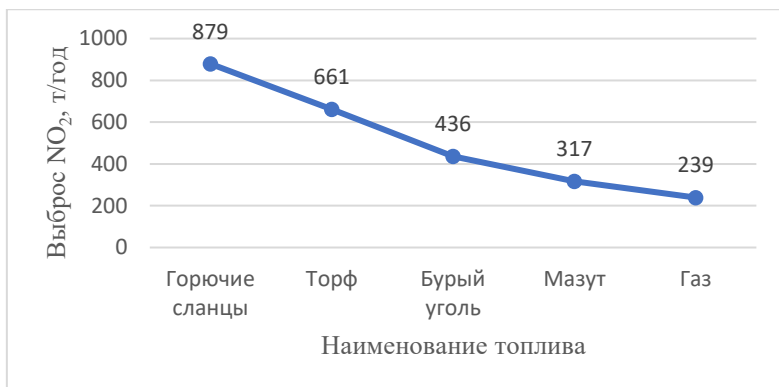


Рисунок 3 – Выброс диоксида азота в атмосферу, т/год



Рисунок 4 – Выброс Бенз(а)пирена в атмосферу, кг/год

В результате проведённых расчётов было выявлено, что самым экологичным видом топлива, среди исследуемых в данной статье, является газ. На втором месте по экологичности (кроме выбросов бенз(а)пирена) расположился мазут. Далее в порядке убывания экологичности идут бурый уголь и торф. И самым не экологичным видом топлива среди рассмотренных в данной работе являются горючие сланцы. На основе произведённых расчётов можно сделать вывод о том, что переход на более экологически чистое топливо, такое как газ, играет важнейшую роль, поскольку это может в разы сократить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при работе ТЭС, что очень важно, учитывая столь большую долю ТЭС в выработке электроэнергии в Беларуси. Это сделает производство электроэнергии более экологичной и безопасной для окружающей среды и здоровья человека.

Литература:

1. Эффективность, подтвержденная цифрами. Почти треть белорусской электроэнергии производится на АЭС // Минская правда URL: <https://mlyn.by/26112023/effektivnost-podtverzhennaya-cziframi-pochti-tret-belorusskoj-elektorenergii-proizvoditsya-na-aes/> (дата обращения: 11.03.2025).
2. Основные загрязнители атмосферного воздуха // Агентство гидрометеорологической службы при министерстве экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан URL: <https://monitoring.meteo.uz/ru/menu/osnovnye-zagrjazniteli-atmosfernogo-vozduha> (дата обращения: 11.03.2025).
3. Бенз(а)пирен в жизни человека: влияние на здоровье и возможности защиты // ТИОН URL: https://tion.ru/blog/benzopyrene/?srsltid=AfmBOoraPnfRDsLnRS76bse_IiBAyHGRJqiwbobzCvxVMD3ifTun9rFy (дата обращения: 11.03.2025).
4. «Порядок определения выбросов при сжигании топлива в котлах теплопроизводительностью более 25 МВт // Технический кодекс установившейся практики», Минприроды Республики Беларусь, 2006
5. «Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод», СПб., НПО ЦКТИ, 1998.

УДК 622.235

БЕЗОПАСНЫЕ РАССТОЯНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Ласица Д.Р., студент

Научный руководитель Стасевич В.И.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье был проведён анализ имеющихся правил определения безопасных расстояний при взрывных работах, приведены результаты расчётов концентрации ядовитых газов после проведения взрывных работ на карьерах на некотором удалении от места взрыва.

Ключевые слова: Буровзрывные работы, определение безопасных расстояний, ядовитые газы, распространение ядовитых газов, нестационарная модель рассеивание Гаусса.

Буровзрывные работы (БВР) являются одним из основных этапов в технологическом цикле добычи и переработки полезных ископаемых. Эффективности БВР уделяется внимание многими авторами [1,2]. Само производство БВР представляет источник повышенной опасности. На предприятиях значительное внимание уделяется вопросам безопасного выполнения БВР, что находит своё отражение в Типовом проекте и Проекте

массового взрыва. В этих документах приводятся методики и расчёт безопасных расстояний и границы опасной зоны. Методики расчёта определены [3]. Однако, данные методики разрабатывались более 50 лет назад и в настоящее время требуют дальнейшего совершенствования, особенно это актуально для методики определения безопасного расстояния по действию ядовитых газов. На начальном этапе строительства и ввода в эксплуатацию технологические площадки находились на значительном удалении от населённых пунктов. За долгие годы работы рабочие борты карьеров переместились на расстояния 1-3 км. Актуальным стали вопросы безопасного производства БВР на участках, для которых граница опасной зоны составляет 500-600 м (РУПП “Гранит” и гп Микашевичи). Для безопасных расстояний по разлёту кусков горной породы и сейсмическому действию взрыва проведены научные исследования и даны рекомендации по изменению конструкции скважинных зарядов, порядку их инициирования и интервалам замедления при использовании короткозамедленного взрывания (КВЗ). Вопросам расчёта безопасного расстояния по действию ядовитых газов взрыва внимание не уделялось и безопасное расстояние в соответствии с [3] рассчитывается, как и раньше, при этом предельно допустимые концентрации (ПДК) ядовитых газов определяются экспериментально только в границах карьера. Перемещение ядовитых газов за пределы карьера и определение их ПДК за пределами в случае направленного перемещения ветром не производится. В газообразных продуктах взрыва промышленных взрывчатых веществ (ПВВ) содержится значительный объём ядовитых газов (оксиды углерода и азота). Наличие таких газов обусловлено тем, что для ПВВ возможна неполная (неидеальная) детонация. В технических документах приводится показатель “газовая вредность” — это условное суммарное количество ядовитых газов, отнесённое к массе ВВ (пересчитывается на СО). Однако, этот показатель при производстве БВР на открытых горных работах практически не используется.

Совершенствование технологий БВР и применение эмульсионных взрывчатых веществ привели к значительному снижению газовой вредности взрывчатых веществ [4]. К примеру, для одного из наиболее распространённых ПВВ Граммонит 79/21 газовая вредность составляет около 65 л/кг, для смесей АС-ДТ – 51 л/кг, а для большинства современных эмульсионных ПВВ 22-28 л/кг, то есть в 2 и более раз меньше. При этом, газы заполняют поры и трещины раздробленного массива и остаётся открытым вопрос: какая “газовость” ВВ должна быть учтена полная или фактическая. Для Граммонита 79/21 значение газовой вредности при этом может возрасти до 157 л/кг, для АС-ДТ до 73 л/кг и эмульсионных ВВ до 35 л/кг [4]. Такой разброс в показателях требует пересмотра подходов к определению безопасных расстояний по действию ядовитых газов и изучения распространения ядовитых газов с учётом направления ветра (общая масса ВВ может достигать 200-350 т).

Анализ процесса переноса ядовитых газов от источников является важным фактором влияющим на ПДК. Для их описания и дальнейшего изучения протекающих физических процессов необходимо использовать два подхода. Первый – математическое моделирование и методики, которые реально отражают рассеивание ядовитых газов в атмосфере с учётом конкретных условий. Второй – проведение экспериментальных исследований с определением ПДК газов за пределами рассчитанной опасной зоны в направлении ветра. В настоящее время существует ряд методик и моделей рассеивания ядовитых веществ в атмосфере [5,6] и рассмотрены возможности их применения для определения загрязнения атмосферы и прогнозирования их концентрации на различных расстояниях от места взрыва. За рубежом используются методики, являющиеся частью программных пакетов ANSYS CFX, FLOTRAN, PHAST DNV, TNO и других. Практически все методики рассматривают только некоторые частные случаи без учёта многообразия факторов или представляют собой сложные продукты, работа с которыми требует подготовленного персонала. В нашей работе на основе модели рассеивания загрязняющих веществ Гаусса рассмотрено определение безопасного расстояния и распределения концентрации ядовитых газов при производстве массового взрыва.

В данной работе применялась нестационарная модель Гаусса, которая служит для оценки концентраций загрязняющих веществ на некотором расстоянии от их залпового выброса. Формула, применяемая в данной модели, имеет вид:

$$C(x, y, z) = \frac{M}{2\pi^{3/2} \times \sigma_x \times \sigma_y \times \sigma_z} \times \exp\left(-\frac{(x - ut)^2}{2\sigma_x^2}\right) \times \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \times \left(\exp\left(-\frac{(z - H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z + H)^2}{2\sigma_z^2}\right)\right)$$

где: M – мощность выброса загрязняющего вещества;

σ_y и σ_z – функции, характеризующие расширение факела в перпендикулярных к ветру направлениях при удалении от источника выброса: σ_y – в горизонтальном направлении, σ_z – в вертикальном направлении. Обе функции зависят от удаления X и класса устойчивости атмосферы;

σ_x – функция, характеризующая расплывание облака вдоль направления ветра при удалении от источника выброса;

u – скорость ветра на высоте H ;

t – время;

x , y и z – координаты: x – по направлению ветра, y – в направлении, перпендикулярном направлению ветра, z – высота над уровнем земли.

Для расчётов были приняты следующие условия: класс устойчивости атмосферы С, высота пылегазового облака, образующегося после взрыва равна 200м, время выброса загрязняющих веществ в атмосферу составляет 5 секунд, выход вредных газов в пересчёте на СО приняли равным 35 л/кг.

Расчёты проведены по двум вариантам.

Вариант 1. Для расчётов было принято допущение, что содержание газов в образовавшемся облаке равномерно, а расчёты производились с предположением о том, что подавляющее влияние на концентрацию загрязняющих веществ в близлежащих территориях оказывают газы, находящиеся на небольших высотах (<10 м). Таким образом, принято $H = 10\text{м}$, а мощность выброса $M_{\text{расч}} = 1/20M$.

По результатам расчётов получен следующий результат (рис.1): при взрыве 112,5 т Порэмита (что может соответствовать количеству ВВ при взрывании одного уступа) концентрация загрязняющих веществ становится меньше, чем ПДК только на расстояниях более 1,5 км, что значительно превышает границу опасной зоны при проведении БВР на карьере РУПП “Гранит”.

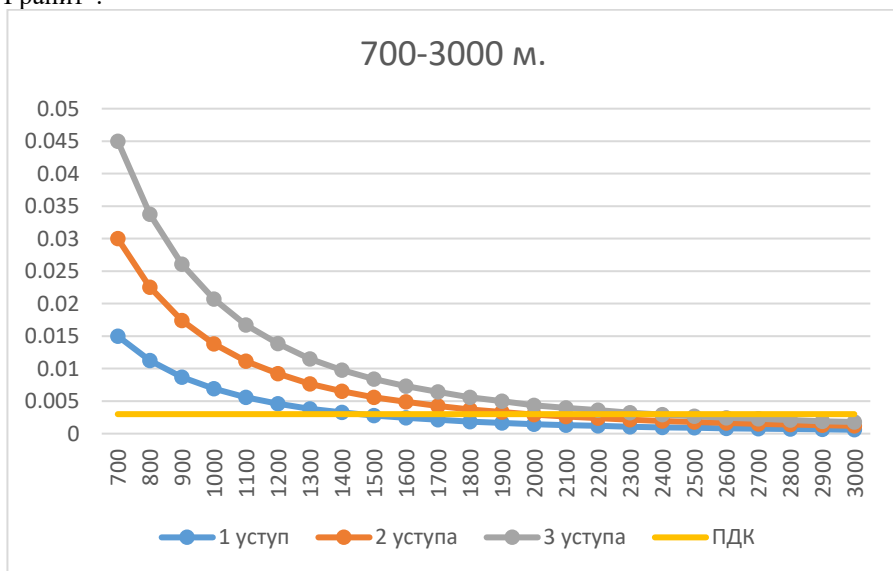


Рис. 1 – концентрация ядовитых газов, рассчитанная по первому варианту

Вариант 2. Для расчётов было принято допущение, что содержание газов в образовавшемся облаке равномерно. В результате расчётов было найдено суммарное влияние всей высоты образовавшегося облака на концентрацию загрязняющих веществ на некотором удалении от места проведения БВР.

По результатам расчётов был получен следующий результат (рис.2): при взрыве 112,5 т Порэмита (что может соответствовать количеству ВВ при взрывании одного уступа) концентрация загрязняющих веществ не становится меньше, чем ПДК и превышает его в 2,5 раза даже на расстоянии в 3 км, что значительно превышает границу опасной зоны при проведении БВР на карьере РУПП “Гранит”.

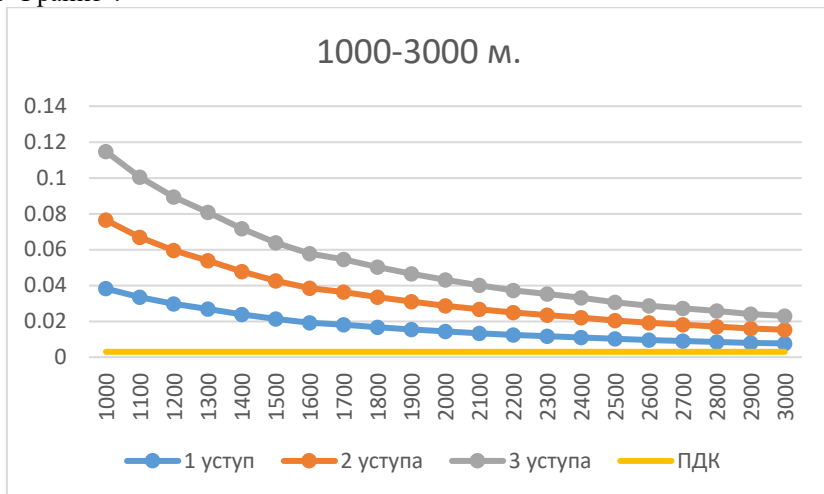


Рис. 2 – концентрация ядовитых газов, рассчитанная по второму варианту

По результатам расчётов можно сделать вывод о необходимости пересмотра методики определения безопасных расстояний по действию ядовитых газов в ЕПБ, а также необходимость пересмотра процесса проведения БВР, так как в настоящий момент данные работы могут быть опасны для жителей ближайшего населённого пункта.

Литература:

1. В.Ч. Орловский, С.Г. Оника. Поиск способов снижения количества отсевов из материалов дробления плотных горных пород. Горная механика и машиностроение №3, 2024, 20-28.
2. Шкурганова М.А. Перспективы применения неэлектрических систем инициирования (НСИ) на предприятиях горной отрасли республики Беларусь / М.А. Шурганова // проблемы горного дела: материалы междунар. IV форма студентов, аспирантов и молодых учёных-горняков., Донецк, 28-29 ноября 2024г./ ДонНТУ; редкол.: И.В. Купенко. – Донецк, 2024. – С. 36-39.
3. Единые правила безопасности при взрывных работах. М. НПО ОБТ, 1992.-238с.

4. Козырев С.А., Власова Е.А. Газовая вредность взрывчатых веществ, применяемых в горнодобывающей промышленности. Горная промышленность. 2021;(5):106–111. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-5-106-111.

5. ОНД-86 «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий»

6. Филатова Е.Н. Моделирование загрязнения атмосферы по оперативным данным. Дис. канд. физ.-мат. наук. – Санкт-Петербург, 2005. с. 100.

УДК 502.57

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ХРАНЕНИЕМ ОТХОДОВ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ

Ласица Д.Р., студент

Научный руководитель Веремейчик Л.А.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье проведён анализ вредного воздействия производства калийных удобрений на окружающую среду, рассмотрены методы снижения вредного воздействия шламохранилищ на почвы и воды, были сделаны выводы о перспективности применения современных технологий изоляции в Беларуси.

Ключевые слова: производство калийных удобрений, засоление почв и вод, шламохранилища, изоляция шламохранилищ.

На данный момент, Беларусь занимает третье место в мире по производству калийных удобрений, производя их более 7,5 млн т в год [1]. Столь объёмное производство обуславливает необходимость учёта экологического воздействия производства калийных удобрений на окружающую среду.

Одной из экологических проблем производства калийных удобрений является большое количество отходов (образуется до 5 т отходов на 1 т произведённого калийного удобрения), данные отходы хранятся в шламохранилищах. Шламохранилища занимают значительные площади, в результате огромные земельные территории выпадают из использования. Кроме того, шламохранилища засоляют почву, а также загрязняют подземные и поверхностные воды [2].

Повышенные концентрации солей в почве приводят к снижению их плодородия, а повышение солёности вод делает их непригодными для использования в быту, сельском хозяйстве и промышленности. Поэтому очень важным является вопрос о способах недопущения попадания содержимого шламохранилищ в окружающую среду. На данный момент наиболее распространённым способом изоляции загрязняющих веществ является

применение грунтов с низким коэффициентом фильтрации, таких как глины. Помимо данного способа в настоящее время появляются более надёжные и совершенные способы, например, использование геомембран [3].

Использование глины для защиты от просачивания из шламохранилищ является более дешёвым способом, но существенным его недостатком является то, что при взаимодействии рассолов в шламохранилище с глиной, у последней ухудшаются её изоляционные свойства, в результате чего, поступление в окружающую среду веществ, приводящих к засаливанию почв и вод, возрастает. Ещё одним недостатком использования глины является то, что при взаимодействии глины с хранящимися в шламохранилищах рассолами, глины могут терять свои прочностные характеристики [3].

Именно поэтому, применение современных технологий (геомембран) в изоляции шламохранилищ играет важнейшую роль, так как геомембраны обладают высокими изоляционными и прочностными свойствами, но в отличие от глин, их характеристики при взаимодействии с содержащимся в шламохранилищах рассолом не ухудшаются [4].

Применение современных технологий изоляции имеет важное значение и для Беларуси. Так, в связи с разработкой Старобинского месторождения накопилось более 800 млн т отходов, которые занимают около 1400 га земли. С учетом продолжающейся разработкой данного месторождения, вышеприведённые цифры будут только расти, что может привести к загрязнению еще большей территории [5].

На основе вышесказанного можно сделать вывод о том, что хранение отходов производства калийных удобрений может нанести ущерб окружающей среде. В настоящее время на территориях, которые занимают шламохранилища и за пределами данных территорий наблюдается засоление почв и вод. Беларусь является одним из мировых лидеров по производству калийных удобрений, в результате чего, образовались значительные объёмы отходов, из этого следует необходимость и большая перспективность использования геомембран в шламохранилищах Беларуси, так как это позволит уменьшить значительное негативное воздействие хранения отходов калийной промышленности на окружающую среду.

Литература:

1. Топ-10 стран по производству калийных удобрений [Электронный ресурс]. – URL: <https://dzen.ru/a/ZjaOckfELIYzUOjN> (дата обращения 14.04.2025).
2. Лискова М.Ю. Негативное воздействие, оказываемое на окружающую среду предприятиями по добыче и обогащению калийно-магниевого сырья / М.Ю. Лискова // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2017. – Т.16. - №1. – С. 82–88.

3 Хайрулина Е.А. Воздействие фильтрационных вод шламохранилища с солесодержащими отходами на поверхностные и подземные воды / Е.А. Хайрулина // Географический вестник. – 2018. – №2. – С. 145–155.

4. Свиридова В.Т. Применение геомембран для изоляции хранилищ промышленных отходов / В.Т. Свиридова // Экология и охрана окружающей среды. – 2014. – Т.14. - №1. – С. 74-76.

5. Лебедевич М.В. Оценка экологических рисков при производстве калийных удобрений на ОАО «Беларуськалий» / М.В. Лебедевич // Полесский государственный университет. – 2014. – С. 81-83.

УДК 666.972

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБРАЗЦОВ БЕТОНА, СОДЕРЖАЩИХ ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА

**Логвин В.В., учащаяся УО «Национальный детский технопарк»
Научные руководители – Зеленухо Е.В., Скуратович И.В.
Белорусский национальный технический университет, Беларусь**

Проведены исследования физико-механических свойств образцов бетона, полученного с использованием отходов производства: золы от сжигания торфа, металлошлаков и фосфогипса. Полученные результаты предложено использовать для изготовления бетонного груза для противовеса лифтов.

Ключевые слова: бетонная смесь, отходы производства, зола от сжигания торфа, фосфогипс, металлошлак, груз для противовеса лифта, прочность бетона, водопоглощение бетона.

Изготовление и подготовка бетонной смеси – процесс, от которого напрямую зависят дальнейшие характеристики бетонных изделий. Помимо основных ресурсов, используемых для создания смеси, допускается применение добавок, которые позволяют не только усилить уже имеющиеся свойства смеси, но и наделить её новыми. В нашей работе такими добавками стали металлошлак сталеплавильный, отходы от сжигания золы и фосфогипс, которые использовались в качестве замены части цемента. Данные бетонные смеси в дальнейшем предлагается использовать для изготовления груза для противовеса лифтов.

Оптимальным вариантом для создания экспериментальных образцов было выбрано следующее соотношение компонентов по объему: одна часть цемента, три части песка, одна часть щебня. Процентное содержание в образцах отходов производства представлено в таблице 1.

В нашем эксперименте цемент, песок, щебень, пластификатор смешивались с водой, затем пробы заливались в силиконовую форму, с

ячейками одинакового размера. Пробы застывали в течении трех суток. После изъятия из форм, каждая проба осталась цельной (рисунок 1).

Таблица 1 – Содержание отходов производства в образцах бетонных смесей

Стандартный образец	% содержание фосфогипса			% содержание золы			% содержание металлошлаков		
	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10
Образец №1	5	10	15	5	10	15	5	10	15

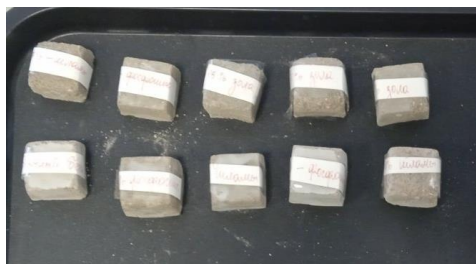


Рисунок 1 – Экспериментальные образцы

Прочность бетона – это способность вещества, после его затвердевания, выдерживать физические, химические и механические нагрузки и воздействия. Это ключевая характеристика, которая играет определяющую роль при определении способов дальнейшей эксплуатации бетонных конструкций и сооружений.

Для определения прочности бетона, из подготовленных смесей был создан небольшой кубик, грани которого равны 2,8 см. Образцы подвергали испытаниям. На них оказывали механическое давление.

Для определения прочности бетонных проб использовался гидравлический пресс ПГМ-500МГ. Каждая проба подвергалась нагрузке до тех пор, пока та не трескалась. Данные приведены в таблице 2.

Из данных таблицы 2 следует, что при замене 5% цемента шлаками прочность образцов увеличивается. Наименьшие результаты по прочности показали образцы, содержащие 10% фосфогипса.

Водопоглощение бетона – это способность образцов впитывать воду. Этот показатель является важным свойством, которое влияет на долговечность, прочность и устойчивость бетона воздействию внешней среды.

Измерение водопоглощения проводилось в течение 3 суток, образцы взвешивались до проведения испытаний, после чего каждую пробу опускали в воду. Каждые сутки пробы извлекали из воды, массу вновь определяли и образцы вновь погружались в воду. Водопоглощение определялось по разности массы образца в начале и в конце эксперимента. Результаты эксперимента приведены в таблице 3.

Таблица 2 – Прочность бетонных образцов

Наименование экспериментального образца	Содержание в бетонной смеси отходов производства, %	P, кН	L, мм
Контрольный образец (бетон без добавок)	-	2,29	
Состав бетона с содержанием фосфогипса	5	3,24	0,83
	10	2,27	0,91
	15	0,84	1,29
Состав бетона с содержанием торфяной золы	5	0,86	1,05
	10	1,19	1,91
	15	0,69	1,48
Состав бетона с содержанием сталеплавильных шлаков	5	1,31	0,84
	10	0,37	1,90
	15	1,3	1,53

Проведенное исследование показывает, что добавление отходов производства замедляет процесс водопоглощения, у образцов с большим содержанием отходов производства уровень водопоглощения ниже, чем у контрольного образца.

Таблица 3 - Результаты определения водопоглощения исследуемых экспериментальных образцов

Наименование экспериментального образца	Содержание в бетонной смеси отходов производства, %	Время наблюдения		
		24 ч	48 ч	72 ч
Контрольный образец (бетон без добавок)	-	11,6	14,0	14,0
Состав бетона с содержанием сталеплавильных шлаков	5	8,3	11,1	11,1
	10	2,6	2,6	2,6
	15	2,3	6,8	6,8
Состав бетона с содержанием торфяной золы	5	9,4	12,5	12,5
	10	8,3	8,3	8,3
	15	6,3	6,3	6,3
Состав бетона с содержанием фосфогипса	5	6,9	10,3	6,9
	10	4,1	5,4	5,4
	15	3,6	5,4	5,4

Таким образом, мы пришли к выводу, что для создания образцов груза для противовеса на предприятии и проверке их свойств подходят следующие составы:

- с добавлением золы от 5 до 10%;
- с добавлением фосфогипса 5%;
- с добавлением шлаков от 10 до 15%.

Вовлечение отходов производства в технологический процесс ОАО «Могилевлифтмаш» будет способствовать реализации принципов устойчивого развития: снизит нагрузку на почвы и грунтовые воды, атмосферу, приведет к уменьшению энергопотребления и образованию парниковых газов, экономии невозобновляемых природных ресурсов, уменьшит себестоимость изделий, увеличит рентабельность производства, его конкурентноспособность, снизит экологический налог, будет способствовать соблюдению природоохранного законодательства, модернизации производства и созданию новых рабочих мест, минимизирует риски штрафов, улучшит имидж предприятия.

Литература:

1. Государственный кадастр отходов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ecoinfo.by>. – Дата доступа: 07.03.2025.
2. Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь, утв. постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 8 ноября 2007 г. № 85.
3. Костров В.В., Свиридов А.В., Цыбакин С.В., Дубровина Ю.Ю. Изучение химического состава и вопросов утилизации торфяной золы в производстве бетонов // Химия и химическая технология. 2008, том 51, вып. 11. с. 52-55.
4. Лифты. Учебник для вузов / под общей ред. Д. П. Волкова. – М.: изд-во АСВ, 1999. – 480 с.
5. Современные направления переработки фосфогипса / Головнева В. В., Кулемина А. Е., Почиталкина И. А., Шубабко О. Э. // Успехи в химии и химической технологии. 2020. Т. 34, № 4 (227). с. 65–67.

УДК 504.3.054

МОНИТОРИНГ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Любимова А.А., студент

Научный руководитель Веремейчик Л.А.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В статье показана значимость качества атмосферного воздуха, представлены результаты мониторинга атмосферного воздуха Республики Беларусь за 2023 год, охватывающего 67 пунктов наблюдений в 19 городах. Выявлены наиболее загрязненные

районы республики. Оценено влияние погодных факторов и тенденции изменения концентраций различных загрязняющих веществ. Представлен комплекс мер, направленных на улучшение качества атмосферного воздуха.

Ключевые слова: мониторинг, качество атмосферы, основные загрязняющие вещества, меры по улучшению качества атмосферы.

В современном мире актуальность контроля качества воздуха не вызывает сомнений. Это связано с глобальными экологическими проблемами, климатическими изменениями и растущим уровнем загрязнений. В последние годы наблюдается катастрофическое ухудшение состояния окружающей среды, которое отражается в росте числа заболеваний, ухудшении климата и деградации экосистем.

Влияние загрязнений на здоровье человека многогранно. По оценкам ВОЗ, загрязнение воздуха ежегодно приводит к миллионам преждевременных смертей, провоцируя развитие хронических заболеваний дыхательных путей, сердечно-сосудистых патологий, а также онкологических заболеваний. Особенно уязвимы к негативному воздействию дети, пожилые люди и те, чье здоровье уже ослаблено хроническими заболеваниями.

Контроль качества атмосферного воздуха становится ключевым инструментом раннего обнаружения опасных концентраций вредных веществ, таких как диоксид серы, оксиды азота, углекислый газ и твердые частицы. Это позволяет оперативно разрабатывать и реализовывать стратегии по снижению их уровня и защите здоровья населения.

Загрязнение атмосферы оказывает глубокое воздействие на природные экосистемы. Оксиды серы и другие загрязнители способствуют образованию кислотных дождей, что приводит к деградации почв, ухудшению качества воды и гибели растительности. В результате наблюдается сокращение биоразнообразия, нарушение естественных экосистемных процессов и ухудшение состояния природных ресурсов. Систематический мониторинг качества воздуха становится неотъемлемой частью оценки состояния экосистем и разработки мер по их восстановлению и охране.

Экономические последствия загрязнения воздуха также значительны. Увеличение числа заболеваний и снижение качества жизни ведут к росту затрат на здравоохранение, а также к потерям в производительности труда. По оценкам экспертов, экономические потери от загрязнения воздуха могут достигать триллионов долларов в год на глобальном уровне. Мониторинг качества воздуха позволяет не только минимизировать эти затраты, но и содействовать устойчивому развитию, обеспечивая более чистую среду для будущих поколений.

С развитием технологий мониторинг качества атмосферного воздуха становится более доступным и эффективным. Использование

автоматизированных систем, спутниковых технологий и мобильных приложений позволяет получать актуальную информацию о состоянии воздуха в режиме реального времени. Это открывает новые возможности для информирования населения, а также для быстрого реагирования на экологические угрозы.

Мониторинг атмосферного воздуха – это система наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, а также оценка и прогноз основных тенденций изменения качества атмосферного воздуха в целях своевременного выявления негативных воздействий природных и антропогенных факторов [1]. Объектами мониторинга являются снежный покров, атмосферный воздух и атмосферные осадки.

Постоянный контроль качества воздуха в Республике Беларусь осуществляется посредством передовых технологических решений и методик, основной целью которых является изучение степени загрязнения атмосферы, её влияния на здоровье граждан и экологическую ситуацию в целом. Основой данной системы служит комплекс мер по отслеживанию состояния воздуха и оперативному реагированию на выявленные проблемы с целью их устранения и улучшения качества атмосферного воздуха.

Под влиянием как естественных, так и антропогенных факторов загрязняющие вещества попадают в атмосферу страны в результате выбросов промышленных предприятий и загрязнений, поступающих из-за пределов нашего государства. Ведется наблюдение за выбросами двух видов антропогенных источников: стационарных и мобильных (рисунок) [2].

В 19 городах Республики Беларусь, где есть промышленное производство, в 2023 году проводился мониторинг атмосферного воздуха, сеть которого включала в себя 67 пунктов наблюдений. В 5 городах (Гомель, Могилев, Минск, Жлобин, Новополоцк) в результате расчета имеющихся данных были выявлены районы, наиболее подвергшиеся загрязнению.

В воздухе городов определялись концентрации основных загрязняющих веществ (твердые частицы (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль), углерода оксид, азота диоксид, серы диоксид), а также концентрации приоритетных специфических загрязняющих веществ (формальдегид, аммиак, фенол, сероводород, сероуглерод). В 19 населенных пунктах определялось содержание в воздухе свинца, кадмия и бенз(а)пирена, в 10 – летучих органических соединений. На автоматических станциях измерялись концентрации твердых частиц, фракции размером до 10 мкм (далее – ТЧ10) и приземного озона, в гг. Жлобин и Минск – твердых частиц, фракции размером до 2,5 мкм (далее – ТЧ2,5) [1].

Загрязнение воздуха бенз(а)пиреном, летучими органическими соединениями, свинцом и кадмием в большинстве городов оставалось на низком и стабильном уровне. Анализ концентрации углекислого газа и

диоксида азота показал, что за пятилетний период в Гродно, Могилеве, Борисове и Речице отмечен рост углекислого газа, в то время как в Бобруйске, Бресте, Витебске, Лиде и Солигорске наблюдалось его снижение. Содержание диоксида азота увеличилось в Могилеве, Жлобине, Лиде, Полоцке и Новополоцке по сравнению с 2019 годом.

**Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух в
Республике Беларусь
(тысяч тонн)**

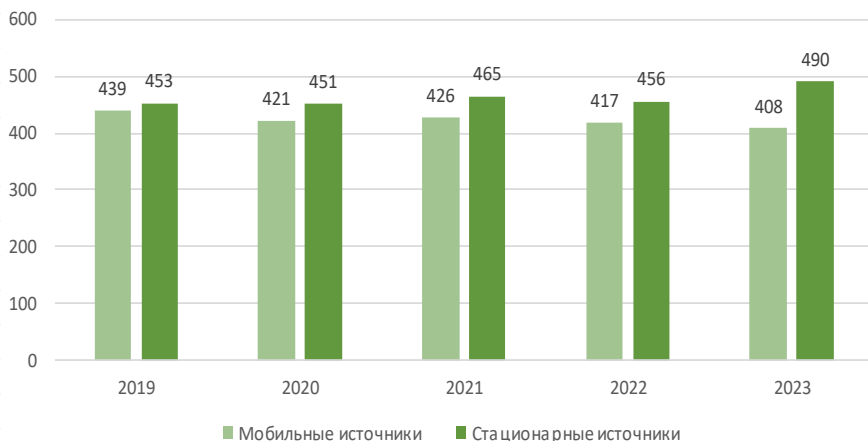


Рисунок - Выбросы загрязняющих веществ от мобильных и стационарных источников в атмосферный воздух

В 2023 году в Беларуси проведена оценка влияния погодных факторов на качество атмосферного воздуха в городах и промышленных центрах, показавшая разнообразие тенденций. В целом, метеорологические условия способствовали эффективному рассеиванию загрязняющих веществ, однако отдельные периоды были отмечены как неблагоприятные для экологии.

Уровень загрязнения воздуха пылью ТЧ_{2,5}, ТЧ₁₀ и дисперсными твердыми частицами в течение года преимущественно повышался в апреле и летние месяцы из-за продолжительных засушливых периодов. Особенно высокий уровень превышений ПДК по ТЧ₁₀ был зафиксирован в некоторых районах Гомеля и Могилёва. В весенне-летний период отмечено увеличение концентрации приземного озона, что в весну имеет природное происхождение, связанное с его поступлением из стратосферы.

Летом, как и в предыдущие годы, в ряде городов наблюдалась проблема загрязнения воздуха формальдегидом, который также образуется в ходе фотохимических процессов.

По итогам наблюдений можно сделать вывод, что состояние атмосферного воздуха большинства промышленных центров республики достаточно благополучно: согласно рассчитанным значениям ИКАВ [1], состояние воздуха в населенных пунктах, где расположены автоматические станции непрерывного измерения содержания приоритетных загрязняющих веществ, оценивалось в основном как очень хорошее, хорошее и умеренное, доля периодов с удовлетворительным, плохим и опасным качеством атмосферного воздуха была незначительна [1].

В Республике Беларусь реализуется комплекс мер, направленных на улучшение качества атмосферного воздуха. Разрабатываются и обновляются нормативные правовые акты, устанавливающие требования к выбросам загрязняющих веществ в атмосферу, а также регулирующие деятельность, оказывающую негативное воздействие на качество воздуха. Осуществляется государственный контроль за соблюдением природоохранного законодательства предприятиями и организациями, являющимися источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Внедряются системы автоматического контроля выбросов на крупных промышленных предприятиях. Реализуются программы по обновлению парка общественного транспорта, закупке электробусов и развитию зарядной инфраструктуры для электромобилей. Стимулируется использование экологически чистого транспорта. Важно отметить, что улучшение качества атмосферного воздуха является комплексной задачей, требующей координации усилий различных государственных органов и организаций. Поэтому мероприятия, направленные на решение проблем качества воздуха, включаются в различные отраслевые программы и планы.

Литература:

1. Мониторинг атмосферного воздуха / НСМОС – Минск, 2023. – 67 с. - [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.nsmos.by/sites/default/files/2024-06/4-monitoring-atmosfernogo-vozdukha.pdf> (дата обращения: 13.03.2025).

2. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников: форма государственной статистической отчетности 1-воздух / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. – Минск, 2023.- [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/okruzhayushchaya-sreda/sovместnaya-sistema-ekologicheskoi-informatsii2/a-zagryaznenie-atmosfernogo-vozduha-i-razrushenie-ozonovogo-sloya/a-1-vybrosy-zagryaznyayuschih-veschestv-v-atmosfernyi-vozduh/> (дата обращения: 13.03.2025).

3.НСМОС Беларуси – 30 лет! Перспективы развития – Минск, 2023. – 94 с. - [Электронный ресурс]. - URL: <https://minpriroda.gov.by/ru/ND/> (дата обращения:13.03.2025).

4. Национальный доклад о состоянии окружающей среды Республики Беларусь за 2019 – 2022 годы / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Институт природопользования НАН Беларуси, РУП «ЦНИИКВР». – Минск, 2023. – 172 с. - [Электронный ресурс]. - URL: <https://minpriroda.gov.by/uploads/files/Natsdoklad-2023-na-sajt.pdf> (дата обращения:13.03.2025).

УДК 691.3

ПЕРЕРАБОТКА ТЕХНОГЕННОГО МАССИВА ФОСФОГИПСА КАК АЛЬТЕРНАТИВА ГИПСОВОМУ СЫРЬЮ С ИЗВЛЕЧЕНИЕМ КОНЦЕНТРАТА РЗЭ

Макаревич Н.Ю., аспирант.

Научный руководитель Яглов В.Н., Зык Н.В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Основополагающий фактор ресурсосбережения и рационального потребления природных ископаемых, является безотходные технологические процессы промкомплексов, а также переработка накопившихся техногенных отходов в потенциально полезные продукты для различных сфер экономики и рынков. Особенно остро рассматривается вопрос переработки отходов горнообработывающей отрасли в Республике Беларусь.

Ключевые слова: фосфогипс, композиционные материалы, извлечение РЗЭ, химическая промышленность, переработка отходов.

Для решения острых экологических проблем в настоящее время приоритетный характер приобретают направления переработки техногенных скопившихся отходов ведущих промышленных комплексов. Данные предприятия составляют часть экономического сегмента на мировом рынке, являются фундаментом стабильного экономического роста и стратегической



Рисунок 1 – Отходы Гомельского химического завода (масштаб – 1:500, спутник – 01.04.2025)



гарантией развития в будущем страны.

Государственная политика направлена на изучение всевозможных подходов и способов вовлечения в хозяйственно-бытовой оборот уже существующих отходов, предотвращение образования

последующих, а также переход промышленного сектора в реализацию концепции Zero Waste (дословный перевод – «ноль отходов») [1].

Одним из таких некондиционных материалов производства удобрений является фосфогипс. Данный отход образуется путем производственного процесса разложения Кольского апатита, минеральной кислотой. За период бесперебойной работы химического комплекса с 1963 г. техногипса на промплощадке в настоящее время находится более 60 млн. т. (рисунок 1) с ежегодным пополнением. Проблема очевидна своим масштабом в разрезе экономического, экологического и даже социального характера вопроса.

По физико-химическим данным фосфогипс Гомельского химического завода в исследовательских работах при переработке, имеет отличия от природного гипса, если рассматривать отход как сырьевую базу аналоговым материалом. В отличие от природного минерала с содержанием воды в 5-8%, техногипс содержит свободной влаги от 25-40%. Наличие влаги в отходе определяется от поры года и количества выпавших осадков на открытые горы фосфогипса. Чтобы понизить такой показатель до природного требуется предварительный процесс сушки, что незамедлительно отражается на экономической целесообразности процесса переработки некондиционного материала.

Так же фосфогипс содержит примеси (фториды, фосфаты и соединения РЗЭ), которые отрицательно сказываются на процессах схватывания и твердения гипсовых вяжущих на его основе, проявляясь в виде кристаллизованных солей при стабилизации изделия, влияя на некоторые физико-химические свойства. Принимая во внимание данный аспект в исследовательских работах, чтобы устранить некоторые примеси применяли отмывку отхода водой, что лишь частично решает проблему, при этом также усложняет процесс и образует объем нового отхода. Поэтому фосфогипс хранясь под открытым небом и постоянно подвергаясь погодным условиям и выпадению осадков (снег, дождь), промывается и содержит в 1,5-2 раза меньше примесей, в отличие от «свежего» фосфогипса.

Для нейтрализации кислых остатков в отходе возможен термический и жидкофазный методы, данный технологический этап необходим. После чего материал пригоден для использования в переработке в строительные смеси и изделия.

По гранулометрическому методу исследования фосфогипс имеет высокую дисперсность, что позволяет оптимизировать процесс переработки, не включая дополнительный этап дробления или измельчения отхода. Цвет фосфогипса преимущественно белый и бело-серый, также положительно вписывается в цвет предполагаемых строительных изделий без дополнительных процедур с использованием отбеливающих реагентов.

Использование в данном виде отход и его переработка находит отражение во многих научно-исследовательских работах. Значительное

количество таких работ в использовании отхода в строительстве дорог [2] и применении в почвоведении для мелиорации почв [3]. Также ряд работ по извлечению редкоземельных элементов (РЗЭ) [4, 5] из фосфогипса широкого применения на данный момент не нашли, в силу трудоёмких и энергозатратных технологических процессов и неполному объёму извлечения РЗЭ из отхода.

Редкоземельные металлы – часть таблицы Менделеева, состоящая из 17 элементов, которая делится на два основных сегмента:

- иттриевая (вкл. скандий, иттрий, а также ряд Gd – Lu), элементы Gd – Lu относят к «тяжелой» группе;
- цериевая (Ce – Eu), относят к «легкой» группе.

Dy, Tb и Nd используются при производстве постоянных магнитов для двигателей электромобилей, рынок которых в современном обществе имеет высокий интерес и спрос, а также в «зеленой энергетике» производства ветряных турбин, для разработки проектов национальной обороны, в сфере электроники и многого другого.

Основные позиции по добыче и переработке сырья с содержанием редкоземельных элементов в настоящее время занимает Китай и США. Данный ценный продукт имеет стратегическое значение в ведущих отраслях промышленности (рисунок 2) с этим обостряются риски геополитического рынка и национальная безопасность государства на международной арене экономических отношений. Китай за счет недорогой рабочей силы, запасов данного ценного продукта, переработке и добыче, также является лидером потребления РЗЭ на рынке.

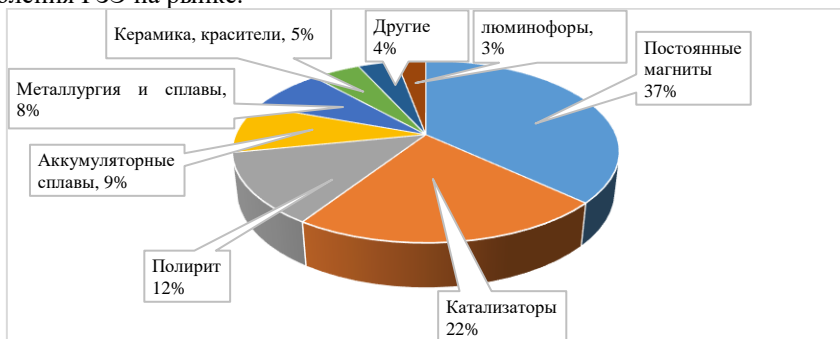


Рисунок 2 – Структура мирового спроса на РЗЭ по областям применения, %

Научные разработки интересны и важны в этой области исследования, так как спрос на применение соединений РЗЭ в будущем, по прогнозам аналитиков рынка, будет только возрастать. Для получения концентрата или же разделенные индивидуальные редкоземельные элементы следует учитывать трудоемкий процесс переработки руды или вторичного сырья, который в свою очередь на данный момент существующих процессов и технологий образует

большое количество отходов и подразумевает использование агрессивных реагентов в технологиях.

Поэтому фосфогипс представляет собой альтернативный массивный отход химического производства в перспективной комплексной переработкой в полезные целевые продукты для государства.

В Республике Беларусь данный вопрос по переработке фосфогипса еще не решен. Для минимизации техногенной нагрузки на территориях занимаемыми промышленными отходами следует разработать модернизированные комплексные методы, которые позволяют более эффективно снижать воздействие промышленных отходов на экосистемы и предотвращать расширение зоны негативного воздействия в районе промышленного производства и гипсонакопителя.

Литература:

1. Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь до 2035 г. - <https://economy.gov.by/uploads/files/ObsugdaemNPA/NSUR-2035-1.pdf> (Дата обращения 18.03.2025)

2. С. И. Солдаткин, А. Е. Хохлов Проблемы использования фосфогипса в дорожном строительстве – Саратов, 2019.

3. Агапова Полина Владимировна, Киселёв Максим Владимирович, Фрейдкин Иван Алексеевич Оценка биологической эффективности применения обесфторенного фосфогипса в качестве удобрения в прямом действии // Известия СПбГАУ. 2023. №5 (74).

4. Анисимов Леонид Алексеевич, Донцова О. Л. Месторождения редкоземельных элементов – перспективный стратегический ресурс России // Недра Поволжья и Прикаспия. 2023. №112.

5. Пономарева М. А., Черемисина О. В., Машукова Ю. А., Лукьянцева Е. С. Повышение эффективности извлечения рзм из технологических растворов в процессе переработки апатитового сырья // Записки Горного института. 2021.

УДК 691.311

УТИЛИЗАЦИЯ ГРАНИТНЫХ ОТСЕВОВ

М Д Бабул С., студент

Научные руководители Евсеева Е.А., Кречко Н.А.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Рассмотрены перспективы применения отходов гранитных отсеков, как добавки с пиллолановой активностью. Указаны возможные области применения композиционных материалов на их основе. Спрогнозировано уменьшение экологического воздействия отходов гранитного производства

Ключевые слова: гранитные отсеки, композиты, отходы, утилизация.

Наряду с истощением мировых ресурсов экологическая ситуация загрязнения отходами производства ухудшается. Одним из многотоннажных отходов является гранитный отсев, образующийся в процессе добычи и обработки гранита. Они представляют собой не просто отходы, а уникальный материал с множеством возможностей применений. Состоящие из кварца, полевого шпата и слюды, гранитные отсеvy обладают высокой прочностью и устойчивостью к химическим воздействиям. Их плотность варьируется от 2,5 до 3,0 г/см³, а низкая водопроницаемость и высокая абразивная стойкость делают их перспективными для строительства и ландшафтного дизайна за счет стабильности и долговечности.

С увеличением объемов производства гранитных изделий накапливаются отходы, и возникает необходимость в оптимизации процессов добычи, переработки и утилизации. Внедрение новых технологий, позволяющих сократить количество образуемых отходов, становится важным шагом на пути к улучшению экологической ситуации. Мобильные установки для переработки, работающие прямо на месте, могут значительно упростить процесс и снизить потребность в складских помещениях. [1]

Загрязнение окружающей среды можно значительно уменьшить, создав специализированные центры по переработке, где будет контролироваться процесс утилизации. Реабилитация земель, на которых накапливаются отсеvy, с помощью рекультивации и восстановления природных экосистем поможет сохранить биоразнообразие и восстановить экосистемы.

Экономические трудности, связанные с высокими затратами на утилизацию и нехваткой рынка сбыта, требуют креативного подхода. Инвестиции в технологии переработки могут снизить затраты в долгосрочной перспективе. Проведение маркетинговых исследований для выявления новых рынков применения переработанных отсевов и развитие партнерств со строительными компаниями могут создать устойчивый спрос на этот ценный ресурс. Технологические ограничения, такие как недостаток технологий переработки и проблемы с качеством продукта, требуют сотрудничества с научными учреждениями. Установление стандартов качества для переработанных гранитных отсевов повысит их конкурентоспособность на рынке и расширит области их применения.

Правовые и нормативные барьеры также влияют на процесс утилизации. Разработка четких нормативных актов, регулирующих утилизацию гранитных отсевов, создаст правовую основу для эффективного управления данными отходами. Упрощение процедур получения разрешений на переработку и утилизацию поможет ускорить процесс и снизить административные барьеры [2]. Так как гранитные отсеvy обладают пуццолановой активностью, была изучена возможность получения композита в системе цемент – гранитные

отсевы с максимально возможным содержанием гранитных отсевов путем прессования образцов при различных давлениях.

Составы и свойства прессованных композиционных материалов после пропаривания приведены в таблице 1, а после твердения над водой в таблице 2.

Таблица 1 – Состав и свойства прессованных композитов после пропаривания при 95°С в течение 6 часов, влажность при прессовании 7%

Состав вяжущего, %			Усилие прессования, т	Плотность ρ , г/см ³	Водопоглощение, %	$R_{сж.}$, кг/см ²
Группа	ПЦ50 ОДО	гранитный отсев				
I	10	90	5	2,10	13,7	200
	10	90	10	2,18	12,2	240
	10	90	15	2,27	10,3	320
	10	90	20	2,28	9,7	405
	10	90	25	2,31	9,0	460
	10	90	30	2,40	8,1	520
II	20	80	5	2,20	10,4	205
	20	80	10	2,25	8,2	250
	20	80	15	2,27	7,0	330
	20	80	20	2,39	6,5	600
	20	80	25	2,42	6,3	650
	20	80	30	2,48	6,0	720

Таблица 2 – Состав и свойства прессованных композитов после твердения над водой

Состав композита, %			H_2O	Усилие прессования, т	Время твердения, сутки			
Гран. отсев	Фосфо-гипс	ПЦ500ДО			7	14	28	62
72	14	7	7	20	$R_{сж.}$, кг/см ²			
					285	300	355	450

Давление прессования оказывает существенное влияние на прочностные характеристики изделий, подвергнутых пропариванию для ускорения набора прочности [3]. В этом контексте утилизация гранитных отсевов представляет собой возможность создания новых прочных многофункциональных

материалов. Как интересный вариант утилизации гранитные отсевы могут быть переработаны в заполнители для фундаментов, что обеспечивает стабильность и прочность конструкций. Также они могут комбинироваться с другими отходами, создавая новые композитные материалы с улучшенными характеристиками. В дорожном строительстве они помогают сократить потребление природного песка, а в ландшафтном дизайне служат мульчей для защиты почвы и сохранения влаги.

Гранитные отсевы могут стать частью экологических проектов, таких как создание искусственных биотопов для восстановления местной флоры и фауны. Научные исследования продолжают изучать их потенциал в нанотехнологиях, что может привести к созданию новых высокотехнологичных продуктов. Таким образом, утилизация гранитных отсевов открывает новые перспективы для бизнеса и промышленности. Гранитные отсевы могут успешно заменять первичные материалы и сохранять природные ресурсы. Это способствует переходу к модели круговой экономики, когда отходы становятся ресурсами.

Разработка новых продуктов на основе гранитных отсевов может включать не только строительные материалы, но и декоративные элементы для интерьеров и ландшафтного дизайна. Получение экологических сертификатов становится дополнительным преимуществом для компании, позволяя ей выделяться на фоне конкурентов и привлекать клиентов, ориентированных на устойчивое развитие.

В конечном итоге, утилизация гранитных отсевов — это не просто экономически выгодная практика, но и важный шаг к устойчивому развитию и экологической безопасности. Инвестирование в переработку и использование вторичных материалов становится необходимостью в условиях современного мира, где устойчивость становится ключевым фактором успеха. И в этом процессе гранитные отсевы, некогда считавшиеся отходами, становятся ценным материальным ресурсом с широкими перспективами [4].

Литература:

1. Смирнов, И.И. Экологические аспекты утилизации минеральных отходов/ Смирнов, И. И., Федорова, Е. Е. // Экология и промышленность России, № 23. 2019. – С. 112-118.

2. Кузнецов, А.А. Устойчивое развитие и утилизация отходов в строительстве /Кузнецов, А.А., Иванов, П.П. // Журнал экологии и строительства, № 12. 2018. – С. 45-52.

3. Петров, В.В. Переработка гранитных отсевов: технологии и перспективы / Петров, В.В., Сидорова, Н.Н. // Строительные материалы, № 15, 2020. – С.78-85.

4. Григорьев, Д.Д. Инновационные подходы к утилизации промышленных отходов в строительстве / Григорьев, Д.Д., Захарова, О.О. // Научный вестник строительного университета, № 7. 2022. – С.56-62.

УДК 621.355.5

РАСЧЕТ ПРИЗЕМНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ КОМПОНЕНТОВ ВЫБРОСОВ, ПОСТУПАЮЩИХ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ОТ АВТОТРАНСПОРТА НА ЛОКАЛЬНОМ УЧАСТКЕ НАГРУЖЕННОЙ АВТОМАГИСТРАЛИ Г. КАЗАНИ

Менделуц Н.А., студент

Научный руководитель Тунакова Ю.А.

**«Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева КНИТУ-КАИ», г. Казань**

В данной статье представлены результаты расчетной оценки уровней загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта на участке улично-дорожной сети Казани. Определены ожидаемые максимальные разовые концентрации загрязняющих веществ на территориях, прилегающих к автодороге.

Ключевые слова: выхлопные газы, максимальная разовая концентрация, выбросы в атмосферу, загрязняющие вещества, автотранспорт.

Введение

Крупные города, в настоящее время характеризуются наиболее сильным загрязнением воздуха выбросами автомобильного транспорта, вносящих значимый вклад в уровень загрязнения приземного атмосферы. Общие выбросы загрязняющих веществ от автомобильного транспорта юридических и физических лиц в 2023 г. составили 107,5 тыс. т, или 25,2% от общего объема выбросов по Республике Татарстан. Расчет выбросов от передвижных источников ежегодно проводится подведомственным учреждением Федеральной службы по надзору в сфере природопользования в целом для регионов без разделения на муниципальные образования. Увеличение выбросов объясняется ростом количества автотранспортных средств (согласно форме федерального статистического наблюдения №1-БДД) на 2,23% по сравнению с 2022 г., а также увеличением количества автотранспортных средств низких экологических классов (ЕВРО-2 и ЕВРО-0) и незарегистрированных классов, на 33 692 машины (увеличение на 16,7%) [1]. Рост числа автомобилей и увеличение интенсивности движения приводят к тому, что в жилых районах концентрация вредных веществ, выбрасываемых автомобилями, неуклонно растет. Расчетные методы определения приземных концентраций компонентов

автотранспортных выбросов должно проводиться для отдельных магистралей городов РТ.

Методы исследования

Для повышения точности оценки приземных концентраций в зонах действия автомагистралей, целесообразно использовать современные программные комплексы, учитывающие влияние метеорологических условий, рельефа местности, особенностей застройки на рассеивание. В рамках настоящего исследования была поставлена задача определения уровня загрязнения воздуха выбросами автотранспорта, участвующего в дорожном движении на участке ул. Карл Маркса в г.Казань.

Для определения количества выбросов вредных веществ, поступающих на том или ином участке улично-дорожной сети с выбросами автотранспорта, используется «Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха» [2], разработанная для выполнения инвентаризации выбросов при проведении сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха.

Согласно данной методике, определение выбросов основывается на данных наблюдений за интенсивностью движения автотранспорта (количеством проездов за установленный временной промежуток в 20 мин) с выделением 5 отдельных категорий: легковые автомобили, автофургоны и микроавтобусы массой до 3,5 тонн, грузовые автомобили от 3,5 до 12 тонн, грузовые автомобили свыше 12 тонн, автобусы более 3,5 тонн.

Для определения максимальных разовых концентраций вредных веществ наблюдения проводятся в периоды максимальной транспортной нагрузки.

Следующим этапом, на основе полученных данных наблюдений, с учетом представленных в методике пробеговых выбросов (удельных значений выбросов загрязняющих веществ на единицу длины автодороги для каждой категории транспорта) и протяженности исследуемого участка пути, проводится расчет количества выбрасываемых загрязняющих веществ.

Методика позволяет рассчитывать выбросы для следующих вредных веществ (групп веществ): углерода оксид (CO), азота оксид (NO), азота диоксид (NO₂), взвешенные мелкодисперсные частицы PM_{2,5}, бензин, керосин, серы диоксид (SO₂), формальдегид (CH₂O), бензапирен (C₂₀H₁₂, установлены только среднегодовые ПДК), метан (CH₄).

Дальнейшим этапом является проведение расчета рассеивания загрязняющих атмосферный воздух веществ, который позволяет собственно установить ожидаемые концентрации вредных веществ, формируемых на прилегающих к автодороге территориях выбросами автотранспорта.

Расчеты рассеивания проводились с использованием программного обеспечения УПРЗА «Эколог» (4.70). Программа реализует методику расчета рассеивания загрязняющих веществ [3].

Расчеты выполнялись с полным перебором метеорологических условий в пределах климатической характеристики г.Казань для определения максимальных разовых концентраций. Таким образом, дальнейшие результаты детализированы для веществ, имеющих установленные максимальные разовые предельно допустимые концентрации [4].

После изучения расположения исследуемого участка дороги и находящейся под его влиянием городской застройки, были определены параметры расчетной сетки для проведения расчетов распределения концентраций (полей концентраций). Расчеты проводились для прямоугольника 700*700 м. Шаг расчетной сетки выбран равным 20 м.

Также были определены характерные точки размещения ближайших к проезжей части строений. Расчеты проводились с детализацией максимальных концентраций в точках, указанных в табл. 1.

Таблица 1 – Расчетные точки для детализации максимальных разовых концентраций

Код	Координаты (м)		Высота (м)	Тип точки	Комментарий
	X	Y			
1	1306062,00	476497,50	2,00	точка пользователя	Карла Маркса, 46
2	1306457,50	476480,00	2,00	точка пользователя	Карл Маркса, 53а
3	1306003,50	476499,00	2,00	точка пользователя	Карл Маркса, 44
4	1306109,00	476489,00	2,00	точка пользователя	Карл Маркса, 48
5	1306234,50	476464,00	2,00	точка пользователя	Карл Маркса, 54
6	1306078,00	476579,50	2,00	точка пользователя	Карл Маркса, 39а
7	1306243,00	476425,00	2,00	точка пользователя	Карл Маркса, 54б
8	1306256,00	476508,50	2,00	точка пользователя	Карл Маркса, 47б
9	1306285,00	476538,50	2,00	точка пользователя	Карл Маркса, 47а
10	1306582,50	476465,00	2,00	точка пользователя	Карл Маркса, 59

Полученное в результате расчетов распределение концентраций вредных веществ в выбранных расчетных точках указано в табл. 2. Для оценки степени негативного воздействия полученных абсолютных концентраций вредных веществ использовались установленные максимальные разовые предельно допустимые концентрации.

Как можно видеть из табл. 2, ожидаемые максимальные разовые концентрации для углерода оксида, азота оксида, мелкодисперсных частиц

PM_{2,5}, бензина, керосина, серы диоксида, формальдегида и метана не превышают 0,1 ПДК, т.е. 10% от предельно безопасных значений.

Для группы 6204 из двух веществ (азота диоксид, серы диоксид) с суммацией вредного воздействия приведенные концентрации составляют значения до 0,83 ПДК.

Максимальные из полученных значения наблюдаются для диоксида азота. По данному веществу приземные концентрации в часы наиболее интенсивного движения транспорта и неблагоприятных для рассеивания метеорологических условий могут достигать 1 ПДК.

Таблица 2 – Распределение концентраций вредных веществ в выбранных расчетных точках

Код вещества	Наименование вещества	Распределение концентраций, доли ПДК	Распределение концентраций, мг/м ³
0010	Взвешенные частицы PM _{2,5}	0,03-0,06	0,005-0,01
0301	Азота диоксид (Двуокись азота; пероксид азота)	0,58-1,32	0,116-0,266
0304	Азот (III) оксид (Азот монооксид)	0,04-0,10	0,019-0,043
0330	Сера диоксид	Менее 0,01	Менее 0,01
0337	Углерода оксид (Углерод окись; углерод моноокись; угарный газ)	0,06-0,14	0,314-0,703
0410	Метан	Менее 0,01	0,012-0,027
1325	Формальдегид (Муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид)	Менее 0,01	Менее 0,01
2704	Бензин (нефтяной, малосернистый) (в пересчете на углерод)	0,014-0,032	0,072-0,163
2732	Керосин (Керосин прямой перегонки; керосин дезодорированный)	Менее 0,01	0,008-0,018
6204	Азота диоксид, серы диоксид	0,36-0,83	-

Таким образом, в зависимости от интенсивности движения транспорта на участках улично-дорожной сети и сложившейся застройки на прилегающих к автодорогам территориях, при неблагоприятных условиях автотранспорт может формировать высокие концентрации вредных веществ [4]. Следовательно,

загрязнение городского воздуха выбросами автотранспорта на наиболее напряженных участках должно подлежать систематическому контролю.

Полученные поля приземных концентраций для диоксида азота и суммарии 6204 представлены на рис.1, 2.

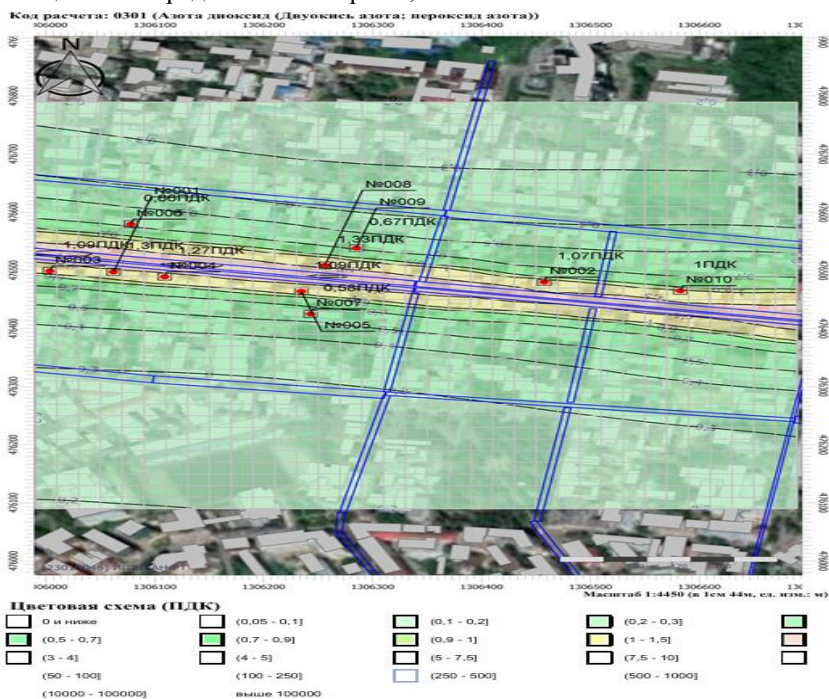


Рис.1. Поля максимальных концентраций диоксида азота

Выводы

Результаты расчетной оценки показали, что автотранспорт на исследованных улицах Казани оказывает существенное негативное воздействие на атмосферный воздух, в первую очередь, за счет выбросов диоксида азота (NO₂). Несмотря на то, что концентрации большинства загрязняющих веществ не превышают установленные нормативы (ПДК), близость уровней NO₂ к предельным значениям указывает на необходимость разработки и реализации превентивных воздухоохраных мероприятий. Настоящая работа подтверждает важность и эффективность использования расчётного мониторинга качества атмосферного воздуха в качестве инструмента для обоснования принятия воздухоохраных решений в условиях нагруженности автомагистралей [5]. В

качестве дальнейших направлений исследований рекомендуется расширение области анализа на другие транспортные магистрали города.

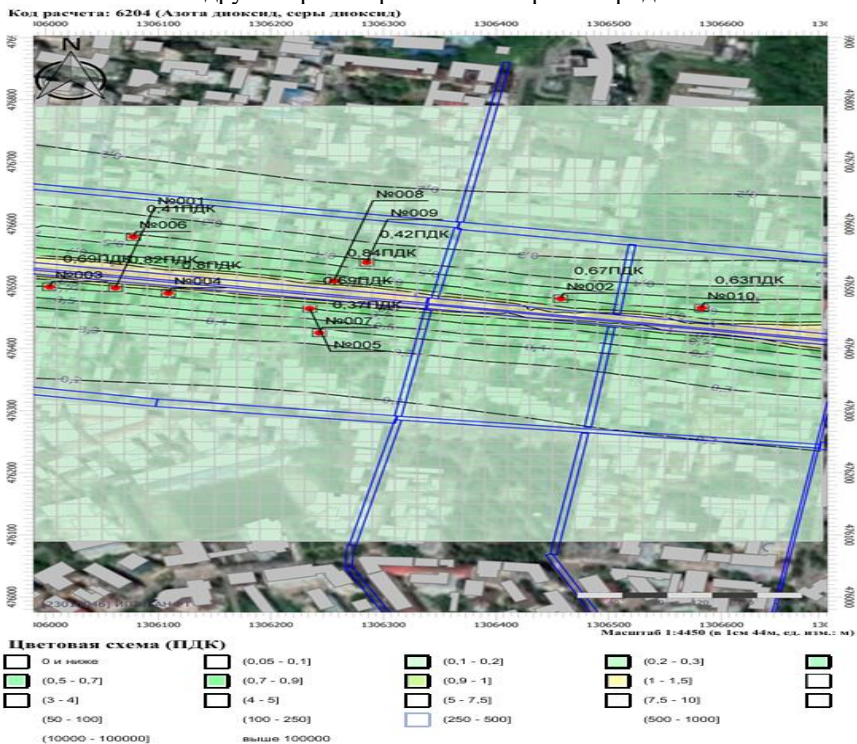


Рис.2. Поля максимальных концентраций суммы 6204

Литература:

1. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2023 году». Режим доступа: https://eco.tatarstan.ru/file/pub/pub_4211473.pdf
2. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха (утверждена приказом Минприроды России от 27 ноября 2019 года № 804)
3. Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе (утверждены приказом Минприроды России от 06.06.2017 № 273)

4. Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 №2).

5. Шагидуллин А.Р., Тунакова Ю.А., Шагидуллин Р.Р., Кузнецова О.Н. Оценка уровня загрязнения воздушного бассейна г.Казани выбросами стационарных и передвижных источников загрязнения (Сообщение 1) // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 8. С. 231-233.

УДК 504.628.5:621.74

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОАО «МИНСКИЙ АВТОМОБИЛЬНЫЙ ЗАВОД» – УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ ХОЛДИНГА БЕЛАВТОМАЗ

Минчук Г.И., студент

Научный руководитель Цыганова А.А.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В статье отражена структура производств Минского автомобильного завода. Рассмотрены технологические особенности литейного производства и механизмы его воздействия на окружающую среду. Представлены данные по количественному и качественному составу выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух за 2021 и 2024 гг. Предложен перечень природоохранных мероприятий.

Ключевые слова: литейное производство, выбросы в атмосферный воздух, природоохранные мероприятия.

Минский автомобильный завод является крупнейшим государственным предприятием Республики Беларусь по выпуску большегрузной автомобильной, а также автобусной, троллейбусной и прицепной техники. На заводе выпускается более 150 наименований продукции различного назначения. Заводом освоены и выпускаются разнообразные большегрузные автомобили и автопоезда - тягачи с прицепами и полуприцепами для междугородних и международных перевозок, автомобили - самосвалы, лесовозные тягачи повышенной проходимости, автомобильные шасси для различных видов специализированного автомобильного транспорта. На шасси автомобилей устанавливаются краны, бетоносмесители, цистерны, дорожно-строительная техника и многие другие агрегаты [1].

Минский автомобильный завод, располагая достаточным количеством производственных площадей, имеет все виды производств по технологическому циклу создания автомобильной техники, большой производственный потенциал, сконцентрированный в специальных производствах таких как:

1. Механообрабатывающее производство;
2. Прессовое производство;
3. Литейное производство;
4. Инструментально-штамповое производство;
5. Сборочное производство.

Из различных видов производств, используемых для получения заготовок деталей, в машиностроении важнейшая роль принадлежит литейному производству. Характерной особенностью литейного производства является универсальность – возможность получения самых разнообразных по массе, конфигурации, механическим и эксплуатационным свойствам фасонных заготовок (отливок).

Литейное производство лишь на два года моложе самого предприятия. В 1946 г. вагранка ремонтно-литейного цеха выдала первый жидкий металл, а через год в том же цехе была запущена первая в республике сталеплавильная электропечь. Сейчас для выплавки стали используются электродуговые печи, для производства чугуна – вагранки. В литейных цехах действуют четыре автоматические формовочные линии. Производственные мощности литейного производства МАЗ позволяют не только обеспечить потребности завода в литье, но и поставлять его другим предприятиям, в том числе и на экспорт.

В состав линейного производства входят следующие цеха:

- литейный цех серого чугуна;
- литейный цех ковкого чугуна;
- ремонтный цех по ремонту литейного оборудования;
- сталелитейный цех №1;
- сталелитейный цех №2;
- цех заготовки шихты.

По степени воздействия на окружающую среду чугунолитейное производство относится к числу из наиболее неблагоприятных, являясь источником загрязнения атмосферы, водоемов, а также образования отходов. В связи с этим предотвращение и снижение негативного воздействия данного вида производства на окружающую среду является своевременным и крайне актуальным.

Наиболее крупными источниками выбросов в атмосферу в литейном цеху ковкого чугуна являются: индукционные и электродуговая печи, участки складирования и переработки шихты и формовочных материалов, участки выбивки и очистки литья.

В таблице 1 представлены выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Из данных таблицы 1 следует, что в 2024 году снизилось общее количество выбросов в атмосферный воздух по всем наименованиям загрязняющих веществ.

Таблица 1 – Характеристика выбросов загрязняющих веществ

Наименование загрязняющего вещества	Выброшено загрязняющих веществ, всего	
	2021	2024
Твердые частицы	286,955	0,594
Сера диоксид	14,231	0,173
Углерод оксид	657,731	0,170
Азота диоксид	85,772	0,231
Азота оксид	0,125	0,036
Летучие органические соединения	441,565	3,839
Прочие	20,429	0,257
Всего	1511,104	5,290

Для уменьшения воздействия производств на атмосферу на предприятии функционирует ряд установок очистки газов, среди которых 106 гидрофильтров, 13 рамных ионитных фильтров, 72 циклона типа СИОТ, 38 пенных аппаратов, 31 пылеуловитель типа ПВМ, два скруббера Вентури, три установки с системой дожигания СО, пять абсорбционно-биохимических установок, 98 циклонов различных типов, восемь пылесадительных камер, два рукавных фильтра, 12 волоконистых фильтров, два роторных фильтра.

В таблице 2 представлены данные по выбросам в атмосферный воздух загрязняющих веществ по ингредиентам и значение предельно допустимого выброса.

Таблица 2 – Состав выбросов в атмосферный воздух в 2024 г.

Наименование загрязняющего вещества	Выброшено загрязняющего вещества, всего	Установленный в разрешении выброс
Углеводороды предельного алифатического ряда C1-C10	0,249	0,983
Ксинолы	1,478	2,031
Бутан-1-ол	0,043	0,061
Бутилацетат	1,506	1,734
Этилацетат	0,461	1,560
Ацетон	0,009	0,011
Углеводороды предельного алифатического ряда C11-C19	0,039	0,294
Углеводороды ароматические	0,257	1,126
1-изоцианато-4-метилбензол	0,044	0,046
Всего	4,086	–

Анализ таблицы 2 показывает, что все представленные по наименованиям вещества не превышают установленный в разрешении выброс за 2024 год.

Снижение уровня воздействия всего производства ОАО «МАЗ» на окружающую среду может быть достигнуто путём внедрения организационно-управленческих и технических мероприятий:

- постоянное совершенствование СМОС и ПЭН с целью обеспечения соответствия характеру, масштабу воздействию на ОС деятельности предприятия, продукции и услуг;

- постоянные и своевременные проверки со стороны руководства на соответствие природоохранному законодательству;

- регулярное заполнение экологической документации;

- соблюдение условий хранения химических вяжущих составов;

- использование системы контроля и рабочих процессов, чтобы улучшить выход металла и оптимизировать потоки входных материалов;

- внедрение лучших практик транспортировки расплавленного металла и работы разливочного ковша;

- вовлечение персонала в природоохранную деятельность предприятия;

- рациональное использование природных ресурсов;

- соблюдение требования законодательства.

В качестве инженерных природоохранных мероприятий предлагаем:

- совершенствование системы очистки отходящих газов от ваграночной печи (установка дополнительной ступени очистки);

- замена вагранки с мокрым пылеуловителем на индукционную тигельную печь средней частоты с установкой циклона в качестве очистного оборудования.

Литература:

1. МАЗ [Электронный ресурс]. – О предприятии. – Режим доступа: <http://maz.by/>.

УДК 691.311

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ВЯЖУЩИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГРАНИТНЫХ ОТСЕВОВ

Новик А.Д., студент

Научные руководители Меженцев А.А., Бурак Г.А.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Приведены результаты исследований применения гранитного отсева фракции 0–0,16 мм для получения композиционных вяжущих. Установлена перспективность использования механоактивационных технологий для материалов с повышенной прочностью.

Ключевые слова: гранитные отсева, портландцемент, фосфогипс, механоактивация, вяжущие, активность, прочность

Гранитные отсевы – побочный продукт дробления гранита, содержащая до 20% фракции 0 – 0,16 мм, которая не используется для производства строительных материалов и накапливается в отвалах. Тонкодисперсная фракция адсорбируется на зернах добавок, что снижает их сцепление с цементом. Кроме того, в форме зерен гранитных отсеков видна лещадность, которая ухудшает перемешивание при формировании образцов. Зерна мелкой фракции имеют много микротрещин, что значительно снижает их прочность и прочность бетона, изготовленного с их применением. Поэтому использовать гранитные отсеки как заполнитель бетона нецелесообразно.

Гранитные отсеки предварительно разделены на фракции. Гранулометрический состав отсеков приведен на рисунке 1.

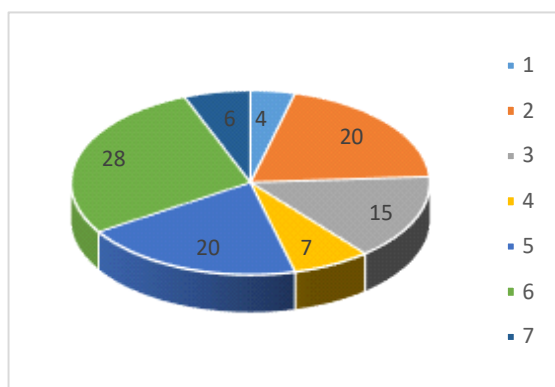


Рисунок 1 – Гранулометрический состав гранитных отсеков

Номер сита: 1 – менее 0,16; 2–0,16; 3–0,315; 4–0,63; 5–1,25; 6–2,5; 7–5. Содержание тонкодисперсной фракции составляет 20%.

Гранитные отсеки содержат около 60% SiO₂, 15% Al₂O₃, 4% CaO и обладают активностью.

Активность отсеков определялась по связыванию оксида кальция оксидом кремния во времени (рисунок 2).

Самыми активными являются гранитные отсеки фракции 0–0,16 мм, которые уже за 5 суток поглотили из раствора 20 мг/г извести.

Для вяжущих очень важен набор прочности в начальный период твердения. Поэтому были проведены опыты по получению материалов негидратационного твердения, для которых важна исходная дисперсность материалов. В таких системах увеличивается число контактов, которые являются центрами кристаллизации. При прессовании сразу же увеличивается

площадь контактов и, следовательно, увеличивается их прочность из-за внутрикристаллических сил [1]. Твердение происходит из-за образования гидратированных масс. Между компонентами происходит химическое взаимодействие и механоактивация при давлении.

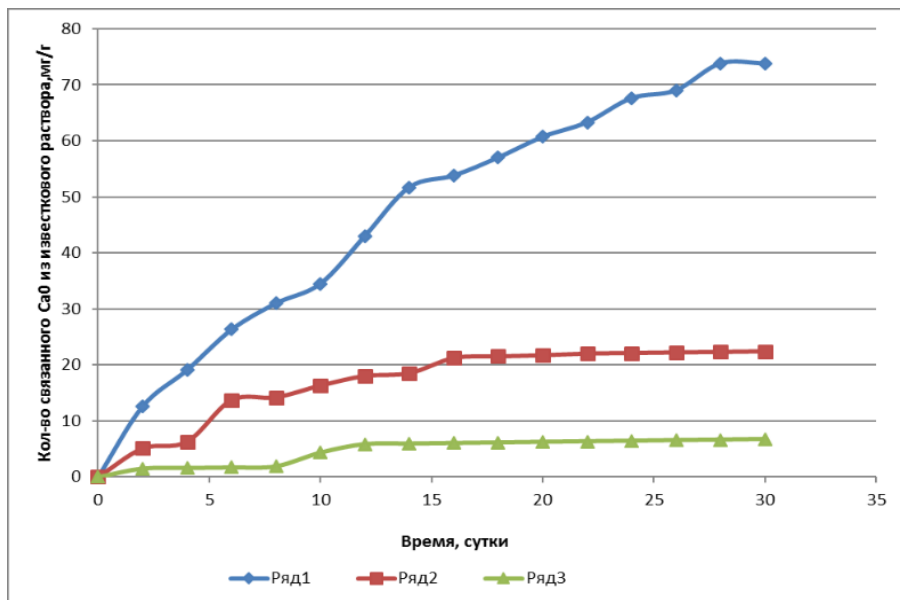


Рисунок 2 – Кинетика связывания СаО

Вяжущее готовили из гранитных отсеков (фракция 0,16), фосфогипса, портландцемента и воды. Влажность смеси составляла 7 %. Давление прессования 5- 30 МПа. Спрессованные образцы подвергали пропариванию при 95 °С по режиму 2–6–1, после чего определяли прочность при сжатии. Водопоглощение образцов изменялось от 8 до 15 %. Прочность полученных образцов приведена на гистограмме (рисунок 3).

Давление прессования влияет на прочностные показатели образцов. В дальнейших исследованиях определяли свойства образцов, которые набирали прочность при твердении над водой. Вяжущее готовили из гранитных отсеков (фракция 0.16), фосфогипса, портландцемента и воды. Давление прессования составляло 25 т (Рисунок 4).

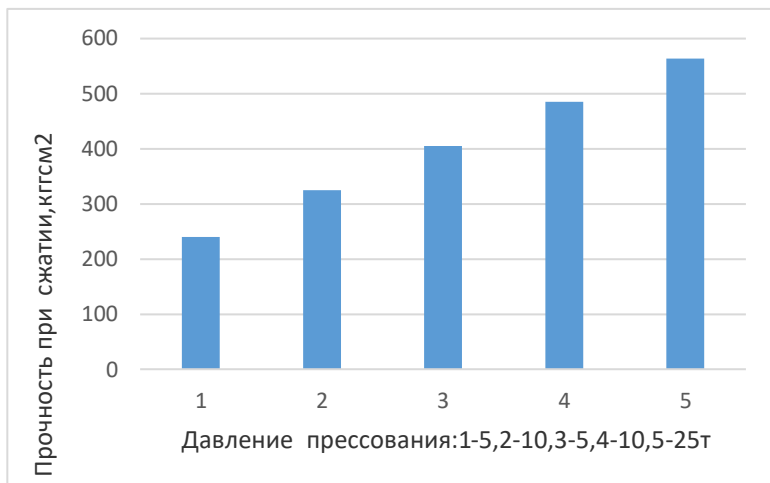


Рисунок 3 – Гистограмма прочности прессованных образцов

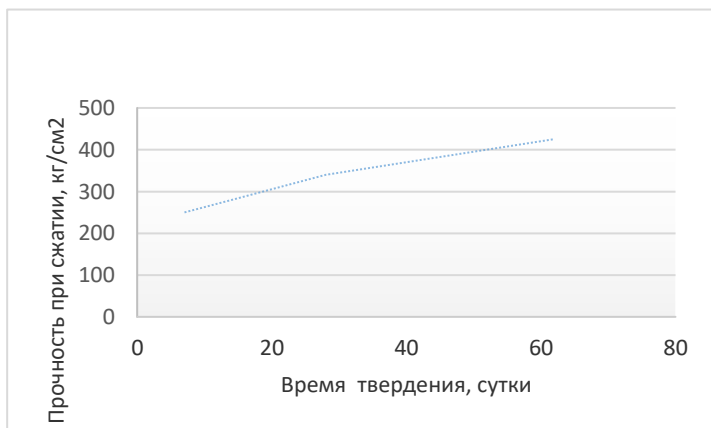


Рисунок 4 – Прочностные показатели прессованных образцов, твердеющих над водой.

После 28 суток твердения прочность образцов составила 340 кг/см², что соответствует прочности бетона марки М350.

Далее изучалась возможность получения вяжущего на основе извести и гранитных отходов. Влажность образцов составляла 7,5 %. После

прессования образцы обжигались при температуре 110⁰С в течение 8 часов. Давление прессования составляло 5-30 т.

В результате проведенных исследований получены вяжущие с применением отходов производства: гранитных отсеков и фосфогипса. Эти вяжущие можно применять в качестве тонкого слоя под асфальтобетонные покрытия.

Таблица 1 – Составы вяжущих и прочность при сжатии

Состав вяжущего, %			Общее давление прессования, т	Прочность при сжатии, кг/см ²
Группа	СаО	гранитный отсев		
I	6	94	5	100
	6	94	10	160
	6	94	15	200
	6	94	20	240
	6	94	25	270
	6	94	30	320
II	8	92	5	200
	8	92	10	270
	8	92	15	400
	8	92	20	500
	8	92	25	520
	8	92	30	530
III	10	90	5	185
	10	90	10	260
	10	90	15	390
	10	90	20	415
	10	90	25	445
	10	90	30	460

Литература

1. Амелина, Е. А. Изучение некоторых закономерностей формирования контактов в пористых дисперсных структурах / Амелина Е. А., Щукин Е. Д. // Коллоидный журнал. 1970. Т. 32 , № 6 – С. 795-799.

УДК 691.34

ПОЛИМЕРБЕТОН: ТЕХНОЛОГИЯ, СВОЙСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Новик Т.В., студент

Научные руководители Евсеева Е.А., Кречко Н.А.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Дана оценка преимуществ полимербетонов относительно обычных бетонов по прочностным характеристикам, химической устойчивости, времени твердения. Указаны возможности утилизации фосфогипса и полимерных отходов в полимербетоны.

Ключевые слова: полимербетон, время твердения, прочность

Полимербетон (или полимерный бетон) — это современный многокомпонентный материал, сочетающий минеральные заполнители (песок, щебень) и полимерное связующее на основе синтетических смол (эпоксидных, полиэфирных, акриловых) вместо традиционного цемента. Его главные преимущества — повышенная прочность, химическая стойкость и быстрое отверждение. Благодаря этим свойствам он нашел применение в строительстве, химической промышленности и производстве декоративных элементов, особенно в условиях, где обычный бетон не справляется [1]. История материала началась в середине XX века, когда ученые начали экспериментировать с заменой цемента синтетическими смолами. Сегодня полимербетон состоит из трех основных компонентов: полимерного связующего (10–20% массы), минеральных заполнителей (75–85%) и модифицирующих добавок (2–5%). Отверждение происходит за счет полимеризации смол, что сокращает время готовности до 6–24 часов, как указано в ГОСТ Р 25246-2021 [1].

Современная промышленность использует несколько видов полимербетона. Эпоксидный вариант, отличается прочностью до 150 МПа и устойчивостью к агрессивным средам — его применяли для укрепления опор моста в Санкт-Петербурге. Полиэфирный полимербетон ценится за быстрое отверждение (4–6 часов), но имеет склонность к выцветанию под УФ-излучением. Фурановый тип выдерживает температуры до 200°C и используется в химической промышленности. Также выделяют биополимербетон на основе лигнина — экологичный аналог, снижающий углеродный след на 40%.

Технология производства состоит из несколько этапов: сушку заполнителей при 100–120°C, смешивание смол с отвердителями, добавление заполнителей, формование и уплотнение (вибрация или вакуумирование). Отверждение занимает 12–24 часа при комнатной температуре или ускоряется до 2–4 часов при нагреве до 60–80°C. Пористость материала не превышает 1%,

что дает высокую плотность [2]. По сравнению с обычным бетоном полимербетон демонстрирует превосходство в прочности на сжатие (150 МПа против 20–50 МПа), водопоглощении (0,5% против 4–6%) и скорость отверждения (сутки против 28 суток). Полимербетон устойчив к кислотам, но имеет недостатки — высокую стоимость (до \$1200/м³) и ограниченную термостойкость (разложение смол начинается при +150°С) [1]. Часть цемента можно заменить фосфогипсом, в том числе отходом. Потенциал роста связан с преодолением этих ограничений. Ученые добавляют до 15% пластиковых отходов (ПЭТ), что снижает затраты в процессе производства и решает проблему утилизации мусора. Нанотехнологии позволяют повысить прочность до 200 МПа благодаря внедрению наночастиц диоксида кремния. К тому же разрабатываются «умные» полимербетоны со встроенными сенсорами для мониторинга деформаций в реальном времени, как в проекте МГСУ [3, 4].

На данный момент материал применяют в аэрокосмической отрасли (легкие панели спутников), медицине (протезы) и энергетике (антикоррозионные покрытия). Прогнозируется, что к 2030 году мировой рынок полимербетона достигнет \$7 млрд. Дальнейшее развитие направлено на повышение экологичности, качества и доступности, что делает его символом технологического прогресса в строительстве и в промышленности.

Литература

1. ГОСТ Р 25246-2021 «Бетоны полимерные. Технические условия».
2. Иванов А.А., Петров С.И. Исследование свойств биополимербетона на основе лигнина // Строительные материалы. 2023. № 5. – С. 34-39.
3. Козлов В.М. Рециклинг полимерных отходов в производстве строительных материалов // Экология и промышленность России. 2023. № 8. – С. 12-17.
4. Сидорова Е.В. Применение наночастиц в композиционных материалах // Композиты в строительстве. 2022. № 3. – С. 45-50.

УДК 528.8++502.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ

Новикова И. Д., студент

Научный руководитель Морзак Г.И.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Леса занимают около 30% поверхности Земли и выполняют основную функцию в создании экологического баланса. Они обеспечивают среду обитания для множества видов, регулируют климат и выполняют множество других функций. Однако лесные экосистемы сталкиваются с различными угрозами, такими как вырубка, изменение

климата, болезни и загрязнение. Статья посвящена применению технологий дистанционного зондирования для мониторинга состояния лесных экосистем. Рассматриваются методы, примеры и результаты анализа, а также факторы деградации лесов и их влияние на экологическую ситуацию.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, лесные экосистемы, спутниковые технологии, мониторинг, устойчивое управление, биомасса, изменения климата.

Важным инструментом для мониторинга состояния лесов являются технологии дистанционного зондирования, которые позволяют получать информацию о состоянии лесов на больших территориях с высокой точностью и оперативностью. Дистанционное зондирование (ДЗ) относится к основному методу сбора информации о состоянии земной поверхности и атмосферы с использованием различных технологий. Данный метод обращения с информацией базируется на применении спутниковых технологий, технологий беспилотных летательных аппаратов и технологий воздушных систем [1]. Основным механизмом процесса ДЗ заключается в регистрации электромагнитного излучения, отраженного от объектов, без необходимости непосредственного контакта с ними. ДЗ широко применяется в различных областях, включая экологию, сельское хозяйство, градостроительство, мониторинг природных ресурсов и другие [1]. Основные технологии и методы ДЗ представлены на рисунке 1.

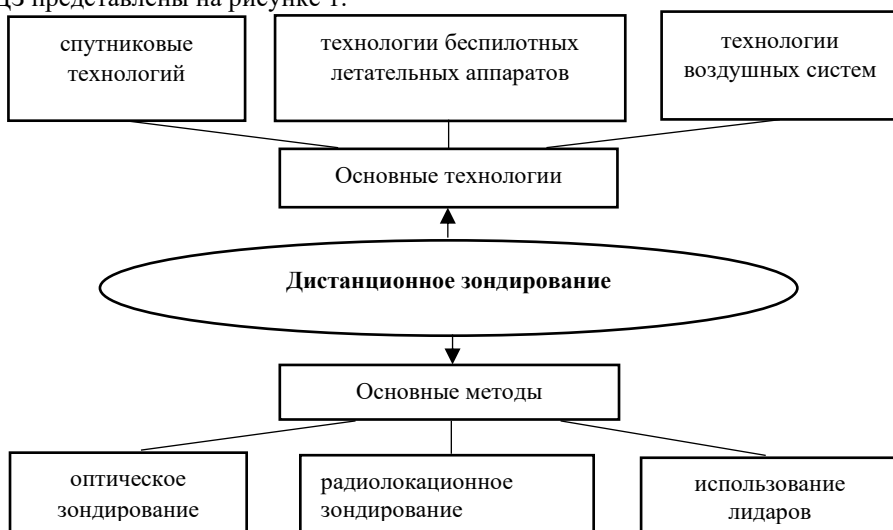


Рисунок 1-Основные технологии и методы ДЗ

Оптическое зондирование используется для получения изображений в видимом и инфракрасном диапазонах. Спутники, такие как Landsat и Sentinel-2, обеспечивают высокое разрешение и возможность анализа изменений в растительности. Радиолокационные технологии позволяют получать данные в любых погодных условиях и в любое время суток. Например, спутники Sentinel-1 используют синтетическую апертурную радарную (SAR) технологию для мониторинга изменений в лесных экосистемах. Лидарные технологические методы используют лазеры для измерения высоты растительности и создания трехмерных моделей лесных массивов. Это позволяет оценить структуру леса и выявить изменения в его состоянии. Одним из ключевых аспектов мониторинга лесов является оценка их биомассы [2]. Спутниковые технологии позволяют определять плотность древесной растительности и объем углерода, содержащегося в лесах. Пример, исследование лесных массивов Сибири, проведенное с использованием данных спутника Landsat, показало, что можно точно оценить биомассу еловых и сосновых лесов. Это позволяет не только оценивать запасы углерода, но и планировать стратегии по их охране.

Спутники Landsat — это серия американских спутников дистанционного зондирования Земли, запущенных NASA и USGS (Геологической службой США) с 1972 года. Они предназначены для мониторинга и исследования земной поверхности, включая леса, сельское хозяйство, водные ресурсы и городские территории. На рисунке 2 показаны основные направления использования ДЗ для мониторинга лесов.

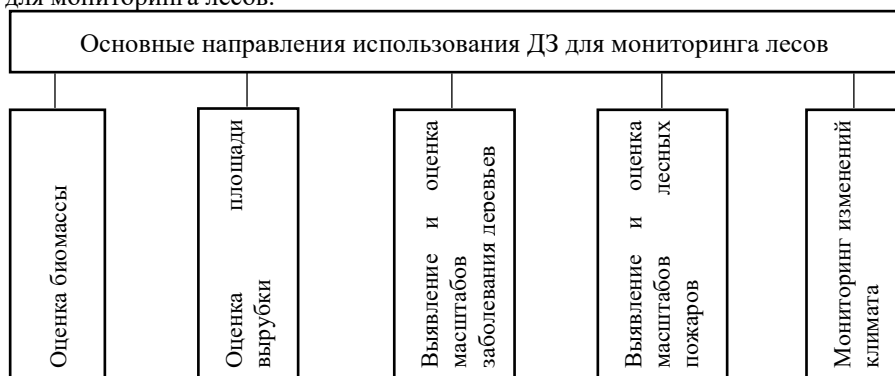


Рисунок 2-Основные направления использования ДЗ для мониторинга лесов

Спутниковые снимки могут использоваться для выявления различных факторов деградации лесов. Так, спутниковые изображения позволяют отслеживать изменения в площади лесных массивов. Например, в Бразилии с помощью данных MODIS были зафиксированы значительные потери тропических лесов в результате незаконной вырубки.

Использование лидарных технологий нашло широкое применение для выявления заболеваний деревьев по изменению их структуры и высоты. В частности, в США с помощью ДЗ была выявлена эпидемия короеда-типографа в хвойных лесах. Спутники могут фиксировать очаги пожаров и их распространение. Например, данные Sentinel-2 используются для мониторинга последствий лесных пожаров в Австралии. Изменения климата негативно сказывается на состоянии всех экосистем лесов. Спутниковые данные помогают отслеживать все изменения климатических факторов, прежде всего влияющих на здоровье лесов, таких как температурный режим, объемы осадков и другие.

Примерами широкомасштабного и результативного применения ДЗ являются [3]:

- Проект Global Forest Watch. Global Forest Watch (GFW) — это инициатива, использующая данные дистанционного зондирования для мониторинга состояния лесов по всему миру. Проект предоставляет открытые данные о вырубке лесов, изменениях в покрытии и состоянии экосистем. Так, в Греции с помощью GFW был проведен анализ вырубки лесов после лесных пожаров 2021 года. Данные показали значительные потери лесного покрова, что позволило разработать меры по восстановлению экосистемы.

- Программа FOREST EUROPE. FOREST EUROPE — это программа мониторинга состояния лесов в Европе, которая включает использование спутниковых технологий для оценки здоровья лесных экосистем.

Беларусь разрабатывает и внедряет национальные стратегии, которые соответствуют принципам FOREST EUROPE. Это направление ДЗ базируется на создании нормативной правовой базы для управления лесами, охраны биоразнообразия и устойчивого использования лесных ресурсов. Такие меры направлены на то, чтобы обеспечить устойчивое управление лесами в стране и соответствовать европейским стандартам и рекомендациям, установленным FOREST EUROPE.

Несмотря на значительные достижения в области ДЗ, существуют определенные проблемы и угрозы, которые необходимо учитывать [4]. Во-первых, качество получаемых данных может быть низким или неполным, что приводит к неверным выводам и снижает надежность анализа. Во-вторых, технические ограничения затрудняют доступ к современным спутниковым технологиям в некоторых регионах, что усложняет получение актуальной информации. Наконец, интерпретация данных требует наличия квалифицированных специалистов, способных правильно анализировать и толковать полученные результаты, что также представляет собой значительную проблему для эффективного использования результатов ДЗ.

Технологии ДЗ предлагают значительные преимущества для оценки состояния лесов, включая возможность получения обширных и детализированных данных о лесных экосистемах на больших территориях, что

невозможно осуществить с помощью традиционных методов [5, 6]. Эти технологии позволяют мониторить изменения в лесном покрове, выявлять зоны вырубки, деградации и восстановления лесов, а также оценивать биомассу и здоровье деревьев. Кроме того, ДЗ обеспечивает регулярное обновление данных, что позволяет отслеживать динамику изменений во времени и быстро реагировать на экологические угрозы. Использование спутниковых изображений и беспилотных летательных аппаратов способствует повышению точности и эффективности лесного мониторинга, что в свою очередь поддерживает устойчивое управление лесными ресурсами и охрану окружающей среды.

Литература:

1. Шумилова Т.И., Кузнецов А.В. Дистанционное зондирование как инструмент мониторинга состояния лесов // Экология и природопользование. – 2020. – № 3(1). – С. 45-52.
2. Иванова Н.П., Петрова Е.С. Использование спутниковых технологий для оценки биомассы лесов // Лесное хозяйство. – 2019. – № 12(4). – С. 16-22.
3. Сергеева Л.А., Николаев И.Ю. Применение лидарных технологий в экологии: примеры из практики // Научный журнал. – 2021. – № 5(2). – С. 78-85.
4. Коваленко В.А., Рябова М.С. Мониторинг состояния лесных экосистем с помощью дистанционного зондирования: вызовы и перспективы // Современная экология. – 2022. – № 10(3). – С. 34-40.
5. Федоров С.И., Григорьев А.Н. Спутниковые технологии в охране окружающей среды: опыт и достижения // Экологическая безопасность. – 2023. – № 8(1). – С. 12-19.
6. Петрова А.В., Смирнов И.Г., Михайлова Л.Н., Лебедев А.А., Громова Е.В. Дистанционное зондирование: современные подходы к мониторингу состояния лесов // Лесоведение и охрана природы. – 2020. – Т. 15, № 4(56). – С. 23-30.

УДК504.054

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА НА КОМПОНЕНТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Осмоловская В.А., студент

Научный руководитель Скуратович И. В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В работе рассмотрено воздействие на атмосферный воздух, сточные воды и образование отходов на ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский», который специализируется на изготовлении продукции из мяса птицы.

Ключевые слова: воздействие, выбросы, сточные воды, отходы.

Птицеводство – эффективная сфера агропромышленного комплекса, включающая выращивание птицы, получение мяса и яиц, а также второстепенных продуктов этой деятельности (перья, пуховые материалы, кости, помет). В настоящее время в Республике Беларусь наблюдается рост промышленного птицеводства. Однако предприятия отрасли оказывают значительное воздействие на компоненты окружающей среды.

В нашей работе мы изучили воздействие ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский» на окружающую среду.

Выбросы в атмосферу с объектов птицеводства включают в себя следующие загрязняющие вещества: аммиак; метан, закись азота, сероводород, метиламин, фенол, метанол, пропионовый альдегид; капроновая кислота, диметилсульфид, этилформиат, пыль меховая, микроорганизмы.

На рисунке 1 приведены годовые выбросы загрязняющих веществ предприятия за 2022-2024 годы.

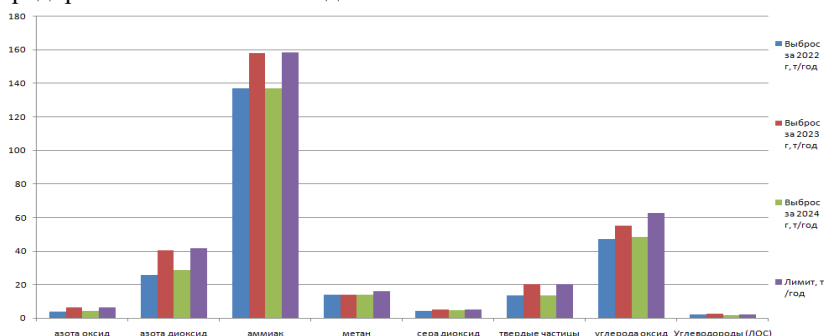


Рисунок 1 –Выбросы загрязняющих веществ ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский» за 2022-2024 годы

Как видно из диаграммы, наибольшее количество выбросов предприятия составляет аммиак, а превышение установленного лимита наблюдается в 2023 году полетучим органическим соединениям.

Всего на предприятии находится 1024 источника выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. 1011 – действующих организованных источников (трубы вентиляционных установок, выбросы вентиляторов трубы и дефлекторы естественной вентиляции, дымовые трубы парогенераторов), из них оснащено газоочистными установками 9 и 13 – неорганизованные источники.

На предприятии образуются жидкие отходы от различных источников, включая стоки из помещений для содержания птицы, в частности, в результате их кормления и поения, а также из сооружений по хранению и удалению отходов. Мероприятия по обращению с отходами, такие как внесение навоза в почву, могут создавать источники сбросов в водные объекты с загрязнённых

площадей. Оба вида жидких отходов являются потенциальными загрязнителями поверхностных водоемов и подземных вод биогенными веществами, аммиаком, отложениями, пестицидами, патогенными микроорганизмами и кормовыми добавками, такими как гормоны и антибиотики, а также тяжелыми металлами.

На сегодняшний день хозяйственно-бытовые стоки предприятия совместно с производственными стоками поступают в городскую самотечную сеть канализации г. Фаниполь, а далее перекачиваются на городские очистные сооружения.

На рисунке 3 представлены диаграммы сравнения содержания загрязняющих веществ в сточных водах ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский» с ПДК.

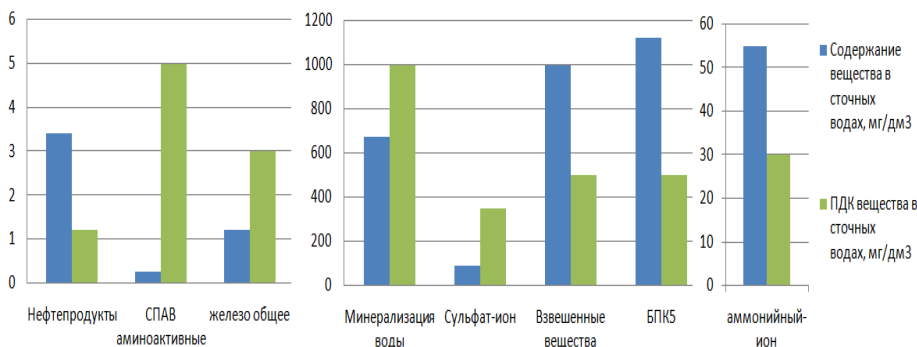


Рисунок 3–Содержание загрязняющих веществ в сточных водах

Как видно из рисунка 3, наблюдается превышение ПДК у следующих показателей: нефтепродукты, взвешенные вещества, аммонийный-ион и БПК5.

Основным видом отходов птицефабрик является птичий помет, класс опасности отхода 3 и 4. Корм может превращаться в непригодные для использования отходы, если будет просыпан при хранении, погрузке и разгрузке либо при кормлении птицы. В процессе производства продуктов птицеводства образуется значительное количество отходов животного происхождения, в основном помета, включающих также другие субстанции, такие как материал подстилки. Кроме этого, образуются медицинские отходы в ходе работы ветеринарной службы, отходы упаковки, отходы опилок от копчения мясных изделий.

Помимо отходов основного производства, на агрокомбинате образуются отходы вспомогательных производств (строительный цех, ремонтно-механический участок, лаборатории, транспортный участок, медпункт, центр питания персонала, канцелярская деятельность и делопроизводство, работа и обслуживание очистных сооружений)

На рисунке 4 представлена диаграмма процентного соотношения отходов за 2022-2024 годы по классам опасности.

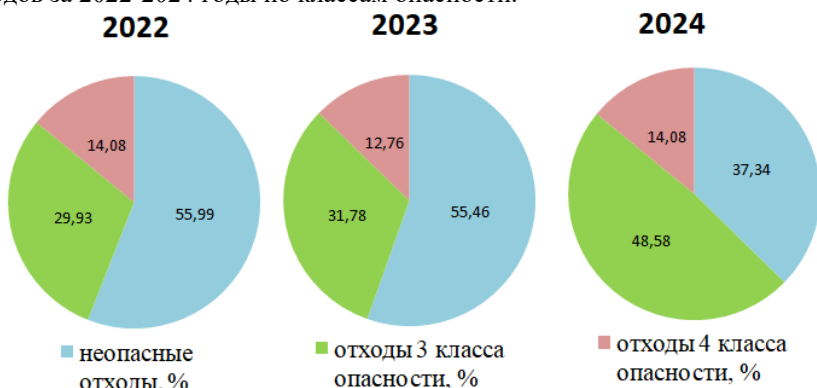


Рисунок 4 – Распределение отходов за 2022-2024 годы по классам опасности

Как видно из диаграммы, неопасные отходы составляют большую часть от общего количества, а на отходы четвертого класса опасности приходится в среднем 14%.

Таким образом проведенный анализ показывает, что наиболее существенное воздействие на окружающую среду оказывают сточные воды предприятия. Показатели стоков птицефабрики не соответствуют требованиям приема в систему коммунальной канализации и, соответственно не могут быть достаточно очищены на городских очистных сооружениях.

Предлагаемое технологическое решение: размещение очистных сооружений хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод ОАО «Агрокомбинат Дзержинский» на территории предприятия. Решение предполагает устройство станции полной биологической очистки сточных вод с выпуском очищенных вод в мелиоративный канал с механическим обезвоживанием избыточного активного ила на фильтр-прессах и резервных иловых площадках.

Литература:

1. Официальный сайт ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский» [электронный ресурс]. URL: <https://akd.by/> (Дата обращения 01.04.2025)
2. Экологический паспорт предприятия ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский». – Фаниполь, 2019. – 42 с.
3. Об установлении перечня загрязняющих веществ и их предельно допустимые концентрации в сточных водах: решение Дзержинского районного исполнительного комитета от 24 февраля 2020г. №411 –Дзержинск.

УДК 628.5+502.3:502.175(476.6-21)

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ НА КАЧЕСТВО ВОЗДУХА В ГОРОДЕ ЛИДА

Перковский М. А., Жук А. А., студенты
Научный руководитель Веремейчик Л.А.
Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной работе изучены источники загрязнения воздуха в городе Лида, а также предложены пути решения проблем качества воздуха.

Ключевые слова: анализ, выбросы, качество воздуха.

Город Лида является одним из крупных промышленных центров Гродненской области Республики Беларусь. Здесь расположены предприятия разных отраслей промышленности, таких как пищевая, машиностроительная, химическая и другие. Однако промышленная деятельность приводит к выбросам загрязняющих веществ в атмосферу, что сказывается на качестве воздуха.

В городе выбросы загрязняющих веществ происходят преимущественно от работы крупных предприятий. Основными источниками загрязнения воздуха являются выбросы заводов «Лакокраска», «Липласт», литейно-механического, предприятий теплоэнергетики. Вредные вещества, выбрасываемые этими предприятиями, включают диоксид азота (NO_2), диоксид углерода (CO_2), угарный газ (CO), твердые частицы (недифференцированная пыль/аэрозоль) и летучие органические соединения (ЛОС).

Для сравнения концентрации вредных веществ был выбран период с 2019 по 2023 год. Мониторинг атмосферного воздуха проводился на двух пунктах наблюдений, находящихся по адресу ул. Качана 31 и ул. Чапаева 19, с дискретным режимом отбора [1, 2].

В 2019 году при сравнении концентраций основных загрязняющих веществ в 70 % из проанализированных проб уровень твердых частиц (недифференцированная пыль/аэрозоль) находился в пределах 0,1-0,5 ПДК. Лишь 15 июня в районе улицы Чапаева были зафиксированы незначительные превышения норматива качества по твердым частицам, составившие 1,1 раза. Уровень загрязнения угарным газом и диоксидом азота оставался низким, при этом максимальные концентрации этих веществ составляли 0,2 ПДК. Сезонные колебания в концентрациях основных загрязняющих веществ оказались минимальными.

Что касается специфических загрязняющих веществ, уровень формальдегида в воздухе был достаточно низким, с максимальными разовыми концентрациями на уровне 0,7 ПДК. По содержанию тяжелых металлов

(свинца, кадмия) и бензапирена было установлено, что их концентрации в воздухе находились ниже пределов обнаружения [1].

В 2023 году в 72 % проанализированных проб уровень твердых частиц (недифференцированная пыль/аэрозоль) оказался ниже 0,5 ПДК. Максимальные значения разовых концентраций твердых частиц составили 0,9 ПДК, для диоксида азота - 0,3 ПДК, а для угарного газа - 0,1 ПДК. На протяжении года наивысший уровень содержания твердых частиц отмечался в августе, а диоксида азота — в период с мая по июнь. Колебания концентрации угарного газа были незначительными.

Что касается специфических загрязняющих веществ, превышения ПДК по формальдегиду не зафиксированы, при этом максимальные разовые концентрации составили 0,8 ПДК [2].

За пятилетний период наблюдений была замечена устойчивая тенденция к снижению уровня загрязнения воздуха угарным газом. В 2023 году содержание угарного газа уменьшилось на 53 % по сравнению с 2019 годом. Динамика изменения концентрации диоксида азота в воздухе в 2019-2022 годах оставалась относительно стабильной, однако в 2023 году отмечался рост его уровня загрязнения на 50 % по сравнению с 2019 годом. Сравнительно с 2019 годом, содержание диоксида азота в воздухе увеличилось в 1,6 раза. Уровень твердых частиц (недифференцированная пыль/аэрозоль) в 2019-2020 годах был значительно выше, чем в 2021-2023 годах. В 2023 году содержание твердых частиц в воздухе снизилось на 43 % по сравнению с 2019 годом.

Исходя из того, как менялась концентрация вредных веществ, можно сказать что изменения в худшую сторону наблюдаются лишь с диоксидом азота (NO_2) и диоксидом углерода (CO_2). Тем не менее ни в одном из случаев концентрация этих веществ не превысило ПДК. Однако, хоть уровень концентрации твердых частиц и не превышает ПДК, в 2023 году он оказался достаточно близок к этому пределу.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу могут оказывать негативное влияние на здоровье людей. Загрязнение воздуха в Лиде способствует увеличению заболеваний дыхательной системы, таких как бронхиты, астма и другие хронические болезни легких. Вредные вещества, такие как оксиды азота (NO_2), могут вызывать воспалительные процессы в дыхательных путях, а твердые частицы (недифференцированная пыль/аэрозоль) — серьезно ухудшать работу легких и сердечно-сосудистой системы.

Для улучшения качества воздуха необходимо принять комплексные меры. Важно модернизировать промышленное оборудование, устанавливая системы очистки воздуха на предприятиях, таких как фильтры для снижения выбросов диоксида азота и твердых частиц. Также стоит переходить на более экологичные источники энергии, такие как солнечные и ветровые установки, и повышать эффективность сжигания топлива на предприятиях и в системе

отопления. Выбросы твердых частиц можно снизить путем установки пылеулавливающих установок, улучшения технологий производства и регулярной уборки улиц. Важным шагом является развитие зеленых зон в городе для естественной очистки воздуха. Также необходимо создавать системы мониторинга качества воздуха и информировать население о вреде загрязнений. В целом, необходимо улучшать инфраструктуру, развивать альтернативные виды транспорта и создавать условия для снижения выбросов, чтобы минимизировать их влияние на здоровье людей.

Литература:

1. Мониторинг атмосферного воздуха 2019. – С. 21 [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.nsmos.by/sites/default/files/2023-08/4%20AIR%20Monitoring%202019.pdf> (дата обращения 24.03.2025).
2. Мониторинг атмосферного воздуха 2023. – С. 26 [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.nsmos.by/sites/default/files/2024-06/4-monitoring-atmosfernogo-vozdukha.pdf> (дата обращения 24.03.2025).

УДК 621.355.5

РАСЧЕТ ПРИЗЕМНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ КОМПОНЕНТОВ ВЫБРОСОВ, ПОСТУПАЮЩИХ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ОТ АВТОТРАНСПОРТА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ Г.КАЗАНИ

Петрова К.И., бакалавр

Научный руководитель Тунакова Ю.А.

*Казанский национально исследовательский технический университет им.
А.Н.Туполева , Российская Федерация, Республика Татарстан*

В настоящей статье приведены результаты расчета уровней загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта для участка улично-дорожной сети в центральной части г.Казань. Проведены расчеты ожидаемых максимальных разовых концентраций на прилегающих к автодороге территориях.

Ключевые слова: автотранспорт, выбросы в атмосферу, загрязняющие вещества, , максимальная разовая концентрация.

Введение. Загрязнение атмосферного воздуха остается основной проблемой Республики Татарстан и ее столицы, г.Казани. Постоянный рост количества автотранспорта в сочетании с ростом количества предприятий, приводят к росту техногенного воздействия на окружающую среду. Рост количества автомобилей способствует увеличению концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферного воздуха. Аккумуляция компонентов автотранспортных выбросов возникает на перекрестках, т.к. именно в этих

местах наблюдается массовое количество разгонов и торможений, при которых происходит максимальный выброс газовых примесей и твердых частиц [1-2].

Методы исследования. Информационной основой для разработки и оценки эффективности природоохранных решений в сфере автотранспорта в части снижения выбросов в атмосферный воздух является расчетный мониторинг загрязнения атмосферного воздуха.

В рамках настоящего исследования была поставлена задача определения уровня загрязнения воздуха выбросами автотранспорта, участвующего в дорожном движении на участке улиц Право-Булачная и Лево-Булачная в г. Казань.

Для определения количества выбросов вредных веществ, поступающих на том или ином участке улично-дорожной сети с выхлопами автотранспорта, используется «Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха» [3], разработанная для выполнения инвентаризации выбросов при проведении сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха. Согласно данной методике, определение выбросов основывается на данных наблюдений за интенсивностью движения автотранспорта (количеством проездов за установленный временной промежуток в 20 мин) с выделением 5 отдельных категорий: легковые автомобили, автофургоны и микроавтобусы массой до 3,5 т, грузовые автомобили от 3,5 до 12 т, грузовые автомобили свыше 12 т, автобусы более 3,5 т.

Для определения максимальных разовых концентраций вредных веществ наблюдения проводятся в периоды максимальной транспортной нагрузки.

Следующим этапом, на основе полученных данных наблюдений, с учетом представленных в методике пробеговых выбросов (удельных значений выбросов загрязняющих веществ на единицу длины автодороги для каждой категории транспорта) и протяженности исследуемого участка пути, проводится расчет количества выбрасываемых загрязняющих веществ.

Методика позволяет рассчитывать выбросы для следующих вредных веществ (групп веществ): углерода оксид (CO), азота оксид (NO), азота диоксид (NO₂), взвешенные мелкодисперсные частицы PM_{2,5}, бензин, керосин, серы диоксид (SO₂), формальдегид (CH₂O), бензапирен (C₂₀H₁₂, установлены только среднегодовые ПДК), метан (CH₄).

Дальнейшим этапом является проведение расчета рассеивания загрязняющих атмосферный воздух веществ, который позволяет собственно установить ожидаемые концентрации вредных веществ, формируемых на прилегающих к автодороге территориях выбросами автотранспорта.

Расчеты рассеивания проводились с использованием программного обеспечения УПРЗА «Эколог» (4.70). Программа реализует методику расчета рассеивания загрязняющих веществ [4]. Расчеты выполнялись с полным перебором метеорологических условий в пределах климатической характеристики г. Казань для определения максимальных разовых

концентраций. Таким образом, дальнейшие результаты детализированы для веществ, имеющих установленные максимальные разовые предельно допустимые концентрации [5].

После изучения расположения исследуемого участка дороги и находящейся под его влиянием городской застройки, были определены параметры расчетной сетки для проведения расчетов распределения концентраций (полей концентраций). Расчеты проводились для прямоугольника 1500 * 50 м. Шаг расчетной сетки выбран равным 20 м. Также были определены характерные точки размещения ближайших к проезжей части строений. Расчеты проводились с детализацией максимальных концентраций в точках, указанных в табл. 1.

Таблица 1 – Расчетные точки для детализации максимальных разовых концентраций

Код	Координаты в системе координат МСК-16 (зона 2), м		Высота расчета, м	Комментарий
	X	Y		
1	1304664,50	476339,50	2	Многokвартирный жилой дом, ул. Право-Булачная,7
2	1304685,50	476295,00	2	Многokвартирный жилой дом, ул. Право-Булачная,9
4	1304766,00	476157,50	2	Многokвартирный жилой дом, ул. Право-Булачная,19
5	1305011,00	475816,00	2	Многokвартирный жилой дом, ул. Право-Булачная,37
6	1305116,00	475696,00	2	Многokвартирный жилой дом, ул. Право-Булачная,41
7	1305251,00	475550,00	2	Многokвартирный жилой дом, ул. Право-Булачная,47
8	1304627,50	476210,00	2	Многokвартирный жилой дом, ул. Лево-Булачная, 16
9	1304883,50	475841,00	2	Многokвартирный жилой дом, ул. Лево-Булачная, 36
10	1304974,00	475732,50	2	Многokвартирный жилой дом, ул. Лево-Булачная, 42
11	1305080,50	475606,50	2	Многokвартирный жилой дом, ул. Лево-Булачная, 46
12	1305205,00	475453,50	2	Многokвартирный жилой дом, ул. Лево-Булачная, 50а

13	1305295,50	475348,50	2	Многоквартирный жилой дом, ул. Лево-Булачная, 56
----	------------	-----------	---	---

Полученное в результате расчетов распределение концентраций вредных веществ в выбранных расчетных точках указано в табл. 2. Для оценки степени негативного воздействия полученных абсолютных концентраций вредных веществ использовались установленные максимальные разовые предельно допустимые концентрации.

Таблица 2 – Распределение концентраций вредных веществ в выбранных расчетных точках

Код вещества	Наименование вещества	Распределение концентраций, доли ПДК	Распределение концентраций, мг/м ³
0010	Взвешенные частицы PM _{2,5}	0,015-0,04	0,002-0,007
0301	Азота диоксид (Двуокись азота; пероксид азота)	0,29-0,96	0,057-0,190
0304	Азот (II) оксид (Азот монооксид)	0,02-0,08	0,031-0,009
0330	Сера диоксид	Менее 0,01	0,001-0,004
0337	Углерода оксид	0,04-0,13	0,194-0,654
0410	Метан	Менее 0,01	0,008-0,026
1325	Формальдегид (Муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид)	0,006-0,02	Менее 0,001
2704	Бензин (нефтяной, малосернистый) (в пересчете на углерод)	0,01-0,05	0,05-0,17
2732	Керосин (Керосин прямой перегонки; керосин дезодорированный)	0,003-0,01	0,003-0,009
6204	Азота диоксид, серы диоксид	0,2-0,6	-

Как можно видеть из табл. 2, ожидаемые максимальные разовые концентрации для мелкодисперсных частиц PM_{2,5}, бензина, азот оксида, керосина, серы диоксида, формальдегида и метана не превышают 0,1 ПДК, т.е. 10% от предельно безопасных значений.

Для группы 6204 из двух веществ (азота диоксид, серы диоксид) с суммацией вредного воздействия приведенные концентрации составляют значения до 0,6004 ПДК.

Максимальные из полученных значения наблюдаются для диоксида азота. По данному веществу приземные концентрации в часы наиболее интенсивного движения транспорта и неблагоприятных для рассеивания метеорологических условий могут достигать 0,95 ПДК.

Полученные поля приземных концентраций для диоксида азота и суммы 6204 представлены на рис.1, 2.

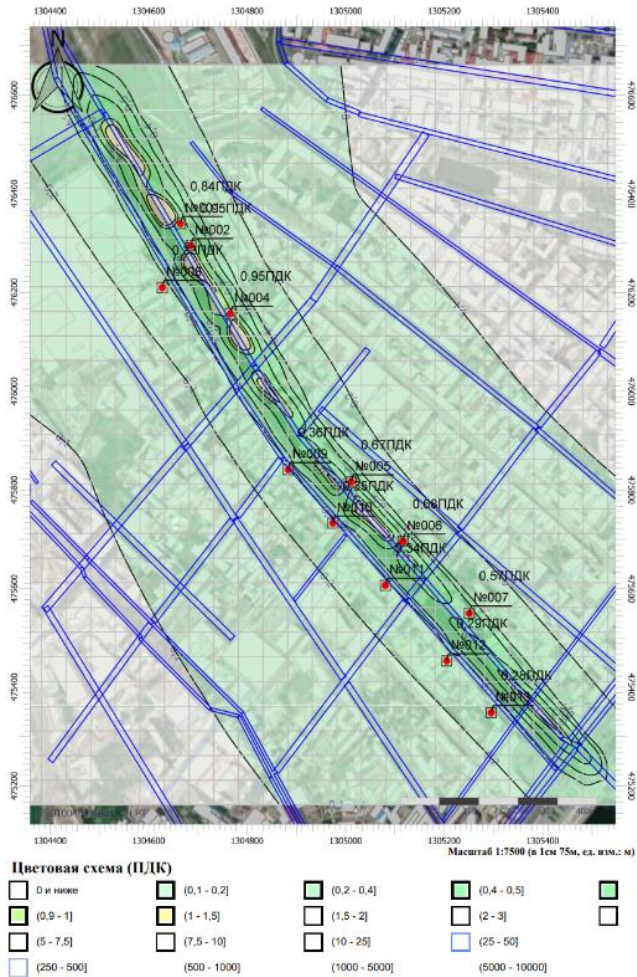


Рисунок 1 – Поля максимальных концентраций диоксида азота

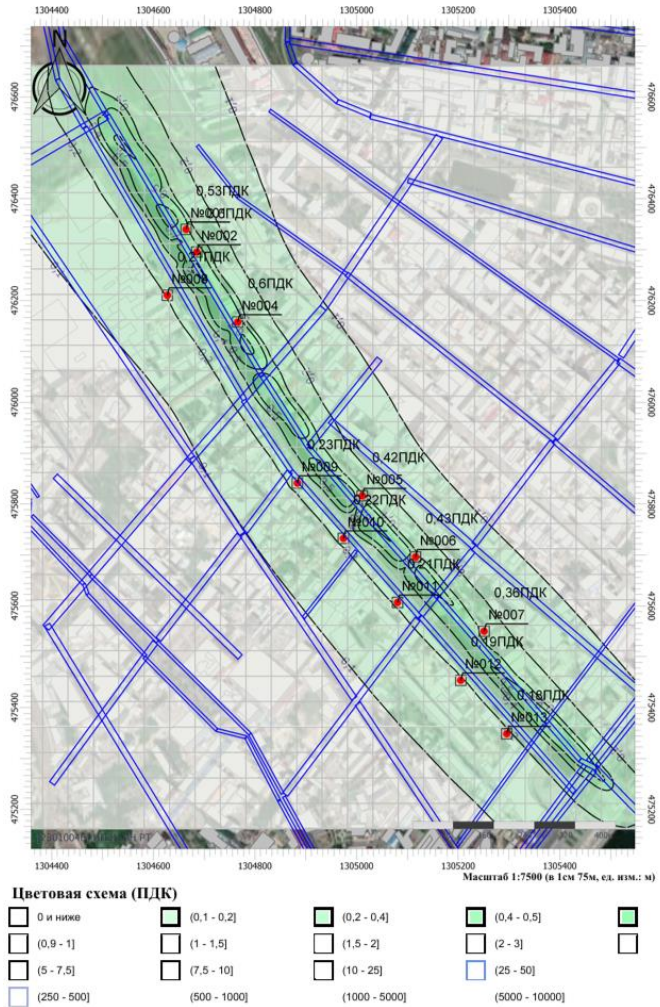


Рисунок 2 – Поля максимальных концентраций суммы 6204

Таким образом, в зависимости от интенсивности движения транспорта на участках улично-дорожной сети и сложившейся застройки на прилегающих к автодорогам территориях, при неблагоприятных условиях автотранспорт может формировать высокие концентрации вредных веществ. Следовательно, загрязнение городского воздуха выбросами автотранспорта на наиболее напряженных участках должно подлежать систематическому контролю.

Выводы. Исследование подтвердило, что автотранспорт на исследуемых улицах Казани создаёт значительную нагрузку на атмосферу, особенно по диоксиду азота. Хотя большинство загрязнителей не превышают ПДК, близость к предельным значениям NO₂ требует принятия превентивных воздухоохраных мер.

Литература:

1. Шагидуллин А.Р., Тунакова Ю.А., Шагидуллин Р.Р., Кузнецова О.Н. Оценка уровня загрязнения воздушного бассейна г.Казани выбросами стационарных и передвижных источников загрязнения (Сообщение 1) // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 8. С. 231-233.

2. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Новикова С.В., Шмакова Ю.А. Оценка вероятности превышения приземных концентраций примесей в зонах действия полимерных производств (на примере г. Нижнекамска) Сообщение 1// Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 16. С. 111-114.

3. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха (утверждена приказом Минприроды России от 27 ноября 2019 года № 804)

4. Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе (утверждены приказом Минприроды России от 06.06.2017 № 273)

5. Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 №2).

УДК 504.05:66.092-977

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОЦЕССА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ОТХОДОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Пилипенко А. Ю. студент

Научный руководитель Цыганова А.А.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В статье проанализированы источники выбросов на промышленной площадке по использованию отходов, включая установку модуля пиролиза и процессы утилизации отходов. Предложены методы минимизации негативного воздействия на атмосферу ,а

также оптимизация системы обращения с отходами в соответствии с природоохранным законодательством.

Ключевые слова: пиролиз, выбросы, утилизация отходов, экологические мероприятия, производственные отходы, технологии.

Оценка воздействия на окружающую среду процесса использования и обезвреживания отходов проводится на основе рассмотрения установки модуля пиролиза «Фортан».

Модуль пиролиза «Фортан» (рисунок 1) с ретортами 4,0 м³, выполненными из жаропрочной нержавеющей стали, оснащён автоматикой работы и контроля параметров оборудования, а также системами активной и пассивной безопасности. Данное оборудование представляет собой функциональную установку для утилизации отходов методом низкотемпературного пиролиза. Модуль работает в температурном режиме от 200 до 550 °С, и предназначен для утилизации широкого спектра отходов (более 1000 видов), среди которых различные виды пластика, материалы на основе битума, автомобильные шины, мазутные фракции, нефтешламы и т.д.

Установка оснащена жидкотопливной и газовой горелками, работающими на производимом во время пиролиза топливе и газе, что позволяет минимизировать затраты на эксплуатацию при осуществлении технологического процесса.

Производительность модуля зависит от вида сжигаемых отходов и выбранного температурного режима, и в сутки при работе в две смены по 12 часов составляет 7 – 14 м³.

Завершение процесса пиролиза определяется уменьшением потока газа. Для получения высококачественного полукокса процесс длится до прекращения выделения газа («прокалка»). В конце процесса примерно на 30 минут прекращают наддув и подачу газа с целью несколько снизить температуру реторты и футеровки печи перед извлечением реторты. [1]

В процессе эксплуатации данной пиролизной установки основными воздействиями на окружающую среду являются выбросы в атмосферный воздух.

Процесс утилизации отходов методом низкотемпературного пиролиза проводится циклами. В среднем один цикл длится в среднем 10 – 12 часов. Работа установки предусматривается круглосуточно, т.е. за сутки может быть проведено в среднем 2 цикла. Каждый цикл включает в себя процесс разогрева печи установки и непосредственно процесс пиролиза:

– разогрев печи установки «Фортан» с помощью жидкотопливной горелки «ОйлТерм УГМ» модель 100 (мощность 150 кВт, расход топлива 15 л/час) – работа на пиролизном жидком топливе;

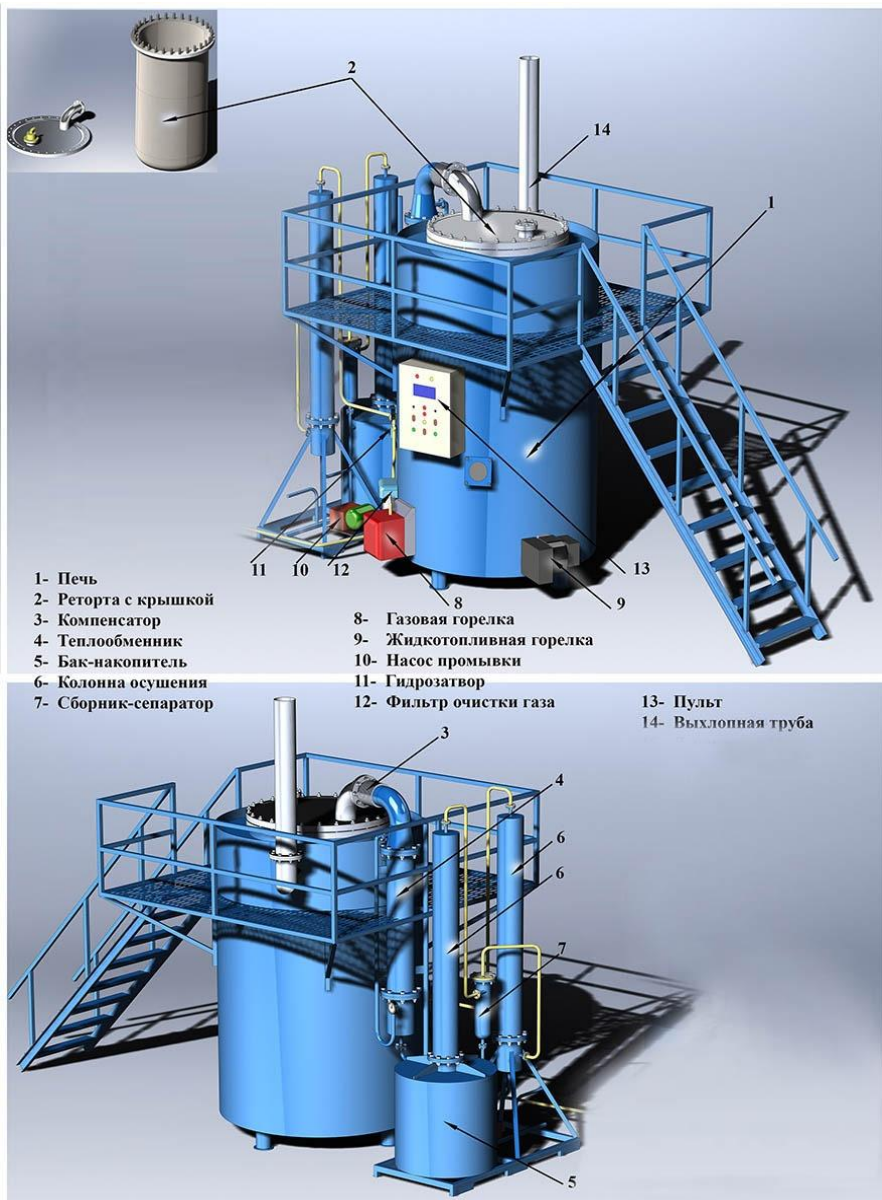


Рисунок 1 – Общий вид установки «Фортан»

– процесс пиролиза в печи установки Фортан со сбором пиролизного газа для сжигания с помощью газовой горелки «ОйлТерм УГМ» модель 100 (мощность 99 кВт, расход топлива 10 м³/час) – работа на пиролизном газу.

Запуск печи установки Фортан проводится при первоначальном пуске установки (разово) с помощью жидкотопливной горелки ВТГ 11 (мощность 150 кВт, расход топлива 15 л/час), работа на дизельном топливе.

Процессы, оказывающие ряд воздействий на окружающую среду, осуществляемые на площадке для установки пиролиза, следующие:

– работа вилочного погрузчика грузоподъемностью 2 тонны;
– процесс ручной загрузки отходов в реторту (годовой расход сырья 1400 т/год);

– работа крана при перемещении реторты в печь и извлечении реторты из печи установки «Фортан»;

– выгрузка зольного остатка (полукокса) на твердое покрытие рядом с расположенной площадкой и ручная загрузка полукокса в «биг-бэги» объемом 1 м³;

– добавление этиленгликоля в систему охлаждения печи в зимний период исходя из соотношения 50*50 % (объем воды в системе 20 м³, по 10 м³ в каждой печи), в объеме 10 м³;

– заполнение емкости хранения жидкого пиролизного топлива (пластмассовые емкости по 250 л). [2]

Для минимизации и предотвращения негативного воздействия на окружающую среду предлагаются следующие мероприятия:

– своевременное техническое обслуживание технологического оборудования для исключения превышения показателей выбросов;

– проведение погрузочно-разгрузочных работ с выключенным двигателем внутреннего сгорания автотранспорта;

– эксплуатация технологического оборудования с максимальной герметизацией всех технологических процессов, что в свою очередь обеспечит минимизацию выбросов загрязняющих веществ в атмосферный;

– соблюдение норм выбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива в соответствии с ЭкоНиП 17.08.06-001-2022.

Обращение с отходами, образующимися в период эксплуатации должно вестись в строгом соответствии с действующим природоохранным законодательством.

На период технической модернизации, а также в период эксплуатации должны выполняться следующие организационно-административные и контрольные мероприятия:

– получение согласования о размещении отходов производства и заключены договора со специализированными организациями по приему, переработке и захоронению отходов;

- назначение приказом лица, ответственного за сбор, хранение и транспортировку отходов;
- проведение инструктажа о сборе, хранении и транспортировке отходов и промышленной санитарии персонала в соответствии с требованиями территориальных органов центра гигиены и эпидемиологии. [2]

Литература:

1. Модуль пиролиза Фортан [Электронный ресурс]//Режим доступа: <https://eco-promservice.ru> – Дата доступа: 10.04.2025
2. Отчет об оценке воздействия на окружающую среду. – г. Минск, 2023. – 376 с.
УДК 502.34:504.064.47

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Пилипенко А. Ю. студент

Научный руководитель Цыганова А.А.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В статье отражены сведения о реализации политики в области обращения с отходами, а также о контроле их образования и использования. Представлено количество образования, использования и удаления отходов в Республике Беларусь за 2023 год. Перечислены методы обезвреживания отходов.

Ключевые слова: обращение с отходами, контроль, твердые коммунальные отходы, объем образования отходов.

В Республике Беларусь реализация единой государственной политики в сфере обращения с отходами, включая разработку и выполнение планов и мероприятий, возложена на Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды (Минприроды). Министерство совместно с региональными органами постоянно осуществляет государственный контроль за обращением с отходами, предотвращая захоронение вторичных материальных ресурсов и обеспечивая соблюдение схем обращения с коммунальными отходами, а также выявляя несанкционированные места размещения отходов.

Каждый год территориальными органами Минприроды проводится более 10 тысяч контрольных мероприятий в рамках контроля за обращением с отходами.

Согласно сводным данным на 2023 год в Республике Беларусь было образовано более 50,4 млн. тонн (таблица 1) отходов производства (2022 год – 40,09 млн. тонн). [2]

В 2023 году в Республике Беларусь образовалось 3982,6 тыс. тонн твердых коммунальных отходов (ТКО).

Таблица 1 – Образование, использование и удаление отходов (с учетом крупнотоннажных отходов) в Республике Беларусь за 2023 г. (тыс. т)

	Наличие на начало года	Образовалось за год	Использовано, передано за год	Удалено отходов	Наличие на конец года
РБ	1350162,9	50404	16873,9	34129,8	1382711,6
Брестская	665,6	2026,5	1946	117,9	682,5
Витебская	764,3	1025,9	931,9	104,8	785,2
Гомельская	39080,2	6137	2084,2	4358,8	42984,6
Гродненская	4367,6	2425,5	2007	453	4605,4
г. Минск	251,5	2994,3	2610,7	450,7	325,4
Минская	1289684,9	32114,1	3981,2	28225,5	27806,8
Могилевская	15348,8	3680,8	3313	419,2	201,6

Распределение объемов образования в разрезе областей и в г. Минске выглядит следующим образом: в столице образовалось 822 тыс. тонн (20,64 %), что является наибольшим показателем; по Минской области данный показатель составляет 739,7 тыс. тонн (18,57 %); 598,1 тыс. тонн (15,02 %) – Брестская область; 540,0 тыс. тонн (13,56 %) – Гомельская область; 473,1 тыс. тонн (11,88 %) – Витебская область; 413,1 тыс. тонн (10,37 %) – Гродненская область; Могилевская область – 396,6 тыс. тонн.

В 2023 г. с учетом крупнотоннажных отходов использовано в районе 16873,86 тыс. тонн отходов (уровень использования – 33,48 %). При исключении крупнотоннажных отходов объем использования составляет 15947,92 тыс. тонн, а уровень использования отходов производства достигает 89,95 %.

Направления использования отходов производства в Республике Беларусь представлены на рисунке 1. [2]

Известно, что в Республике Беларусь 65,5 % отходов от общего количества использованных отходов использовано на предприятиях, где они образуются, в то время как 35,5 % – было передано другим организациям, а также реализовано или экспортировано для дальнейшего использования.

Уровень использования твердых коммунальных отходов в Беларуси в 2023 году составляет 35,5 %. Наивысший показатель использования данных отходов из объема образовавшихся на данной территории отходов наблюдается в Гродненской области и составляет 45,8 % (189,3 тыс. тонн), тогда как самый низкий уровень использования зафиксирован в Минской области – 29,7 % (219,7 тыс. тонн) (рисунок 2).

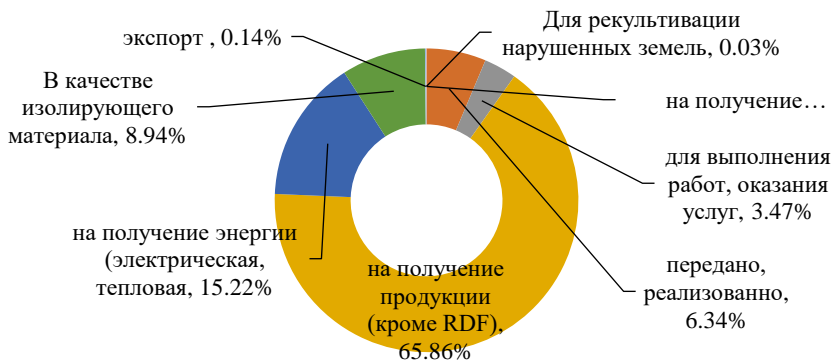


Рисунок 1 – Направления использования отходов производства в 2023 г.

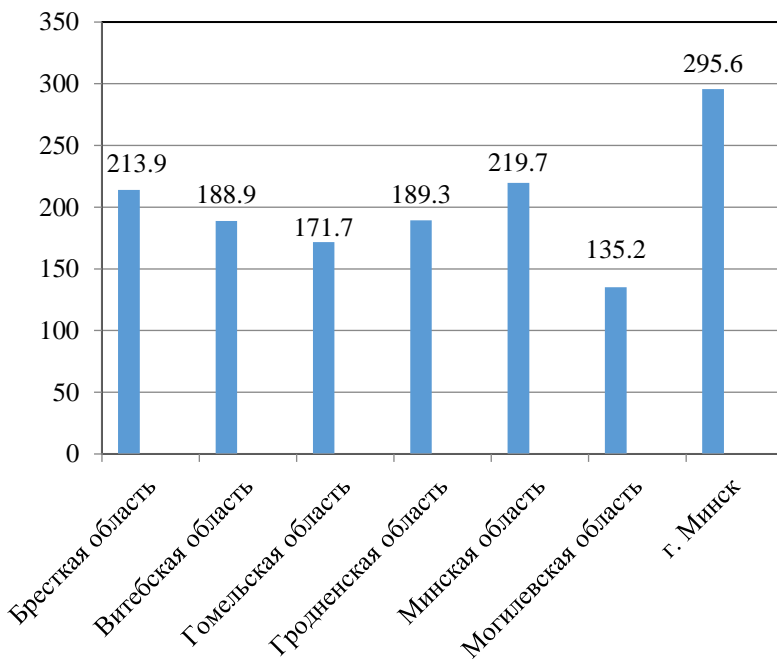


Рисунок 2 – Объем использованных ТКО в 2023 г. (тыс. т)

Количество накопленных отходов на объектах хранения к концу 2023 года составляет приблизительно 1382,71 млн. тонн. Наибольшее количество

накопления наблюдается у галитовых отходов и глинисто-солевых шламов, а также фосфогипса и лигнина гидролизного.

Информация об объемах накопления вышеуказанных отходов на объектах хранения представлена на рисунке 3.

Из общего объема образовавшихся в 2023 г. отходов производства число захороненных отходов составляет 875,69 тыс. тонн, из которых 526,13 тыс. тонн приходится на отходы жизнедеятельности населения и подобные им отходы производства. Отходы минерального происхождения составляют 104,13 тыс. тонн (11,89 %), а отходы растительного и животного происхождения – 109,34 тыс. тонн (12,49 %). Остальные 15,54 % от объема захораниваемых отходов включают в себя отходы химических производств (7,30 %), медицинские отходы (0,49%) и отходы (осадки) водоподготовки котельно-теплового хозяйства и питьевой воды, очистки сточных, дождевых вод и канализации (7,75 %).

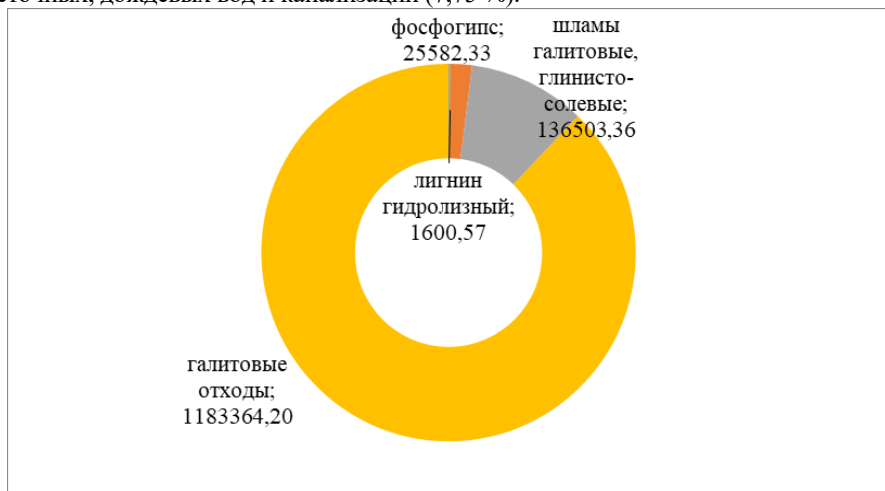


Рисунок 3 – Объемы накопленных отходов, тыс. т. в 2023 г.

Часть неиспользованных отходов 3 и 4 классов опасности направляется на захоронение. В 2023 г. захоронено 190,6 тыс. тонн отходов 3 класса опасности и 155,4 тыс. тонн отходов 4 класса опасности.

Наибольшая доля захороненных отходов в 2023 г. была зафиксирована в г. Минске – 526,4 тыс. тонн, что составляет 20,5 % от общего объема захораниваемых отходов в Республике Беларусь. Наименьший объем захоронения отходов наблюдается в Гродненской области, где он составляет 8,71 % (223,8 тыс. тонн).

В 2023 г. в РБ обезврежено 105,7 тыс. т. отходов производства. Термическим методом было обезврежено 87,31 % от общего объема

обезвреженных отходов, что составляет 92,29 тыс. тонн. Этот метод был в основном применен для обезвреживания отходов химических производств и производств, связанных с ними (87,66 тыс. тонн или 82,93 % от общего объема отходов, обезвреживаемых термическим методом), а также небольшого количества медицинских отходов (2,03 %).

Другими методами в 2023 году было обезврежено следующее количество отходов: 2,76 тыс. тонн (2,61% от общего объема обезвреживаемых в стране отходов) – химическим способом; физико-химическим – 3,04 тыс. тонн (или 2,87 %); и остальными методами – 2,23 %. [2]

Литература:

1. Официальный сайт Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://minpriroda.gov.by> – Дата доступа: 07.04.2025

2. Аналитическая записка. Ведение государственного кадастра отходов (заключительная). – г. Минск, 2024. – 701 с.

УДК 621.311.22

АНАЛИЗ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ВОДОПОДГОТОВКИ НА ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛЯХ

Пискурович Е.В., Азерская П.А., учащиеся УО «Национальный детский технопарк»

Научные руководители – Зеленухо Е.В., Скуратович И.В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В работе рассмотрены технологии водоподготовки на теплоэлектроцентралях, рекомендуемые в качестве наилучших доступных технических методов.

Ключевые слова: теплоэнергетика, теплоэлектроцентраль, водоподготовка, наилучшие доступные технические методы.

К объектам энергетики Республики Беларусь относятся теплоэлектроцентрали (ТЭЦ). Это разновидность тепловых электростанций, которая не только производит электрическую энергию, но также является источником тепловой энергии в централизованных системах теплоснабжения жилых и промышленных объектов. На территории Беларуси расположено 38 крупных ТЭЦ.

ТЭЦ использует большие количества воды. Потребляемая вода расходуется для: пароводяного цикла (25-35%), подпитки теплосети (20-30%), добавки в систему охлаждения (35-55%). Потребление воды зависит от сезонности. В летний период в связи с отключением отопления жилых, общественных и производственных помещений расход воды на теплосеть снижается, а на цели охлаждения увеличивается.

Удельные расходы воды на ТЭЦ составляют $14 \text{ м}^3/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$, из них $0,06 \text{ м}^3/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ свежей воды и $0,08 \text{ м}^3/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ оборотной и повторно используемой.

К обязательным элементам функционирования ТЭЦ относится водоподготовка. Она является важным этапом, обеспечивающим необходимые условия для оборудования, находящегося в контакте с водой. Как правило, для крупных объектов теплоэнергетики Республики Беларусь основным источником воды для производственных нужд являются поверхностные водные объекты. Вода из данных источников имеет различные примеси. При нагревании теплоносителя на теплоэлектроцентралях эти примеси способствуют появлению твердого осадка (накипи). Оседая на внутренних стенках труб, накипь уменьшает диаметр магистрали, что приводит к снижению производительности ТЭЦ, а также возникновению риска повреждения оборудования.

В зависимости от источника водоснабжения и качества исходной воды выделяют следующие основные этапы водоподготовки на теплоэлектроцентралях (рис. 1).



Рисунок 1 – Основные этапы водоподготовки

В работе проведен анализ наилучших доступных технических методов (НДТМ) водоподготовки на теплоэлектроцентралях. Характеристика технологий водоподготовки, рекомендуемых в качестве НДТМ, приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Технологии водоподготовки на теплоэлектроцентралях рекомендуемые в качестве НДТМ

Наименование технологии	Принцип метода
Предварительная водоподготовка	
Грубая фильтрация	Удаление взвешенных частиц с использованием фильтрующих материалов
Предварительная биологическая очистка	Использование микроорганизмов для разложения органических загрязнителей
Флотация	Отделение частиц из жидкости путем прикрепления их к пузырькам воздуха, которые поднимаются на поверхность
Отстаивание	Гравитационное отделение взвешенных частиц из воды путем их оседания на дно резервуара

Наименование технологии	Принцип метода
Фильтрация	Пропускание воды через пористые материалы или фильтры, которые удерживают взвешенные частицы и примеси
Мембранное отделение	Мембрана выступает как полупроницаемый барьер, который отделяет и пропускает вещества через себя избирательно
Умягчение воды	
Ионный обмен	Замена ионов кальция и магния на натрий или водород с использованием ионообменных смол для умягчения воды
Нанофильтрация	Использование нанофильтрационных мембран, удаляющих соли жесткости и крупные молекулы, оставляя мелкие ионы
Электрохимическое умягчение	Удаление солей жесткости с помощью электрического тока, преобразующего ионы кальция и магния в осадок
Обессоливание	
Ионный обмен	Ионообменные смолы или мембраны обменивают ионы из растворов на свои собственные, эффективно удаляя или заменяя нежелательные ионы
Электродиализ	Использование электрического поля для переноса ионов через полупроницаемые мембраны, разделяя раствор на очищенную воду и концентрированный раствор солей
Электродеионизация	Комбинированное использование ионного обмена и электродиализа для удаления ионов из воды, при этом электрическое поле способствует непрерывной регенерации ионообменных смол
Обратный осмос	Вода под давлением проходит через полупроницаемую мембрану, которая задерживает соли и другие примеси
Обеззараживание	
УФ облучение	Обеззараживание воды с помощью ультрафиолетового излучения, уничтожающего микроорганизмы путем разрушения их ДНК
Обработка паром	Использование насыщенного пара для теплового воздействия с целью стерилизации, удаления

Наименование технологии	Принцип метода
	примесей или улучшения ее физико-химических свойств

В результате водоподготовки на ТЭЦ образуется осадок, который является отходом 3 класса опасности и подлежит захоронению. Однако в составе осадка присутствуют ценные компоненты, применение которых возможно в различных отраслях народного хозяйства. Такой подход будет способствовать уменьшению площадей шламохранилищ и снизит нагрузку на компоненты окружающей среды.

Литература:

1. ТКП 17.02-17-2019 (33140) Охрана окружающей среды и природопользование. Наилучшие доступные технические методы для топливосжигающих установок теплоэнергетики. – 84 с.

2. Карелин В.А. Водоподготовка. Физико-химические основы процессов обработки воды: учебное пособие / В.А. Карелин; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 97 с.

УДК 004.89:623.746.3:614.841.43(476)

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА, ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Пичковский Н.И., Кригер Н.А., студенты

Научный руководитель Кляусова Ю.А.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В статье рассматриваются современные технологии мониторинга, прогнозирования и тушения лесных пожаров с использованием искусственного интеллекта (ИИ) и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Особое внимание уделено опыту внедрения этих технологий в Республике Беларусь. Показаны преимущества БПЛА в оперативном обнаружении очагов возгорания, а также роль ИИ в анализе данных и прогнозировании развития пожаров. Рассмотрены перспективы дальнейшего развития технологий для повышения эффективности борьбы с лесными пожарами.

Ключевые слова: искусственный интеллект, беспилотные летательные аппараты, лесные пожары, мониторинг, прогнозирование, тушение, Республика Беларусь.

Лесные пожары представляют собой одну из наиболее серьезных угроз для экосистем, экономики и безопасности населения. В условиях изменения климата и увеличения частоты экстремальных погодных явлений проблема борьбы с лесными пожарами становится все более актуальной. В Республике Беларусь, где леса занимают около 40% территории, вопросы предотвращения и ликвидации пожаров имеют стратегическое значение. Современные технологии, такие как искусственный интеллект (ИИ) и беспилотные летательные аппараты (БПЛА), открывают новые возможности для повышения эффективности мониторинга, прогнозирования и тушения лесных пожаров [1, 2]. Мониторинг лесных пожаров традиционно осуществляется с помощью наземных наблюдений, спутниковых данных и авиаразведки. Однако эти методы имеют ряд ограничений, таких как высокая стоимость, зависимость от погодных условий и недостаточная оперативность. Внедрение БПЛА позволяет преодолеть эти ограничения, обеспечивая высокую мобильность, точность и оперативность сбора данных [3].

Беспилотники, оснащенные тепловизорами, мультиспектральными камерами и системой LiDAR, способны обнаруживать очаги возгорания на ранних стадиях, даже в труднодоступных районах. Например, специалисты Научно-исследовательского института пожарной безопасности и чрезвычайных ситуаций (НИИ ПБиЧС) Республики Беларусь активно работают над внедрением БПЛА для мониторинга лесных массивов. По их данным, использование дронов позволяет не только оперативно выявлять очаги возгорания, но и оценивать масштабы распространения огня, что критически важно для планирования мероприятий по его локализации [4].

Искусственный интеллект играет ключевую роль в обработке и анализе данных, полученных с БПЛА. Алгоритмы машинного обучения способны автоматически распознавать признаки пожаров на изображениях, прогнозировать их развитие и предлагать оптимальные стратегии тушения. В Беларуси ведутся исследования по интеграции ИИ в системы мониторинга, что позволяет минимизировать человеческий фактор и повысить точность прогнозов [3].

Прогнозирование лесных пожаров с использованием ИИ. Прогнозирование лесных пожаров является сложной задачей, требующей учета множества факторов, таких как метеорологические условия, тип растительности, рельеф местности и антропогенная активность. Искусственный интеллект позволяет анализировать большие объемы данных и выявлять закономерности, которые трудно обнаружить традиционными методами [2].

В Республике Беларусь исследования в этой области активно ведутся в рамках сотрудничества НИИ ПБиЧС и Министерства по чрезвычайным ситуациям (МЧС). Разрабатываемые модели на основе ИИ учитывают данные о температуре, влажности, скорости ветра и других параметрах, что позволяет

прогнозировать вероятность возникновения пожаров с высокой точностью. Это особенно важно для своевременного предупреждения населения и мобилизации ресурсов для предотвращения катастрофических последствий [1].

Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для тушения лесных пожаров представляет собой одно из наиболее технологически прогрессивных направлений в области пожарной безопасности. Беспилотники способны выполнять широкий спектр задач, начиная от доставки огнетушащих веществ и заканчивая координацией действий наземных и авиационных сил, что делает их незаменимыми в борьбе с огнем.

Одной из ключевых функций БПЛА является доставка огнетушащих веществ, таких как вода, пена или химические реагенты, непосредственно к очагу возгорания. Это особенно важно в случаях, когда доступ к месту пожара затруднен из-за сложного рельефа, густой растительности или отсутствия дорог. Беспилотники, оснащенные специальными емкостями, могут оперативно доставлять огнетушащие вещества в нужную точку. В НИИ ПБиЧС уже ведутся разработки специализированных БПЛА, которые могут нести на борту до 100 литров воды или пены. Такие дроны способны эффективно бороться с локальными возгораниями, предотвращая их перерастание в крупные пожары.

Важным аспектом применения БПЛА является их способность координировать действия наземных и авиационных сил. Передавая данные в режиме реального времени, дроны помогают оперативно оценивать ситуацию на месте пожара, определять наиболее опасные участки и планировать маршруты для пожарных подразделений. Например, в ходе учений, проводимых Министерством по чрезвычайным ситуациям (МЧС) Республики Беларусь, БПЛА использовались для создания трехмерных карт местности, на которых были отмечены очаги возгорания, направления распространения огня и безопасные зоны для работы спасателей. Это позволило значительно повысить эффективность операций и снизить риски для жизни и здоровья пожарных.

Однако, несмотря на все преимущества, использование БПЛА для тушения лесных пожаров имеет свои ограничения. К ним относятся ограниченная грузоподъемность, зависимость от погодных условий (сильный ветер, дождь) и необходимость регулярного технического обслуживания. Тем не менее, благодаря постоянному развитию технологий, эти ограничения постепенно устраняются. В Беларуси уже ведутся работы по созданию более мощных и устойчивых БПЛА, способных работать в сложных условиях. Кроме того, интеграция БПЛА с другими технологиями, такими как искусственный интеллект и спутниковая навигация, открывает новые возможности для повышения их эффективности [4].

Применение искусственного интеллекта и беспилотных летательных аппаратов открывает новые горизонты в борьбе с лесными пожарами. В

Республике Беларусь уже сделаны значительные шаги в этом направлении благодаря усилиям НИИ ПБиЧС и МЧС. Однако для полномасштабного внедрения этих технологий необходимо дальнейшее развитие технологий, включая увеличение грузоподъемности дронов, создание автономных систем и интеграцию с ИИ, позволит значительно повысить эффективность борьбы с лесными пожарами. Использование ИИ и БПЛА позволяет не только повысить оперативность и точность мониторинга, но и минимизировать ущерб от пожаров, сохраняя природные ресурсы и обеспечивая безопасность населения. В условиях глобальных климатических изменений эти технологии становятся неотъемлемой частью стратегии устойчивого развития и экологической безопасности Республики Беларусь.

Литература:

1. Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. Отчет о деятельности за 2023 год. – Минск, 2024. – URL: <https://www.mchs.gov.by> (дата обращения: 15.03.2025).
2. Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. Стратегия развития систем мониторинга и прогнозирования лесных пожаров. – Минск, 2023. – 67 с.
3. Козлов, В.П. Дистанционные методы обнаружения лесных пожаров / В.П. Козлов // Современные технологии безопасности. – 2023. – № 1(12). – С. 33–40.
4. Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и чрезвычайных ситуаций. Отчет о применении БПЛА в лесопожарном мониторинге. – Минск, 2022. – 48 с.

УДК 502.11

ПОЭТАПНОЕ СНЯТИЕ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО СЛОЯ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ РАЗОВОГО УЩЕРБА ЭКОСИСТЕМЕ

Пицало К.К., студент

Научный руководитель Вершиловский В.А.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье рассмотрено одномоментное и поэтапное снятие почвенно-растительного слоя, а также приведено ключевое преимущество поэтапного снятия почвенного покрова и представлены его аспекты.

Ключевые слова: почвенно-растительный слой, меньший разовый ущерб, удаление, экологические последствия, экосистема.

Одномоментное удаление почвенно-растительного слоя представляет собой технологию ведения горных работ, при которой весь почвенно-

растительный слой, покрывающий месторождение полезного ископаемого или значительную его часть, ликвидируется за один приём и полностью уничтожает всю экосистему, предшествуя началу добычи самого полезного ископаемого. Это комплексная технология, требующая масштабных земляных работ и затрагивающая обширные территории. Основное преимущество данной технологии – это высокая скорость выполнения работ, связанных со снятием почвенно-растительного слоя, что и привлекает, если смотреть со стороны оперативности работ. Однако, эта оперативность достигается ценой колоссального экологического ущерба, что и является главным недостатком данного метода.

Полное одномоментное удаление почвенно-растительного слоя приводит к катастрофическим последствиям. Во-первых, это резко приводит к усилению эрозийных процессов, снижению плодородия почв и ухудшению состояния природных экосистем. Во-вторых, восстановление нарушенного почвенного покрова требует применение более сложных и ресурсоемких мероприятий.

С экономической точки зрения, одномоментное снятие почвенно-растительного слоя может выглядеть более выгодным в краткосрочной перспективе, за счёт снижения затрат на проведение работ. Однако, долгосрочные издержки, связанные с рекультивацией, экологическим ущербом и возможными штрафами за нарушение природоохранных норм, значительно превосходят первоначальную экономию. Именно поэтому в настоящее время наблюдается тенденция к отказу от этой технологии в пользу поэтапного метода снятия плодородного слоя.

Поэтапно снятие почвенно-растительного слоя подразумевает под собой снятие плодородного слоя участками, и только на тех участках, где это требуется. Этот метод, в отличие от предыдущего, характеризуется более бережным отношением к окружающей среде.

Данный метод позволяет минимизировать площадь одномоментно нарушенных земель. Поэтапный подход значительно снижает негативное воздействие на окружающую среду, за счёт минимизации воздействия процессов эрозии на почву и обеспечения возможности миграции животных. После использования данного подхода последующее восстановление почвы становится более эффективным и менее трудоемким. Хотя этот метод менее быстрый и более финансово затратный, чем одномоментный, однако он демонстрирует более высокую экологическую приемлемость.

Метод поэтапного снятия плодородного слоя приобретает всю большую популярность в связи с его благоприятным воздействием на окружающую среду и соблюдением принципов устойчивого природопользования.

Поэтапное снятие почвенно-растительного слоя имеет ряд экологических преимуществ по сравнению с единовременным снятием всего почвенно-растительного слоя на месторождении:

Одним из таких ключевых преимуществ является меньший разовый ущерб.

Меньший разовый ущерб – это ключевой принцип, позволяющий минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. Увеличение продолжительности процесса удаления почвенно-растительного слоя позволяет снизить интенсивность воздействия на экосистему. Это означает, что меньше территории подвергается разрушению, меньше животных теряет свой дом, а растительный покров страдает в меньшей степени. Благодаря этому экосистема может легче адаптироваться и восстанавливаться.

Под "меньшим разовым ущербом" при поэтапном снятии почвенно-растительного слоя подразумевается уменьшение степени и размера отрицательного влияния на окружающую среду в конкретный момент времени, по сравнению с единовременным удалением всего почвенно-растительного слоя. Рассмотрим отдельные аспекты меньшего разового ущерба:

1. Меньший ущерб почвенному покрову:

- В первую очередь – это предотвращение эрозии почвы. Поэтапное Эксплуатация открытых земель без защиты от воздействия ветра и воды может привести к ухудшению качества плодородного слоя почвы, а также загрязнению водных экосистем. Поэтапное удаление, в сочетании с оперативными мерами по восстановлению, значительно снижает риск эрозии так как остаётся меньше незащищённых участков.

- Сохранение почвенной микробиоты и микрофауны: в почвенных экосистемах обитают разнообразные микроорганизмы и микроскопические животные, которые играют важную роль в биогеохимических циклах и поддержании плодородия почвы. Интенсивное механическое воздействие на почву может привести к гибели этих организмов. Метод поэтапного снятия почвы позволяет сохранить часть почвенной микробиоты и микрофауны на незатронутых участках, что способствует более эффективному восстановлению почвенного покрова после проведения мероприятий по восстановлению почвы.

2. Меньший ущерб растительному покрову:

- Сохранение семенного фонда: в почвенном субстрате содержится значительное количество семян растений, способных к прорастанию после проведения рекультивационных мероприятий. Интенсивная обработка грунта может привести к уничтожению данных семян. Поэтапное снятие верхнего слоя почвы позволяет сохранить часть семенного фонда на нетронутых участках, что способствует естественному восстановлению растительного покрова.

- Поддержание генетического разнообразия: уничтожение обширных площадей растительного покрова может привести к утрате генетического разнообразия местных экосистем. Поэтапное снятие растительного слоя, особенно в сочетании с сохранением отдельных участков растительности, способствует сохранению части генетического фонда.

3. Меньший ущерб животному миру:

- Адаптация и миграция фауны: постепенное освоение территории позволяет животным адаптироваться к новым условиям окружающей среды и мигрировать в более подходящие для их существования биотопы. Резкое изменение экологической обстановки, обусловленное масштабным освоением, может привести к значительным потерям биологического разнообразия и массовому вымиранию популяций.

- Организация временных экосистем: в зонах, подлежащих освоению, рекомендуется создание временных экосистем, которые обеспечат животных кормовой базой и убежищем на период адаптации к изменяющимся условиям. Это позволит снизить уровень стресса у фауны и обеспечить её выживание в переходный период.

- Контроль шумового и вибрационного воздействия: постепенное освоение территорий позволяет более эффективно регулировать уровень шумового и вибрационного загрязнения, что способствует снижению стрессового воздействия на животных и сохранению их популяций.

4. Меньший ущерб водным ресурсам:

Минимизация рисков загрязнения: постепенное освоение территории позволяет более тщательно контролировать сбор воды с участков, подверженных антропогенному воздействию. Это помогает предотвратить загрязнение водных ресурсов.

«Меньший разовый ущерб» при поэтапном снятии вскрышных пород представляет собой комплексное понятие, включающее в себя снижение негативного воздействия на разнообразные элементы окружающей среды и социально-экономической сферы. Это делает поэтапный подход снятия почвенно-растительного слоя более предпочтительным с точки зрения обеспечения устойчивого развития. Он позволяет более рационально использовать земельные ресурсы и минимизировать экологический след горнодобывающей деятельности.

Литература:

1. Безопасность жизнедеятельности в горном деле: учебник для вузов / [В.М. Сенчугов, В.А. Жуков, В.В. Иванов и др.]; под общ. ред. В.М. Сенчугова. - Москва: Изд-во "Горная книга", 2008. - 480 с. Заиров Ш.Ш., Тагаев И.А., Равшанова М.Х. Статический метод разрушения горных пород. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2021. –105 с.

2. Зарайский В.И., Стрельцов В.И. Рациональное использование и охрана недр на горнодобывающих предприятиях. – М.: Недра, 1987.

3. <https://ecportal.su/public/zagryazn/view/1047.html> (дата обращения 09.04.2025)

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ, ПОМОГАЮЩИЕ В ПРЕДОТВРАЩЕНИИ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Погуляев А.С. Карпович В. В., студенты

Научный руководитель Кляусова Ю. В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной работе рассматриваются современные информационные технологии, применяемые в сфере чрезвычайных ситуаций (ЧС). Анализируются методы и инструменты, используемые для предотвращения и ликвидации последствий ЧС, такие как системы оповещения, геоинформационные технологии, искусственный интеллект и интернет вещей. Исследуются перспективы развития этих технологий и их влияние на повышение эффективности работы экстренных служб.

Ключевые слова: информационные технологии, чрезвычайные ситуации, системы оповещения, геоинформационные системы, искусственный интеллект.

Информационные технологии играют важную роль в сфере чрезвычайных ситуаций (ЧС), обеспечивая эффективное реагирование, предотвращение и ликвидацию последствий различных кризисных ситуаций. Современные технологии и системы оповещения активно используются для повышения эффективности работы спасательных служб, мониторинга угроз и информирования населения. Рассмотрим основные из них:

1. Системы раннего предупреждения играют ключевую роль в предотвращении ЧС, таких как природные катастрофы (землетрясения, наводнения, ураганы), техногенные аварии, эпидемии и другие угрозы [1]. Эти системы включают:

Сенсоры и датчики для мониторинга окружающей среды (например, для обнаружения землетрясений, наводнений или загрязнения воздуха) [2].

Прогностические модели для оценки вероятности и масштабов угрозы [3].

Интерфейсы оповещения для предоставления информации населению и экстренным службам [4].

2. Системы оповещения населения. Современные технологии позволяют оповещать население о чрезвычайных ситуациях с высокой скоростью и точностью:

СМС и мобильные приложения — использование мобильных телефонов для оповещения людей в реальном времени [5].

Голосовые и текстовые сообщения через системы спутниковой связи, радиовещание, интернет-платформы.

Табло и динамичные экраны в общественных местах, транспортных узлах [6].

Сирены и системы автоматизированного оповещения (например, в случае угрозы техногенных катастроф).

3. ГИС (геоинформационные системы) играют важную роль в анализе и визуализации данных о ЧС. Они помогают:

Анализировать географическую информацию о зонах риска (например, наводнений, лесных пожаров) [7].

Визуализировать маршруты эвакуации и расположение ресурсов для спасательных операций.

Оценивать повреждения в результате ЧС для планирования восстановительных работ.

4. Дроновые технологии. Дроны становятся важным инструментом в мониторинге и ликвидации последствий ЧС. Их использование включает:

Оценка повреждений в труднодоступных местах.

Поиск и спасение людей с помощью тепловизоров и камер.

Проведение воздушной съемки для анализа ситуации в реальном времени.

5. Мобильные платформы и базы данных для спасательных служб

Спасательные службы активно используют мобильные платформы для координации своих действий в реальном времени. Эти системы помогают:

Обмениваться информацией между различными службами (полиция, пожарные, медицинские службы).

Отслеживать статус и местоположение спасательных операций.

Хранить и обрабатывать данные о жертвах, потерпевших и находящихся в зоне риска [8].

6. Искусственный интеллект (AI) и машинное обучение становятся все более важными в сфере ЧС:

Анализ данных для прогнозирования возможных ЧС (например, предсказание землетрясений или наводнений).

Оптимизация процессов эвакуации, автоматическое принятие решений на основе данных.

Обработка больших данных для прогнозирования и предотвращения массовых заболеваний или экологических катастроф [9].

7. Интернет вещей (IoT). Технологии Интернета вещей используются для мониторинга окружающей среды и критических объектов:

Умные сенсоры, которые могут отслеживать уровень воды, температуру, уровень загрязнения воздуха и другие параметры, что позволяет заблаговременно предупредить о возможных угрозах.

Устройства на основе IoT могут сообщать о неисправностях в инфраструктуре (например, повреждениях трубопроводов или утечках газа), которые могут привести к ЧС [10].

8. Системы управления чрезвычайными ситуациями. Существуют специализированные системы для координации действий при ЧС, такие как:

Системы управления операциями для организации взаимодействия между экстренными службами [5].

Системы поддержки принятия решений, которые помогают принимать обоснованные решения на основе анализа текущей ситуации.

Примеры успешных технологий:

Система Global Disaster Alert and Coordination System (GDACS) — глобальная система оповещения о стихийных бедствиях [7].

Система "Сирена" — российская система для оповещения населения о чрезвычайных ситуациях с использованием различных каналов связи [5].

Использование дронов для мониторинга лесных пожаров — применение дронов с тепловизорами для оценки ситуации на месте и разработки стратегий тушения.

Заключение. Современные информационные технологии значительно увеличивают возможности для предотвращения и ликвидации последствий ЧС. Они обеспечивают более быструю и точную диагностику угроз, эффективное оповещение населения и координацию действий экстренных служб, что способствует снижению рисков и спасению жизни людей.

Литература:

1. Гречко В. А. Информационные технологии в чрезвычайных ситуациях: Теория и практика. – М.: Издательство МГУ, 2018. – 256 с.
2. Савчук А. В. Системы оповещения населения о чрезвычайных ситуациях. – М.: Инфра-М, 2017. – 198 с.
3. Волков В. В. Технологии и системы для мониторинга природных и техногенных угроз. – СПб.: Наука, 2019. – 312 с.
4. Рыбников А. Г. Использование геоинформационных систем в чрезвычайных ситуациях. – М.: Юрайт, 2020. – 224 с.
5. Галкин В. В., Николаев А. М. Информационные технологии для предотвращения ЧС. – М.: Вузовский учебник, 2021. – 275 с.
6. Якимов И. В. Современные методы и средства оповещения населения в условиях чрезвычайных ситуаций. – СПб.: Политехника, 2022. – 190 с.
7. Тимофеев В. М. Управление рисками и системами оповещения: от технологий к практике. – М.: Изд-во Академии МЧС России, 2019. – 240 с.
8. Барсуков А. П., Климов Д. С. Мобильные технологии и интернет вещей в сфере безопасности. – М.: Научный мир, 2021. – 200 с.

9. Сорокин С. Г. Искусственный интеллект в управлении чрезвычайными ситуациями. – М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2020. – 280 с.

10. Александров И. П. Цифровизация в сфере гражданской обороны и защиты населения от чрезвычайных ситуаций. – М.: НИИ ГОЧС, 2023. – 320 с.

УДК 621.355.5

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Пономаренко В.С., студент

Научный руководитель Хрипович А.А.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье рассмотрены современные способы очистки сточных вод гальванического производства от загрязнения тяжёлыми металлами: сорбционные методы, коагуляционно-флотационные, электрохимические, мембранные. Описаны их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: гальванические стоки; методы очистки.

Гальваника – это процесс нанесения на поверхность изделия металлического покрытия с целью обретения необходимых качеств. Гальваническое покрытие может наноситься с помощью таких методов как оцинкование, никелирование и оксидирование. Операции гальванического производства приводят к образованию больших объемов промышленных стоков, в составе которых присутствуют ионы тяжелых металлов. Эти металлы, в свою очередь, являются одними из наиболее опасных загрязнителей окружающей среды. Опасность тяжелых металлов заключается в их способности к биоаккумуляции в живых организмах. Ионы тяжелых металлов негативно влияют на многие органы и функции человеческого организма. Тяжелые металлы могут вызывать различные заболевания, такие как болезнь Альцгеймера и болезнь Паркинсона, они также повышают риск развития онкологических заболеваний, оказывают пагубное воздействие на репродуктивную функцию и могут приводить к генетическим изменениям. Находясь в водных экосистемах, тяжелые металлы накапливаются в водной флоре и фауне, а затем, по пищевой цепи попадают в организмы людей и представляют долгосрочную опасность для здоровья населения.

Трудность удаления ионов тяжелых металлов из организма обусловлена их способностью формировать устойчивые комплексы с белками и другими компонентами клеточных структур, что значительно затрудняет их выведение. Этот факт подчеркивает необходимость применения высокоэффективных методов очистки сточных вод, загрязненных данными веществами.

Технологический процесс гальванической обработки поверхности включает в себя несколько ключевых стадий:

1) Промывка (осуществляется для удаления остатков химических реагентов с поверхности деталей после каждой стадии обработки);

2) Травление (представляет собой обработку поверхности деталей растворами кислот или щелочей, к примеру, серной, азотной или хлористоводородной кислотой, с целью удаления оксидных пленок и загрязнений);

3) Нанесение покрытия (электролитическое осаждение металлического слоя).

Производства, использующие гальванические процессы, характеризуются высоким потреблением водных ресурсов. Вследствие этого, образуются существенные объемы сточных вод с высоким содержанием взвешенных веществ, ионов хрома, ионов железа, ионов меди, ионов цинка, ионов хлоридов, азота аммонийного, фосфатов и сульфатов. Также к водам добавляют травильные растворы, которые загрязняют поверхностные и подземные воды в регионе расположения предприятия. В связи с этим, разработка и применение современных технологий очистки сточных вод, образующихся в гальванических производствах, является актуальной и социально значимой задачей.

Очистка сточных вод, образующихся в гальванических процессах, представляет собой непростую задачу из-за того, что загрязняющие вещества находятся в воде в различных состояниях. К сожалению, универсального метода, способного гарантировать абсолютно полную и достаточную очистку этих стоков, на сегодняшний день не существует.

В перечне методов, используемых для очистки сточных вод гальванического производства, можно выделить следующие основные методы: сорбционные, коагуляционно-флотационные, электрохимические, реагентные и мембранные. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки, а выбор оптимального варианта зависит от конкретных характеристик стоков и требований к качеству очищенной воды.

Сорбционные методы очистки основаны на принципе поглощения загрязняющих веществ, содержащихся в сточных водах, твердыми материалами - сорбентами. В процессе сорбции происходит "прилипание" загрязнителей к поверхности сорбента, что позволяет извлечь их из воды." Скорость очистки стоков сорбционным методом зависит от нескольких факторов:

- 1) температуры жидкости;
- 2) структуры используемого сорбента;
- 3) концентрации и типа посторонних примесей в воде.

В качестве сырья для сорбционного извлечения ионов тяжелых металлов из водных растворов применяется широкий спектр материалов, имеющих природное, в основном растительное, происхождение. Перечень используемых

сорбентов включает в себя: шишки, опилки, листву, семена, плоды и стебли разнообразных растений. Кроме того, в качестве сорбционных материалов находят применение кора деревьев, жмыхи, ореховая скорлупа, шелуха различных культур, кожура фруктов, солома, травянистые и водные растения, а также торф. Также сорбентами являются материалы биологического происхождения, такие как ил, морские водоросли, биомасса бактерий, дрожжей и грибов. Использование подобных биоматериалов, помимо очевидной экологической выгоды, обусловлено их доступностью и относительной дешевизной. Для улучшения сорбционных свойств вторичное сырье подвергают обработке.

Основными преимуществами сорбционной очистки воды являются:

- 1) простая конструкция фильтров, надежность, долговечность;
- 2) простая замена используемых сорбентов;
- 3) возможность использования различных веществ для очистки воды;
- 4) высокая эффективность фильтрации.

Основными недостатками сорбционной очистки воды являются:

- 1) оборудование для очистки занимает большое количество свободного пространства;
- 2) перед сорбционной очисткой жидкость должна быть очищена от крупных механических примесей.

Суть коагуляции заключается в слипании мелких частиц, находящихся в коллоидном состоянии, при их взаимодействии в процессе хаотичного теплового движения, механического перемешивания или под воздействием внешних сил. Иными словами, происходит укрупнение частиц, что облегчает их дальнейшее удаление из воды. В качестве коагулянтов наиболее часто используют соли алюминия и железа, такие как сульфат алюминия, оксихлорид алюминия, гидроксохлорид алюминия, хлорид железа, дигидросульфат алюминия, коагулянты на основе титана и другие.

Флотация представляет собой многоступенчатый физико-химический процесс, основанный на формировании комплексов "частица-пузырек газа", их всплывании на поверхность и последующем удалении образовавшегося пенного слоя. Современные разработки предлагают широкий выбор различных флотореагентов. В частности, в качестве флотореагентов могут использоваться спирты, жирные кислоты и фенолы, способствующие образованию устойчивых комплексов "частица-пузырек" и эффективному извлечению загрязнений.

Основными преимуществами коагуляционно-флотационных методов очистки сточных вод являются: высокая эффективность и широкий спектр применения. Они используются для очистки сточных вод различных типов: промышленных, коммунальных, а также вод с высокой концентрацией загрязняющих веществ;

- 1) простота эксплуатации;

Основными недостатками коагуляционно-флотационных методов очистки сточных вод являются:

- 1) высокие затраты на реагенты;
- 2) отходы и необходимость утилизации;
- 3) необходимость в предварительной подготовке воды;

Электрохимический метод очистки сточных вод от тяжелых металлов является одним из эффективных способов удаления загрязняющих веществ. Этот метод основан на использовании электрохимических реакций для осаждения, восстановления или удаления ионов тяжелых металлов из растворов. Электрохимические установки воздействуют на воду в двойном электрическом слое двух электродов – катода и анода.

Основными достоинствами электрохимических методов очистки сточных вод от тяжелых металлов являются:

- 1) эффективность;
- 2) несложное обслуживание;
- 3) отсутствие токсичных, опасных реагентов.
- 4) компактные установки.

Недостатком при использовании электрохимических методов очистки сточных вод является, их энергоемкость. Значительное потребление электроэнергии делает процесс более затратным.

В качестве альтернативного подхода к решению проблемы очистки сточных вод, загрязненных тяжелыми металлами, выступает мембранный метод. Суть этого метода заключается в использовании специальных полупроницаемых мембран, которые позволяют эффективно отделять загрязняющие вещества от воды. Благодаря своей высокой производительности и способности задерживать большое количество загрязнителей, включая опасные тяжелые металлы, мембранный метод все чаще применяется в современных системах водоподготовки и очистки промышленных стоков.

Мембраны представляют собой барьеры, которые пропускают молекулы воды и некоторые другие вещества, но задерживают более крупные частицы, такие как ионы тяжелых металлов. Процесс очистки осуществляется под давлением, при котором сточные воды проходят через мембрану. Преимуществами мембранного метода являются высокая эффективность; компактность; гибкость. Недостатками мембранного метода являются засорение мембран; высокие капитальные затраты; энергетические затраты; утилизация концентрата.

Каждый из современных способов очистки сточных вод гальванического производства имеет свои преимущества и недостатки. Выбор подходящего метода зависит от конкретных условий, таких как состав сточных вод, требования к качеству очищенной воды, экономические факторы и доступные технологии. Комбинирование различных методов может привести к более

эффективным результатам, обеспечивая максимальную очистку и минимизируя негативное воздействие на окружающую среду.

УДК 621.355.5

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СОРБЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Поплавская О.Е., бакалавр

Научный руководитель Габдрахманова Г.Н.

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ, Казань

В статье исследованы цеолиты и активированный уголь из рисовой шелухи для очистки сточных вод от тяжелых металлов (Cd^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} , Al^{3+}). Показана высокая эффективность цеолитов как молекулярного "сит" и преимущества угля из шелухи. Разработана трехслойная фильтрационная система. Метод экономичен, экологичен и допускает регенерацию сорбентов.

Ключевые слова: адсорбция, сточные воды, тяжелые металлы, цеолиты, природные сорбенты, модифицированные материалы

В статье [1] был протестирован природный цеолит как эффективный адсорбент для удаления ионов Cd^{+2} , Fe^{+3} и Ni^{+2} из водных растворов и сточных вод. Также была определена максимальная адсорбционная емкость природного цеолита, который используется для удаления исследуемых ионов металлов посредством равновесных реакций. Во всех экспериментах использовались реагенты аналитического класса: $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ и $Ni(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$. Химический состав природных (клиноптилолитовых) цеолитов представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав природных (клиноптилолитовых) цеолитов.

Cations (Катионы), %	Major elements (oxides), (Основные элементы (оксиды)), %	Other elements, (другие элементы)
K_2O , % – 3.266	SiO_2 – 62.22	Cl – 0.025
CaO , % – 3.583	Al_2O_3 – 11.096	BaO – 0.085
Na_2O , % – 0.780	Na_2O – 0.78	P_2O_5 – 0.033
	MgO – 0.599	ZnO – 0.025
	CaO – 3.583	SrO – 0.047
	Fe_2O_3 – 4.033	PbO – 0.002
	K_2O – 3.266	MnO – 0.120
	TiO_2 – 0.339	SO_3 – 0.035
	ZrO_2 – 0.112	

В результате проведенных экспериментов было доказано, что природные цеолиты (клиноптилолиты) могут быть использованы в качестве эффективного и недорогого метода очистки промышленных сточных вод.

В статье [2] изучены адсорбционные свойства клиноптилолитовых сорбентов двух фракций (1-3 мм и 3-5 мм). Исследовали очистку модельных водных растворов, содержащих ионы Zn^{2+} (0,035 г $ZnSO_4$), Fe^{3+} (0,035 г $Fe_2(SO_4)_3$) и их смесь (0,07 г). Впервые доказана способность природного клиноптилолита адсорбировать высокомолекулярные органические вещества. Результаты представлены в таблице 2.

Авторы показали, что сорбент на основе клиноптилолита различных фракций по строению является молекулярным «ситом», это позволяет адсорбировать на его поверхности ионы металлов и молекулы органических водорастворимых веществ, выявлено, что сорбент на основе клиноптилолита более пригоден для извлечения из модельных вод органических водорастворимых веществ с большой молекулярной массой.

Таблица 2 - Содержание ионов железа (Fe^{3+}) и цинка (Zn^{2+}) в модельной воде до и после адсорбции

Модельная вода	Сорбент на основе клиноптилолита	Содержание ионов в модельном растворе до сорбирования цеолитом, мкг/мл	Содержание ионов в модельном растворе после сорбирования цеолитом, мкг/мл
Модельная технологическая вода, содержащая повышенное количество ионов Fe^{3+}	Фракция 1-3 мм	140	36,97
	Фракция 3-5 мм	140	48,10
Модельная технологическая вода, содержащая повышенное количество ионов Zn^{2+}	Фракция 1-3 мм	140	27,04
	Фракция 3-5 мм	140	45,31
Модельная технологическая вода, содержащая повышенное количество ионов Zn^{2+} и Fe^{3+}	Фракция 1-3 мм	280	99,22
	Фракция 3-5 мм	280	103,47

В статье [3] авторы продемонстрировали адсорбцию ионов алюминия(III) и железа(III) активированным углем, приготовленным из рисовой шелухи. Активированный уголь был охарактеризован методами сканирующей электронной микроскопии и инфракрасного преобразования Фурье. Эксперименты по адсорбции проводились при различных условиях, включая pH (2–5), дозировку адсорбента (0,5–2,0 г/л), начальную концентрацию ионов (5–100 мг/л) и время контакта (30–240 мин). Образцы реальных сточных вод были обработаны активированным углем, приготовленным из рисовой шелухи, и коммерческим активированным углем.

Результаты обработки реальных образцов с помощью активированного угля из рисовой шелухи и коммерческого активированного угля представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнение процента удаления алюминия и железа с помощью активированного угля из рисовой шелухи и коммерческого активированного угля.

Metal ion	Concentration after adsorption (mg/L)	Rice hull activated carbon (RHAC)			
		Concentration after adsorption (mg/L)	Removal percentage (%)	Concentration after adsorption (mg/L)	Removal percentage (%)
Al (III)	0.583	0.061	89.474	0.137	78.204
	0.456	0.015	96.635	0.150	61.154
	0.363	0.044	87.960	0.143	60.478
Fe (III)	3.478	0.106	96.952	0.557	83.985
	0.726	0.056	92.287	0.145	80.028
	0.477	0.047	90.147	0.142	70.231
		0.722	75.172	0.108	96.286

Исследователи показали, что во всех случаях активированный уголь из рисовой шелухи показал более высокую эффективность удаления ионов алюминия и железа по сравнению с промышленным активированным углем. Следует, что использование активированного угля из рисовой шелухи будет более выгодным, так как он является экономически эффективным природным адсорбентом. В ходе подробного патентно-реферативного поиска было отобрано 4 значимых охраняемых документа, касающихся адсорберов и сорбента цеолита:

1. RU 182 056 U1 Атаманова О.В., Косарев А.В., Тихомирова Е.И., Истрашкина М.В. Адсорбционный фильтр для очистки воды (Заявка: 10.01.2018, Публикация: 01.08.2018) – Адсорбционный фильтр включает цилиндрический пластиковый корпус с крышкой и патрубками, заполненный сорбентом. Сорбент состоит из трех слоев: силикагеля АСКГ, анионита АВ-17-

8 и модифицированного бентонита с углеродными нанотрубками, обработанного при 550°C. Модель повышает эффективность адсорбции, качество очистки воды и надежность конструкции за счет использования более эффективных сорбционных материалов.

2. RU 219 803 U1 Мингазетдинов И.Х., Тунакова Ю.А., Габдрахманова Г.Н. Адсорбер с регенерацией сорбента в псевдосжиженном слое (Заявка: 10.05.2023 Публикация: 08.08.2023) – Адсорбер с регенерацией сорбента в псевдосжиженном слое включает корпус с тангенциальным патрубком ввода жидкости, шнек на центральном стержне, патрубок отвода шлама и подвижный барабан с адсорбентом. Под барабаном установлен патрубок подачи компонента десорбции. Техническим результатом является повышение качества очистки.

3. RU 174 230 U1 Атаманова О.В., Косарев А.В., Тихомирова Е.И., Истрашкина М.В. Сорбционный фильтр (Заявка: 28.04.2017. Публикация: 09.10.2017) – Сорбционный фильтр включает металлический корпус с выдвигаемыми кассетами из высокопрочного пластика, заполненными сорбентами. Кассеты перемещаются по направляющим и фиксируются винтами. В верхней части корпуса расположены перфорированные трубки для подачи воды, а нижняя часть каждой кассеты оснащена сеткой и распределительным устройством для равномерного перетока воды между кассетами. В дне корпуса находится водосборный лоток с патрубком для отвода очищенной воды.

4. RU 2 798 979 C1 Чугунов А.Д., Филатова Е.Г., Пожидаев Ю.Н., Адамович С.Н., Оборина Е.Н., Ушаков И.А. Способ получения адсорбента для очистки вод от никеля (II) и других тяжелых металлов (Заявка: 18.04.2022. Публикация: 18.04.2022) – Способ включает модификацию цеолита (гейландит кальция фракции 0,5-1,0 мм) кремнийорганическим соединением. Цеолит предварительно сушат при 150 °С, обрабатывают 10-12%-ным раствором соляной кислоты при 120-150 °С в течение 24 часов, промывают водой до нейтральной реакции и сушат. Затем его модифицируют 1%-ным раствором 1-(3-триэтоксисилилпропил) тиосемикарбазида в гексане при 50 °С с перемешиванием в течение 1 часа. Полученный адсорбент промывают гексаном, сушат на воздухе 12 часов и в сушильном шкафу при 110 °С 1 час.

На основе анализа научно-технической литературы и патентных исследований для очистки промышленных сточных вод, содержащих ионные формы металлов, предлагается метод адсорбционной очистки с применением цеолита в качестве сорбента. В качестве очистного устройства предлагается использовать адсорбционный аппарат, описанный в патенте [5]. Конструкция фильтра включает цилиндрический пластиковый корпус с трехслойной сорбционной загрузкой: силикагель марки АСКГ, анионит марки АВ-17-8 и термически обработанный бентонит с углеродными нанотрубками.

Адсорбционная очистка демонстрирует высокую эффективность благодаря значительной удельной поверхности и пористой структуре сорбентов, способности улавливать разнообразные загрязнения на молекулярном уровне, а также возможности комбинирования с другими методами очистки. Важными преимуществами метода являются регенерация и повторное использование материалов, что обеспечивает экономически выгодное и экологически безопасное решение проблемы очистки промышленных стоков. В качестве сорбента предлагается использовать цеолит, рассмотренный в статье [2]. Цеолит эффективен для адсорбционной очистки сточных вод благодаря уникальным свойствам. Цеолиты обладают высокой удельной поверхностью и пористой структурой, обеспечивающей большую адсорбционную емкость для широкого спектра загрязнений, включая тяжелые металлы (Pb, Cd, Cu), аммоний и органические соединения. Их ионообменные свойства позволяют избирательно удалять ионы металлов, заменяя их на менее вредные. Цеолиты устойчивы к высоким температурам, кислотам и щелочам, что обеспечивает долговечность. Возможность регенерации и повторного использования делает процесс очистки экономически выгодным и экологически безопасным.

Литература:

1. Hoda Abd El-Azim, Fekry A. Mourad Removal of Heavy Metals Cd (II), Fe (III) and Ni (II), from Aqueous Solutions by Natural (Clinoptilolite) Zeolites and Application to Industrial Wastewater – 2018.
2. Меньшова И.И., Заболотная Е., Челноков В.В., Гарабджиу А.В. Адсорбция органических веществ с применением цеолитов – 2021.
3. Nour T. Abdel-Ghani, Ghadir A. El-Chaghaby , Enas Mohamed Zahran, Cost Effective Adsorption of Aluminium and Iron from Synthetic and Real Wastewater by Rice Hull Activated Carbon (RHAC) – 2015.
4. Тунакова Ю.А., Валиев В.С., Габдрахманова Г.Н. Использование природного цеолита для очистки вод – 2024.
5. Атаманова О.В., Косарев А.В., Тихомирова Е.И., Истрашкина М.В. / Адсорбционный фильтр для очистки воды / Патент RU 182 056 U1, 2018.
6. Мингазетдинов И.Х., Тунакова Ю.А., Габдрахманова Г.Н. / Адсорбер с регенерацией сорбента в псевдосжиженном слое / Патент RU 219 803 U1, 2023.
7. Атаманова О.В., Косарев А.В., Тихомирова Е.И., Истрашкина М.В. / Сорбционный фильтр / Патент RU 174 230 U1, 2017.
8. Чугунов А.Д., Филатова Е.Г., Пожидаев Ю.Н., Адамович С.Н., Оборина Е.Н., Ушаков И.А. / Способ получения адсорбента для очистки вод от никеля (II) и других тяжелых металлов / Патент RU 2 798 979 C1, 2022.

УДК 504.3.054

РАСЧЕТ ПРИЗЕМНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ КОМПОНЕНТОВ ВЫБРОСОВ, ПОСТУПАЮЩИХ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ОТ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩЕГО УСЛУГИ ПО ВЫРАЩИВАНИЮ, ПЕРЕРАБОТКЕ И РЕАЛИЗАЦИИ ПТИЦЫ

Поплавская О.Е.¹, бакалавр

Научный руководитель Шагидуллин А. Р.,^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», Казань

² Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан

В статье проведена оценка влияния агропромышленного объекта на атмосферный воздух. Рассмотрены технологические процессы и состав выбросов. Приведены расчёты приземных концентраций загрязняющих веществ (максимальные разовые и среднегодовые) в прилегающей зоне.

Ключевые слова: выбросы, загрязняющие вещества, агропромышленный объект, приземные концентрации, атмосферный воздух, воздействие.

Агропромышленные предприятия в процессе своей хозяйственной деятельности оказывают определенное влияние на состояние атмосферного воздуха. Степень и специфика такого воздействия зависят от производственной направленности предприятия, используемых технологических процессов, уровня технического оснащения и ряда других факторов. Выбросы, образующиеся при эксплуатации сельскохозяйственной техники, переработке продукции, функционировании животноводческих комплексов и других производственных объектов, распространяются в атмосфере под воздействием воздушных потоков. Проведение расчетов рассеивания выбросов позволяет определить уровень концентрации загрязняющих веществ в приземном воздушном слое (C , мг/м³).

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

В состав агропромышленного объекта входят: птичники, котельные, колбасный цех, кормоцех, деревообрабатывающий участок, холодильная станция. Вредные вещества поступают в атмосферу через системы вентиляции, при кормлении птицы, уборке помёта, работе технологического оборудования и хранении отходов. Основные загрязнители: аммиак, сероводород,

органическая пыль и летучие соединения. Общий объём выбросов составляет 196,2 т/год, из которых 119,3 т/год - оксид углерода (основной источник - котельные установки и автотранспорт предприятия).

На рисунке 1 видно процентное соотношение выбросов вредных веществ в атмосферный воздух. Основную долю выбросов составляет оксид углерода (75%), что значительно превышает другие компоненты. Метан занимает 11% от общего объема выбросов, тогда как пыль зерновая, пыль меховая и диоксид серы составляют по 4% каждый.

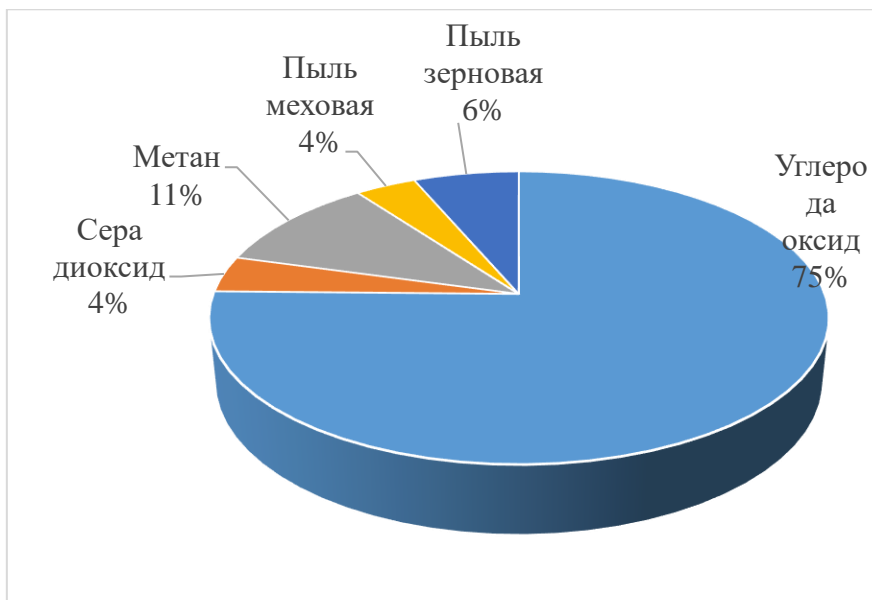


Рисунок 1 - Состав выбросов вредных веществ в атмосферный воздух

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

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

Для этого на территории ближайших жилых зон были заданы расчетные точки (табл. 2). Для получения полей распределения концентраций вредных

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

Таблица 1 - Распределение источников выбросов по высоте

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

Таблица 2 - Расчетные точки на территории ближайших жилых зон

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

Таблица 3 - Параметры расчетного прямоугольника

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

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

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

- «Интеграл» (расчет выбросов и рассеивания 3В [4].

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

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

Результаты (табл. 4 и 5) представлены в абсолютных единицах и долях ПДК/ОБУВ для ближайших жилых зон.

Таблица 4 Результаты расчета максимальных разовых концентраций в точках ближайших жилых зон

Код	Наименование	ПДК, мг/м ³	Максимальная концентрация	
			доли ПДК	мг/м ³
143	Марганец и его соединения (в пересчете на марганец (IV) оксид)	0,01	0,011	1,1347E-04
301	Азота диоксид (Двуокись азота; пероксид азота)	0,2	0,590	0,1180
0322	Серная кислота (по молекуле H ₂ SO ₄)	0,3	2,7247E-06	8,5885E-07
304	Азот (II) оксид (Азот монооксид)	0,4	0,0499	0,01995
337	Углерода оксид (Углерод окись; углерод моноокись; угарный газ)	5	0,0911	0,4553
342	Фтористые газообразные соединения/в пересчете на фтор/: - гидроф	0,02	0,0012	2,2259E-05
602	Бензол (Циклогексатриен; фенилгидрид)	0,3	6,4076E-05	1,9187E-05
616	Диметилбензол (смесь о-, м-, п- изомеров) (Метилтолуол)	0,2	6,4944E-05	1,5928E-05
621	Метилбензол (Фенилметан)	0,6	0,0002	0,0001
1061	Этанол (Этиловый спирт; метилкарбинол)	5	1,5387E-05	1,0984

2920	Пыль меховая (шерстяная, пуховая)	0,03	2144,25	164,3333
3721	Пыль мучная	6	1,098	1,098
2936	Пыль древесная		2765,9167	1382,9167
6004	Аммиак, сероводород, формальдегид	0,2	3605,6667	-
6040	Серы диоксид и трехокись серы (аэрозоль серной кислоты), аммиак	0,5	2359,0833	-
1325	Формальдегид (Муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид)	0,05	2132,75	106,6667
6043	Серы диоксид и сероводород	1	1459	-
6046	Углерода оксид и пыль цементного производства	1	455,4167	-
6204	Азота диоксид, серы диоксид	1,6	1912,25	-
6205	Серы диоксид и фтористый водород	1,8	166,3333	-

Таблица 5 - Результаты расчета среднегодовых концентраций в точках ближайших жилых зон

Код	Наименование	ПДК, мг/м ³	Максимальная концентрация	
			доли ПДК	мг/м ³
123	диЖелезо триоксид (железа оксид) (в пересчете на железо)	0,04	0,5947	2,9183
143	Марганец и его соединения (в пересчете на марганец (IV) оксид)	0,00005	9,75	0,7501
322	Серная кислота (по молекуле H ₂ SO ₄)	0,3	1,6669	1,6667
342	Гидрофторид (Водород фторид; фтороводород)	0,005	2,1695	2,0834
602	Бензол (Циклогексатриен; фенилгидрид)	0,005	1,841	0,7514
621	Метилбензол (Фенилметан)	0,4	0,9392	2,1697

703	Бенз/а/пирен	0,000001	2,5308	2,5
1071	Гидроксибензол (фенол)	0,003	31,5833	2,0149
1325	Формальдегид (Муравьиный альдегид, оксметан, метиленоксид)	0,05	769,25	2,3333
3721	Пыль мучная	6	2,5834	0,8334

На рисунке 2 представлен результат расчета полей максимальных концентраций для диоксида серы (SO_2) и трехоксида серы (SO_3)

Наибольшие концентрации загрязняющих веществ были зафиксированы в северо-западном направлении от источника выбросов. В контрольной точке №001 концентрация составила 0,59 мг/м³ (1,18 ПДК), в точке №002 - 0,585 мг/м³ (1,17 ПДК). Полученные значения демонстрируют значительное превышение предельно допустимых концентраций. Максимальная зарегистрированная концентрация достигла 0,59 мг/м³ при превышении ПДК на 17-18% в обеих контрольных точках. Такие уровни загрязнения создают серьезную угрозу для здоровья населения и состояния окружающей среды. Устойчивое превышение ПДК в жилой зоне свидетельствует о необходимости срочного внедрения мер по снижению выбросов и организации постоянного экологического мониторинга.

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

Код расчета: 6040 (Серы диоксид и трехокись серы (аэрозоль серной кислоты), аммиак)

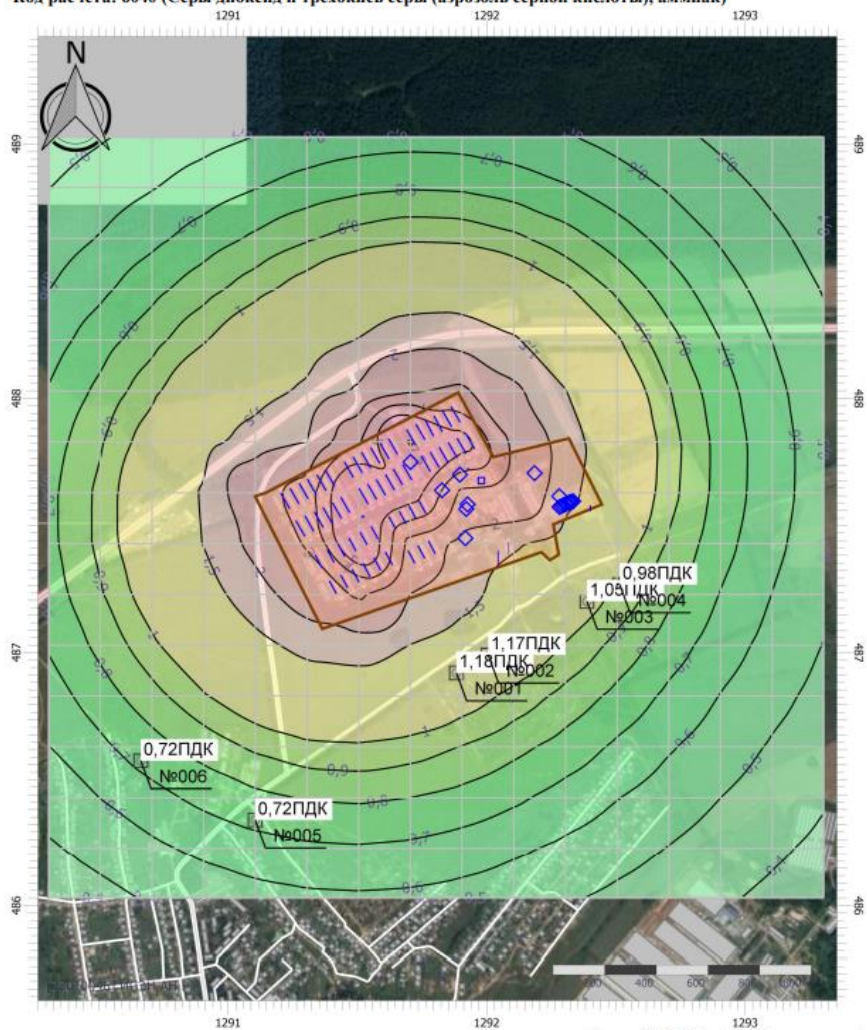


Рисунок 2 (6040) - Расчет полей максимальных концентраций для диоксида серы (SO_2) и трехоксида серы (SO_3)

Литература:

1. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»

2. Экологический программный комплекс для персональных ЭВМ : Теорет. основы и руководство пользователя ЭПК "Zone": Разраб. "Ленэкософт". СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 165с

3. Официальный сайт ООО «Фирма «Интеграл»». URL: <https://integral.ru/news/>.

4. Бузало Г.А., Бузало Н.С., Коцур С.В., Никифоров А.А. Некоторые задачи оптимизации в проблеме загрязнения атмосферы промышленного региона // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Технические науки, Новочеркасск.2010. № 6. С. 107–110.

5. Приказ Минприроды России от 06.06.2017 № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» (зарегистрировано в Минюсте России 10.08.2017 № 47734).

6. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Валиев В.С., Григорьева И.Г., Кузнецова О.Н. Разработка моделей прогноза концентрации примесей в приземном слое атмосферного воздуха на основании значимых метеорологических параметров//Вестник Технологического университета. 2016. Т. 19. № 22. С. 179-181.

7. Шагидуллин А.Р., Тунакова Ю.А., Шагидуллин Р.Р., Кузнецова О.Н. Оценка уровня загрязнения воздушного бассейна г.Казани выбросами стационарных и передвижных источников загрязнения (Сообщение 1) // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 8. С. 231-233.

УДК 628.316(476)

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРИ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД г. БОБРУЙСКА

Прилиц Ю. С., магистрант

Научный руководитель Цыганова А.А.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье представлены данные об объемах сточных вод, поступающих на очистные сооружения г. Бобруйска и количестве образующегося избыточного активного ила и осадка сточных вод, проведен анализ динамики образования ила и осадка сточных за период 2021 года по 2024 гг.

Ключевые слова: сточные воды, осадок сточных вод, активный ил, очистные сооружения

В процессе очистки сточных вод на очистных сооружениях г. Бобруйска образуются осадки сточных вод, которые не подвергаются какой-либо

переработке, кроме как обезвоживанию на иловых картах в естественных условиях. Процесс обезвоживания длительный, занимает обширные площади под иловые карты. Накопление осадков сточных вод обуславливает эмиссию вредных веществ в атмосферный воздух, способствует загрязнению почв, поверхностных и подземных вод, растительного покрова токсичными ингредиентами, содержащимися в составе осадков. [1] На данный момент иловые карты г. Бобруйска переполнены, что создает неблагоприятную экологическую ситуацию в районе их размещения и может привести к дополнительному отчуждению земель для организации карт хранения. В городе Бобруйске и в Могилевской области отсутствуют объекты по использованию осадков сточных вод. Объекты по использованию вышеуказанных отходов, расположенные в других областях отказываются принимать осадки очистных сооружений г. Бобруйска из-за больших объемов и не подходящего состава, так же возить большие объемы отходов на дальние расстояния экономически нецелесообразно.

В процессах механической, биологической и физико-химической очистки сточных вод на городских очистных сооружениях образуются различного вида осадки, содержащие органические и минеральные компоненты. [2].

Наибольший удельный вес в общей структуре осадков имеют избыточный активный ил и сырой осадок, причем объем избыточного активного ила в 1,5–2 раза больше, чем объем сырого осадка [3]. Сырые осадки задерживаются первичными отстойниками. На 75-80% состоят из органических примесей, осаждаемых из сточных вод. Представляют собой студенистую суспензию. Быстро загнивают, издавая неприятный запах. Механический состав осадков после первичных отстойников отличается большой неоднородностью. Влажность таких осадков составляет 93-94%. Избыточный активный ил представляет собой прирост биомассы микроорганизмов в процессе биохимического окисления органических загрязняющих веществ. Структура активного ила представляет хлопьевидную массу бурого цвета. В свежем виде активный ил не имеет запаха, но, загнивая, издает специфический гнилостный запах. По механическому составу активный ил относится к тонким суспензиям, состоящим на 98% по массе из частиц размером менее 1 мм. Активный ил аэротенков отличается высокой влажностью 99,2-99,7 %. [2]

В ходе исследования были проанализированы объемы образования избыточного активного ила и осадка сточных вод в период с 2021 года по 2024 год, а также динамика образования сырого осадка сточных вод после первичных отстойников, образующихся на очистных сооружениях г. Бобруйска в период с 2021-2024 гг. Динамика объема поступления сточных вод на очистные сооружения г. Бобруйска представлена на рисунке 1.

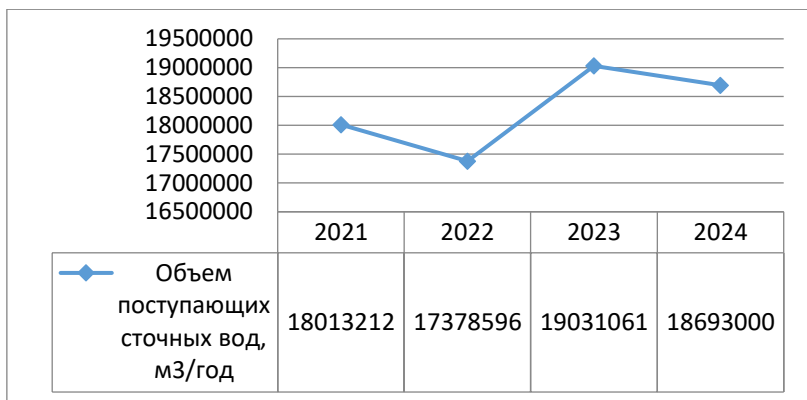


Рисунок 1 – Динамика объема сточных вод, поступающих на очистные сооружения г. Бобруйска в период с 2021-2024 гг.

Отраженная на рисунке 1 динамика объёма сточных вод свидетельствует о достаточно высоких ежегодных объёмах сточных вод, максимальный объём был зафиксирован в 2023 году (19031061 м³/год).



Рисунок 2 – Динамика образования сырого осадка сточных вод после первичных отстойников, образующихся на очистных сооружениях г.Бобруйска в период с 2021-2024 гг.

Динамика образования сырого осадка сточных вод после первичных отстойников на прямую зависела от объема образовавшихся сточных вод и достигала максимального значения в 2023 году 54123 т/год.

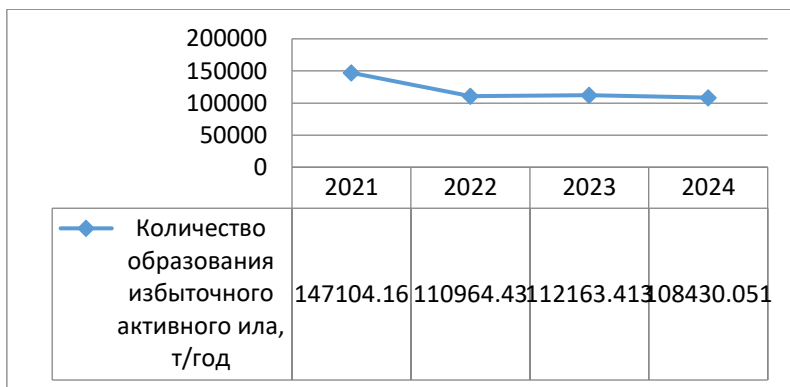


Рисунок 3 – Динамика образования избыточного активного ила, образующихся на очистных сооружениях г.Бобруйска в период с 2021-2024 г.г.

Важным показателем, характеризующим степень загрязненности поступающих на очистку сточных вод и влияющим на биологическую очистку и работу аэротенков является показатель БПК₅. От этого показателя зависит образование избыточного активного ила. Наибольшее количество образования избыточного активного ила приходился на 2021 год. В этом же году и средний показатель БПК₅ сточных вод, поступающих в аэротенки после 1-х отстойников максимальный.

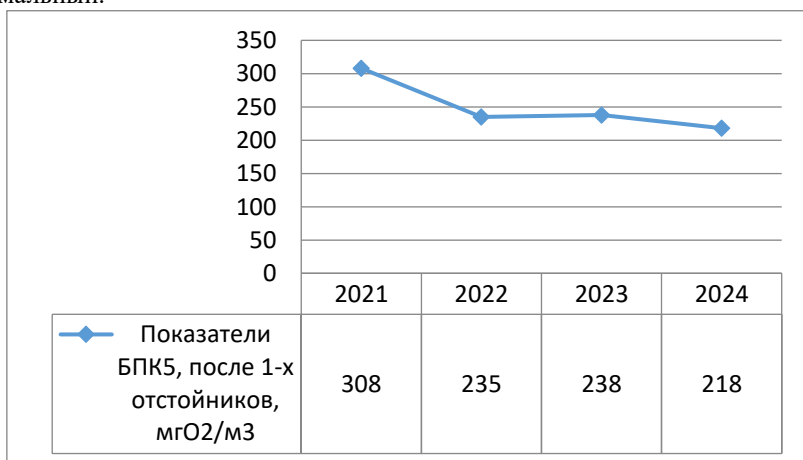


Рисунок 4- Динамика определения показателя БПК₅ в сточных водах, поступающих на аэротенки после 1-х отстойников перед аэротенками очистных сооружений г.Бобруйска в период с 2021-2024 г.г.

Таким образом проанализировав динамику образования осадков сточных вод за 2021-2024 годы можно сделать вывод, что количество образованного сырого осадка напрямую зависит от объемов сточных вод, поступающих на очистные сооружения, а также от концентрации взвешенных веществ в составе сточных вод на входе на очистные сооружения и после первичных отстойников. Количество образования избыточного активного ила зависит от объема сточных вод, поступающих на очистные сооружения и в значительной степени от состава поступающих сточных вод. Высококонцентрированные сточные воды, поступающие от промышленных предприятий города, приводят к увеличению показателей БПК₅ и способствуют увеличению нагрузки на активный ил в аэротенках на стадии биологической очистки и увеличению выводимого избыточного активного ила.

Литература:

1. Насыров И.А. Проблемы пиролизной переработки углеродсодержащих отходов/И.А. Насыров, Г.В. Маврин, М.П. Соколов// [электронный ресурс]/ Казанский (Привожский) федеральный университет. – Режимдоступа:https://kpfu.ru/portal/docs/F1448255442/Nasyrov_.Mavrin_.Sokolov_.pdf/. Дата_доступа: 06.03.2024
2. Воронов, Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учеб. Для вузов / Ю.В. Воронов, С.В. Яковлев. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.
3. Новикова О. К. Обработка осадков сточных вод / О. К. Новикова. – Гомель: БГУТ, 2015.-98 с.

УДК 628.381.1(476)

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Прилищ Ю.С. магистрант

Научный руководитель Цыганова А.А.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье представлены и проанализированы данные по химическому составу осадков сточных вод г. Бобруйска и рассмотрена возможность применения их в качестве почвогрунтов для озеленения городских территорий

Ключевые слова: сточные воды, очистка сточных вод, осадки сточных вод, использование осадков сточных вод, иловые карты, отходы, озеленение городских территорий.

Одним из видов отходов, проблема вовлечения которых в хозяйственный оборот стоит особенно остро, являются осадки очистных сооружений сточных вод. [1] Осадки сточных вод представляют важный побочный продукт при традиционной очистке городских сточных вод. На очистных сооружениях г. Бобруйска иловые площадки практически переполнены, а дальнейший отвод земельных участков под их размещение на данный момент не представляется возможным. Хранение осадков на иловых площадках угрожает водным и почвенным ресурсам, а трансформация органических веществ, содержащихся в осадке, вызывает загрязнение атмосферного воздуха. Таким образом, поиск путей использования осадков сточных вод представляет собой актуальную задачу, требующую адекватных механизмов ее решения. [2]

Качество образующихся на очистных сооружениях осадков зависит от состава сточных вод, технологий обработки осадков сточных вод, длительности и условий их хранения

Несомненным достоинством осадков сточных вод является высокое содержание в них органического вещества, которое может варьировать в пределах 40-75 %. Важнейшим компонентом минеральных веществ осадков сточных вод является широкий набор микроэлементов. Микроэлементы необходимы для нормального роста и развития растений. [3] Наличие в составе осадков сточных вод органического вещества, биогенных элементов и микроэлементов указывает на потенциальную удобрительную ценность данного вида отхода при допустимых уровнях содержания в их составе загрязняющих веществ и санитарно-гигиенической пригодности. [1]

Согласно результатам проведенных исследований, образцов осадка сточных вод из 14 иловых карт г. Бобруйска определено, что осадки сточных вод по кислотности, содержанию азота и фосфора соответствуют требованиям, установленным техническими условиями Республики Беларусь при применении их в качестве удобрений, для озеленения городских территорий и для рекультивации нарушенных земель.

Кислотность осадков сточных вод составляет 7,0–8,3 ед. рН. Массовая доля общего азота в осадках сточных вод из иловых карт варьирует от 0,7 % до 3,2 %, фосфора – от 1,1 % до 6,4 %, калия – от 0,3 % до 0,8 % (на сухое вещество). В сыром осадке содержится 3,53 % азота, 3,89 % фосфора, 2,47 % калия. Содержание органического вещества в осадках сточных вод высокое – от 45,3 % до 73,5 %.

Содержание химических элементов (Pb, Cd, As, Cu, Zn, Mn, Ni, Cr) в осадках сточных вод очистных сооружений г. Бобруйска не превышает допустимых Директивой ЕЭС и стандартами США значений [5,6], однако, превышает их допустимые концентрации в почве. [7] (таблица 1).

Осадки сточных вод согласно требованиям ГОСТ Р 54534–2011 [9] могут применяться для биологической и технической рекультивации нарушенных

земель. Однако в отобранных пробах осадков сточных вод некоторых иловых карт выявлено большое содержание хрома, что ограничивает их прямое применение для рекультивации нарушенных земель.

Таблица 1 – Содержание валовых форм химических элементов в осадках сточных вод очистных сооружений г. Бобруйска (мг/кг сточных вод)

Название образца	Pb	Cd	As	Cu	Zn	Mn	Ni	Cr
1	2	3	4	6	7	8	9	11
ИК 1	29,92	0,99	5,54	251,4	1112,0	297,3	24,09	2654,0
ИК 2	31,92	0,89	4,24	216,1	944,9	346,4	23,18	1982,0
ИК 3	16,38	0,10	0,35	52,59	265,0	123,0	18,03	665,7
ИК 4	24,44	0,98	3,74	198,2	907,4	262,8	24,73	1995,0
ИК 5	18,41	0,59	1,72	172,7	977,8	237,0	26,81	1844,0
ИК 6	19,13	1,67	4,08	166,1	673,7	385,3	15,18	2022,0
ИК 7	30,49	0,84	4,75	231,3	969,1	276,1	24,25	2201,0
ИК 8	22,62	0,67	1,61	194,2	1255,0	417,9	25,54	1947,0
ИК 9	27,38	0,78	2,08	231,4	1158,0	294,2	26,75	3248,0
ИК 10	27,19	0,72	2,07	220,9	1007,0	471,4	27,45	2256,0
ИК 11	4,98	0,06	н/о	30,77	138,4	90,39	8,98	840,8
ИК 12	24,26	0,74	2,69	224,4	1089,0	276,2	34,81	2693,0
ИК 13	27,15	1,36	2,59	267,2	1066,0	524,8	19,85	2414,0
ИК 14	20,62	0,66	2,09	191,1	906,8	273,7	19,51	1875,0
Сырой осадок	17,13	0,31	2,17	100,7	582,1	178,2	19,31	1055,0
ГОСТ Р 17.4.3.07–2001 [8]	250*/500**	15*/30**	10*/20**	750*/1500**	1750*/3500**	н/н	200*/400**	500*/1000**
ГОСТ Р 54534–2011 [9]	500°/1000°°	30°/60°°	20°/40°°	750°/1500°°	3500°/7000°°	н/н	400°/800°°	1000°/2000°°
ГОСТ Р 54651–2011 [4]	130°/250°	2°/15°	2°/10°	132°/750°	220°/1750°	н/н	80°/200°	90°/500°

Директива ЕЭС 86/278/ЕЭС [5]	750– 1200	20–40	н/н	1000– 1750	2500– 4000	н/н	300– 400	н/н
Стандарты США [6]	840	85	75	4300	7500	н/н	420	н/н
ПДК/ОДК почв [7]	32,0	0,5	2,0	33,0	55,0	1500,0	20,0	100,0

* – осадки используют под все виды сельскохозяйственных культур, кроме овощных, грибов, зеленных и земляники;

** – осадки используют под зерновые, зернобобовые, зернофуражные и технические культуры;

* и ** – используют в промышленном цветоводстве, зеленом строительстве, лесных и декоративных питомниках, для биологической рекультивации нарушенных земель и полигонов ТБО;

° – при использовании для биологической рекультивации;

∞ – при использовании для технической рекультивации;

' – удобрения на основе осадков сточных вод, используемые для выращивания технических, кормовых, зерновых и сидеральных культур, в личном подсобном хозяйстве при выращивании рассады овощных и цветочных культур;

" – удобрения на основе осадков сточных вод, используемые под посадки лесохозяйственных культур вдоль дорог, в питомниках лесных и декоративных культур, цветоводстве, для окультуривания истощенных почв, рекультивации нарушенных земель и откосов автомобильных дорог, рекультивации свалок твердых бытовых отходов;

н/н – не нормируется;

н/о – ниже предела обнаружения.

Установлено, что в образцах осадков сточных вод очистных сооружений г. Бобруйска отсутствуют яйца и личинки гельминтов (жизнеспособных), цисты кишечных патогенных простейших, энтерококки, патогенные энтеробактерии. Содержание бактерий группы кишечной палочки в осадках сточных вод составляет 12–18 клеток/г осадка, что превышает допустимые значения в соответствии с требованиями Инструкции 2.1.7.11-12-5-2004 «Гигиеническая оценка почвы населенных мест». [10]

Проанализировав состав осадков сточных вод очистных сооружений г. Бобруйска можно сделать вывод, что по агрохимическим показателям осадки сточных вод пригодны для применения в качестве компонентов почвогрунтов при озеленении городских территорий и субстратов для рекультивации нарушенных земель, а некоторые пробы и в качестве удобрений. Ограничивающим фактором использования данных осадков сточных вод является высокое содержание в них некоторых химических элементов, в частности хрома, а также превышение допустимого содержания бактерий группы кишечной палочки. В связи с этим при применении вариантов использования осадков сточных вод следует предусмотреть технологии,

направленные на снижение концентрации химических элементов и обеззараживание субстрата, например, компостирование.

Литература:

1. Марцуль, В.Н. Обращение с осадками очистных сооружений канализации в Республике Беларусь / В.Н. Марцуль, И.В. Войтов // Новые технологии рециклинга отходов производства и потребления : материалы докл. Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 19–21 окт. 2016 г. – Минск, 2016. – С. 5-8.

2. Современные технологии обращения с осадками сточных вод. Краткий литературный обзор / О.И. Копытенкова [и др.] // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2021. – Т. 16, № 1. – С. 45-58.

3. Проблема утилизации осадков сточных вод (ОСВ) в качестве удобрения сельскохозяйственных культур / А.Х. Куликова [и др.] // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2007. – № 1 (4). – С. 8-18.

4. Удобрения органические на основе осадков сточных вод. Технические условия: ГОСТ Р 54651–2011. – Введ. 01.01.2013. – М.: Стандартинформ, 2012. – 16 с.

5. 20. Council Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture // Official Journal of the European Communities. – 1986. – Vol. 29 (181). – P. 6-13.

6. CFR PART 503.13 – Pollutant limits [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/503.13>. – Дата доступа: 11.02.2024.

7. Охрана окружающей среды и природопользование Земли. Порядок выполнения работ по дифференцированному нормированию содержания химических веществ в землях (включая почвы): ТПК 17.03-06-2019 (33140). Введ. 14.01.2019. – Минск, 2019. – 21 с.

8. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений: ГОСТ Р 17.4.3.07–2001. – Введ. 01.10.2001. – М. : Стандартинформ, 2008. – 5 с.

9. Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель: ГОСТ Р 54534–2011. – Введ. 01.01.2013. – М. : Стандартинформ, 2019. – 12 с.

10. Гигиеническая оценка почвы населенных мест: Инструкция 2.1.7.11-12-5-2004, утв. постановлением Главного государственного санитарного врача от 03.03.2004 № 32 // Сборник нормативных документов по гигиенической оценке почвы населенных мест. – Минск, 2004. – С. 3-38.

ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL ASPECTS OF COLLANT-CUTTING FLUIDS APPLICATION

Prozorova M.A., student

Scientific supervisor Zelianukha A.V.

Foreign language consultant Slesaryonok E.V.

Belarusian National University of Technology, Belarus

The paper examines the ecological aspects of applying coolant-cutting fluids for mechanical processing of metals and alloys.

Keywords: coolant-cutting fluids, mechanical processing of metals, environmental aspects.

Coolant-cutting fluids (CCF) occupy an important place in mechanical engineering. They represent special compounds designed to improve cutting, drilling, milling and other types of processing. Among the advantages of using cooling lubricants it is possible to underline the following: preventing overheating of parts, improving the quality of metalworking, as well as reducing equipment wear. Multifunctionality makes coolant-cutting fluids a versatile solution for various processes at mechanical engineering and metallurgical enterprises.

According to their composition and properties, coolant-cutting fluids are divided into two main categories: oil-based fluids and water-soluble cooling fluids. Oil-based cutting fluids typically contain about 70-90% of mineral oils, and additives for various functional purposes are also added. Their advantages over other cutting fluids include excellent lubricating properties; however they also have some drawbacks such as limited cooling capacity and rapid evaporation.

Water-soluble cooling fluids being more widely used include emulsifying (emulsols), semi-synthetic and synthetic cutting fluids.

The composition of emulsifying coolant-cutting fluids is represented by a mixture of mineral oils, emulsifiers, corrosion inhibitors, biocides and various additives. Low bioresistance and stability, rapid depletion and loss of anti-corrosion properties can be assigned to their drawbacks.

The basis of the composition of synthetic coolant-cutting fluids are water-soluble polymers or surfactant compositions, mineral oils are not present. Their properties include versatile application, a fairly long service life, and high anti-corrosion properties.

Semi-synthetic coolant-cutting fluids contain mineral oils. They account for about 10-30% of the composition. Their lubricating properties are much better than that of synthetic coolant-cutting fluids. It should also be noted that semi-synthetic coolant-cutting fluids are more resistant to biodeterioration than emulsols.

The service life of coolant-cutting solutions, as a rule, ranges from two weeks to several months. It depends on the concentration of mechanical impurities in the coolant, and the addition of bactericidal components increases its share.

However, it should be stressed that the application of coolant-cutting fluids is accompanied by a number of vital environmental aspects. First of all, the application of coolant-cutting fluids during the mechanical processing of metals leads to the formation of finely dispersed oil aerosol and products of its thermal decomposition. The amount of pollutants is primarily affected by the shape and size of the workpiece, the processing mode, the consumption and methods of supplying the cutting fluid. Table 1 shows the specific emissions of oil and emulsifier aerosols during mechanical processing of metals using coolant-cutting fluids [1].

As can be seen from Table 1, the largest amount of emulsol is released during metal processing on grinding machines with oil cooling.

Environmental aspects can also include the formation of spent coolant-cutting fluids, which require addressing issues of their further handling. According to the waste classifier of the Republic of Belarus, “sludge after settling of coolant-cutting fluids” is classified under code 5470800 and has hazard class 4 [2].

Coolant-cutting fluids, despite their importance in production processes, represent a significant environmental burden. Ensuring effective wastewater treatment, as well as the use of environmentally friendly alternatives, is an important strategy for reducing the negative impact on the environment.

Table 1 - Specific emissions of oil and emulsifier aerosols during mechanical processing of metals using coolant-cutting fluids

Name of the technological process		The amount of emulsol released into the atmosphere, 10^{-2} g/h per 1 kW of machine power
Metal processing on turning, drilling, milling, planing, drawing, thread rolling, boring machines	oil cooling	2,02
	cooling by emulsion with emulsol content less than 3%	0,18
	cooling by emulsion with emulsol content from 3 to 10%	0,16
Metal processing on grinding machines	oil cooling	28,8
	cooling by emulsion with emulsol content less than 3%	0,37
	cooling by emulsion with emulsol content from 3 to 10%	3,73

As a rule, wastewater treatment involves several stages. The first stage is receiving and averaging wastewater for further clarification. Then, free oil is removed, which minimizes the content of oily contaminants. The next stage involves filtration

and chip cleaning, aimed at solving the problem of mechanical contaminants. Ultrafiltration cleaning, using membrane technologies, allows for the removal of small particles.

In conclusion, it is to underline that in order to reduce significantly the negative impact of coolant-cutting fluids on the environment and downgrade the environmental load, it is vitally important to focus primarily on the development and implementation of environmentally friendly coolant-cutting fluids. Research being conducted in the field of creating fluids based on natural components and biodegradable substances will help reduce toxicity and improve environmental properties. An important stage is considered to be the implementation of cutting fluid reuse systems, which involves the use of technologies for the recycling and reuse of fluids at production stages. This will significantly minimize the consumption of new coolant-cutting fluids and reduce the amount of waste generated. In addition, it is necessary to improve wastewater treatment systems. Modernization of existing systems, the use of modern membrane technologies and active reagents for the removal of mechanical and chemical contaminants will increase the efficiency of cleaning. Thus, an integrated approach to issues related to the use of cutting fluids will reduce the load on environmental components.

Literature:

1. ТКП 17.08-02-2006 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов при сварке, резке, механической обработке металлов. – Мн., 2006. – 46 с.

2. Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь, утв. постановлением Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 8 ноября 2007 г. № 85.

УДК 551.555

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВЕТРОВОГО РЕЖИМА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

Протасевич А.С., аспирант кафедры природообустройства

Научный руководитель Мешик О.П.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», Беларусь

В работе рассматривается ветровой режим на территории Белорусского Полесья. В качестве исходных данных используются данные метеорологических наблюдений по 7 метеостанциям исследуемой территории за репрезентативный период с 1966 по 2020 гг. Дана оценка пространственно-временной изменчивости ветрового режима территории Белорусского Полесья.

Ключевые слова: ветер, ветровой режим, пространственно-временная изменчивость, скорость ветра, ветровая эрозия.

В последние годы значительное внимание уделяется вопросам изменения климата и последствиям, к которым они приводят. Одним из основных климатообразующих факторов является ветер. Ветер относится к основным метеорологическим характеристикам, которые формируют климатический режим местности и, прямо или косвенно, влияют на все виды человеческой деятельности. Сведения о параметрах ветра имеют большое практическое значение во многих отраслях народного хозяйства: сельском (ветровая эрозия) и лесном (деградация лесного фонда), энергетике, транспорте, промышленном и гражданском строительстве (разрушение конструкций и сооружений). Из всех климатических факторов ветер отличается наибольшей пространственно-временной изменчивостью, поэтому изучение закономерностей распределения поля ветра представляет значительный теоретический и практический интерес.

Земельные ресурсы входят в состав земельного фонда страны, который служит для осуществления хозяйственной деятельности человека, поэтому состояние земель и почв напрямую зависит от характера воздействия человека на них.

На территории Республики Беларусь прослеживается тенденция сокращения площади сельскохозяйственных земель. Одной из основных причин снижения площадей сельскохозяйственных земель, а также наиболее актуальной проблемой экологии на территории Беларуси является деградация. Последствия деградации земель проявляется в изменении состояния почв, под воздействием антропогенных (неправильное землепользование) и природных факторов. Этот процесс связан с ухудшением физических, биологических и химических свойств.

К настоящему времени в Республике Беларусь накоплен значительный опыт научных исследований, отражающих последствия эрозийных процессов, однако ветровой режим территории как основная причина дефляции изучен недостаточно.

Многими климатологами отмечается снижение скоростей ветра на исследуемой территории в связи с потеплением климата, однако на наш взгляд это связано с увеличением шероховатости подстилающей земной поверхности, вызванной застройкой и зарастанием древесно-кустарниковой растительностью ближайшего окружения метеоплощадок. Основные работы, посвященные исследованиям пространственно-временной изменчивости ветрового режима, ограничиваются 2015 годом и не учитывают современные тренды. Все это предполагает проведение дальнейших прикладных исследований ветрового режима исследуемой территории в контексте его влияния на эрозийные процессы.

Поскольку ветер относится к числу климатических факторов, оказывающих существенное влияние на формирование внешней среды, у человека появилась необходимость изучать, измерять, обеспечивать потребителей информацией о фактической погоде в пунктах наблюдений, предупреждать об опасных скоростях ветра, способных нанести существенный экологический урон составляющим окружающей природной среды, рассчитывать ветровые нагрузки и прогнозировать ветровое давление на конструкции зданий и сооружений.

В работе проанализирован материал, касающийся пространственно-временной изменчивости скоростей и направлений ветра. Оценены временные ряды за репрезентативный период с 1966 по 2020 гг. по метеостанциям Белорусского Полесья. Эти метеостанции являются репрезентативными, так как ряды данных наблюдений не имеют пропусков, а метеорологические станции расположены достаточно равномерно по территории Белорусского Полесья. Данные наблюдений опубликованы в соответствующих метеорологических ежемесячниках [2] и согласуются с данными климатического кадастра Республики Беларусь. В таблице 1 представлены ранжированные значения максимальных скоростей ветра.

Таблица 1– Ранжированные максимальные скорости ветра за 1981–2020 гг.

Скорость ветра, м/с	Месяц	Год	Метеостанция
25	февраль	1970	Марьина Горка
24	ноябрь	1970	Гомель
24	октябрь	1971	Барановичи
23	март	2002	Костюковичи
22	март	1972	Пинск
18	январь	1970	Василевичи
14	ноябрь	1988	Брест

Максимальное значение скорости ветра – 25 м/с было зарегистрировано в феврале 1970 года на метеорологической станции Марьина Горка. Преимущественно максимальные скорости ветра наблюдаются в осенне-зимний период на метеостанциях, расположенных на юго-востоке Белорусского Полесья. На остальной части ветровые аномалии минимизированы, что вероятно связано с орографическими особенностями исследуемой территории.

На рисунке 1 представлен внутригодовой ход среднегодовых скоростей ветра на территории Белорусского Полесья за исследуемый период. Наименьшие значения скоростей ветра приходятся на теплый период года (май-август), с резким ростом в зимний период (ноябрь-февраль).

На рисунке 2 представлена динамика временной изменчивости среднегодовых скоростей ветра за исследуемый период (1981-2020 гг.), которая позволяет выявить трендовую составляющую.

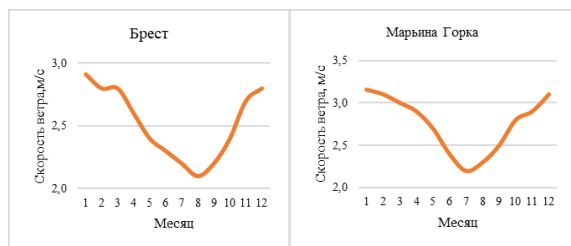


Рисунок 1 – Внутригодовой ход среднегодовых скоростей ветра на территории Белорусского Полесья за период с 1981 по 2020 гг., м/с

На всех метеостанциях имеют место отрицательные тренды, что позволяет сделать вывод о снижении скоростей ветра по всей исследуемой территории, в качестве причин следует отметить общепланетарные процессы и увеличение шероховатости подстилающей поверхности вблизи метеоплощадок (застройка, зарастание древесно-кустарниковой растительностью).

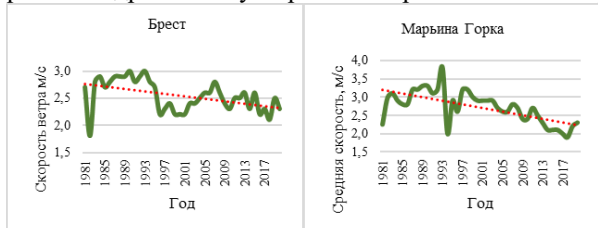


Рисунок 2 – Динамика скоростей ветра за исследуемый репрезентативный период (1981-2020 гг.), м/с

Для оценки пространственной изменчивости скоростей ветра на территории Беларуси нами было выполнено их районирование (рисунок 3).

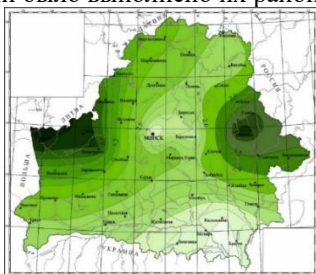


Рисунок 3 – Распределение среднегодовой скорости ветра на территории Беларуси за период 1981-2020 гг., м/с

Анализ построенной карты показывает, что среднегодовая скорость увеличивается с юго-востока к центру Беларуси (от 2,1 м/с до 2,7 м/с) и от центра идет на спад в северо-восточном направлении (от 2,7 м/с до 2,4 м/с), а с

запада и востока страны идет уменьшение скоростей ветра к центру страны (от 3,7 м/с до 2,2 м/с).

Основными факторами влияния топографии местности на параметры ветра являются, затенение объекта препятствиями, шероховатость подстилающей поверхности земли и орография местности.

Дефляционные процессы преимущественно возникают на минеральных почвах при скоростях ветра 5-6 м/с, на осушенных торфяниках 8-9 м/с. На территории Белорусского Полесья преобладают ветры со скоростью 3-5 м/с, на отдельных участках скорость ветра увеличивается до 27 м/с и более (при порывах) [3].

При осуществлении приземных метеорологических наблюдений на метеостанциях за ветровым режимом средняя скорость ветра у поверхности земли измеряется на высоте 10-12 м, однако при решении многих прикладных задач необходимо перерасчет от 10-метровой высоты к высоте над поверхностью земли. Это может быть осуществлено исходя из следующих зависимостей, приведенных в таблице 2.

Таблица 2 – Методики расчета профилей скорости ветра

Автор	Методика
Hellman G.	$\frac{u_z}{u_{10}} = \left(\frac{z}{z_{10}}\right)^m$
Теория подобия Монин-Обухова	$u_z = \frac{u_*}{\chi} \left[\ln \left(\frac{z}{z_0} \right) - \psi_m * \left(\frac{z}{L}, \frac{z_0}{L} \right) \right]$
G. Hellman, A. Davenport, W. Pagon	$V(z) = V_a * (z/z_a)^\alpha$
E. Deacon, H. Tennekes, Deaves & Harris	$V(z) = V_a * \frac{\ln(z/z_0)}{\ln(z_a/z_0)}$

Между зависимостями, приведенными в таблице, описывающими вертикальный профиль ветра, существует один общий параметр – параметр шероховатости подстилающей земной поверхности z_0 . Фактически z_0 является нулевым уровнем, от которого начинается отсчет профиля ветра

Нами была построена карта пространственного распределения параметра шероховатости подстилающей земной поверхности для территории Беларуси (рисунок 4).

Основным мероприятием, необходимым для предотвращения развития ветровой эрозии является разработка почвозащитного комплекса по борьбе с ней, который решит задачи по созданию ветроустойчивой поверхности почвы и накопления в ней влаги, уменьшения скоростей ветра в приземном слое воздуха. В той связи нами подана заявка на изобретение «Способ укрепления поверхности почвы от ветровой эрозии в условиях юго-западной части Беларуси» №2024113065/10 (029361).

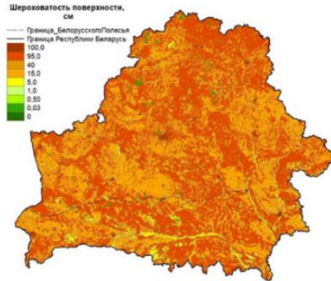


Рисунок 4 – Параметр шероховатости подстилающей земной поверхности (z_0) для территории Беларуси, см

Литература:

1. Логинов, В. Ф. Изменение климата Беларуси: причины, последствия, возможности регулирования / В. Ф. Логинов, С. А. Лысенко, В. И. Мельник // 2-е издание. – Минск : Энциклопедикс. – 2020. – 263 с.
2. Климатический кадастр Республики Беларусь. Метеорологический ежемесячник. – Минск : Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды, 1981-2020 гг.
3. Мешик, О. П. Современное состояние эродированных почв территории Беларуси / О. П. Мешик, А. С. Протасевич // Перспективные направления инновационного развития и подготовки кадров : сборник материалов международной научно-практической конференции БрГТУ 15-16 декабря 2022.

УДК: 622.331

ВОЗДЕЙСТВИЕ ДОБЫЧИ ТОРФА НА ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ПУТИ МИНИМИЗАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Ракитина А.В., магистрант

Научный руководитель: Скуратович И.В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В статье рассмотрено влияние добычи и использования горючего полезного ископаемого на эмиссию парниковых газов в Республике Беларусь. Представлены теоретические и количественные данные о выбросах при сжигании торфяных брикетов.

Ключевые слова: полезное ископаемое, топливо, выбросы, природоохранные мероприятия

Торф – природное богатство Республики Беларусь. Залежи торфа занимают около 14 % территории страны. Геологические запасы полезного

ископаемого составляют 4,0 млрд. тонн. Торфяные месторождения встречаются практически во всех областях Беларуси, но наиболее сконцентрированы на Полесье, где преобладают болотистые ландшафты [1].

Использование торфа в Республике Беларусь осуществляется по пяти основным направлениям: топливно-энергетическое, сельскохозяйственное, химико-технологическое и медицинское, природоохранное. Развитие торфяной промышленности оказывает существенное влияние на экономику – обеспечивает рабочие места в добывающей, транспортной и энергетической отраслях, а также способствует развитию других отраслей народного хозяйства (рисунок 1) [2, 3].

В настоящее время Республика Беларусь занимает лидирующее место в мире по добыче торфа и производству торфяных брикетов. Однако добыча и сжигание торфа имеют значительные экологические последствия. Выбросы парниковых газов от сжигания топлива являются одним из главных факторов изменения климата. Кроме того, при добыче торфа происходит высвобождение парниковых газов со скоростью, в 9 раз превышающей их депонирование.

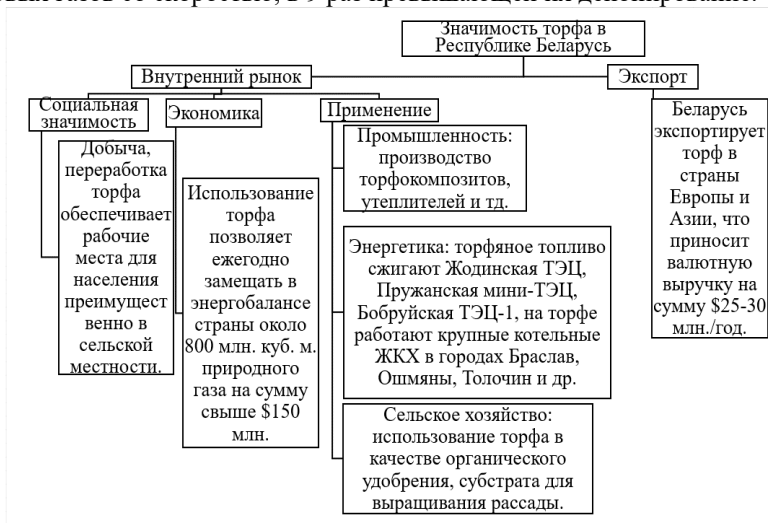


Рисунок 1 – Актуальные направления использования торфа в Республике Беларусь

Парниковые газы играют ключевую роль в поддержании комфортной температуры на Земле. Без парникового эффекта средняя температура на Земле была бы на 33°C ниже. Однако, антропогенное увеличение концентрации парниковых газов в последние 150 лет привело к негативным последствиям вследствие увеличения среднегодовой температуры планеты [4].

Проведено количественное определение выбросов CO₂ от стационарного сжигания топлива (торфяных брикетов) расчетным методом по формулам [5]:

$$E = FC \times EF \times OF, \quad (1)$$

где E – выбросы парникового газа (CO₂, CH₄ и N₂O) от стационарного сжигания топлива за год, т;

FC – расход торфяных брикетов за год, ТДж;

OF – коэффициент окисления топлива, доля;

Коэффициенты выбросов парниковых газов при стационарном сжигании топлива (EF) , т/ТДж: CO₂= 106,000; CH₄=0,001; N₂O=0,0015

Расход топлива в энергетическом эквиваленте (ТДж):

$$FC = FC' \times NCV \times 10^{-3}, \quad (2)$$

где FC' - расход топлива в натуральном выражении за год, тыс. т или млн. м³;

NCV - низшая теплота сгорания топлива за 2025 год, ТДж/тыс. т, ТДж/млн. м³.

Значение низшей теплоты сгорания топлива принимается по фактическим данным субъекта хозяйствования или поставщика топлива за отчетный период, а в случае отсутствия или невозможности применить такие данные, с использованием значений, приведенных в ЭкоНиП 17.09.08-001-2024, NCV = 9,76 ТДж/тыс. т. Коэффициент окисления твердого топлива (OF) принимается на основании среднегодовых фактических данных о величине механического недожога; в соответствии с паспортными или гарантийными данными завода-изготовителя или поставщика котла; по умолчанию равным 1,0 при отсутствии фактических данных о потерях тепла вследствие механической неполноты сгорания твердого топлива и данных о содержании углерода в твердых продуктах сгорания топлива (шлаке и золе).

Данные за 2010, 2014-2022 по реализации топливных брикетов на внутреннем рынке приведены в таблице 1 [6].

Таблица 1 – Реализация топливных брикетов на внутреннем рынке

Год	Расход топлива, тыс. тонн	FC, ТДж (2)	E(CO ₂),тонн (1)	E(CH ₄),тонн (1)	E(N ₂ O),тонн (1)
2010	900	8,784	931,104	0,008784	0,013176
2014	694	6,77344	717,9846	0,006773	0,01016
2015	588	5,73888	608,3213	0,005739	0,008608
2016	770	7,5152	796,6112	0,007515	0,011273
2017	830	8,1008	858,6848	0,008101	0,012151
2018	856	8,35456	885,5834	0,008355	0,012532
2019	767	7,48592	793,5075	0,007486	0,011229
2020	673	6,56848	696,2589	0,006568	0,009853
2021	769	7,50544	795,5766	0,007505	0,011258
2022	820	8,0032	848,3392	0,008003	0,012005

Основные планируемые объемы торфяных брикетов, идущих на топливо за 2025 год, следующие (FC2) (таблица 2) [7]:

Таблица 2 – Планируемые объемы реализации торфяных брикетов за 2025 год

Потребители топливных брикетов		Тыс. т
ГПО «Белэнерго»		
Топливоснабжающие организации		290
Энергетическая отрасль топливно-энергетического комплекса		42
Организации цементной промышленности		341
Прочие потребители		78
ГПО «Белтопгаз»		
Топливоснабжающие организации		290
Энергетическая отрасль топливно-энергетического комплекса		42
Организации цементной промышленности		341
Прочие потребители		78

Количество парниковых газов от сжигания топливных брикетов в Республике Беларусь за 2025 формируется следующее (таблица 3):

Таблица 3 – Прогноз количества парниковых газов на 2025 год

Потребители топливных брикетов	FC, ТДж (2)	E(CO ₂),тонн (1)	E(CH ₄),тонн (1)	E(N ₂ O),тонн (1)
∑ (Белэнерго + Белтопгаз)				
2025	751	7,32976	776,9546	0,00733

Изменения выбросов парниковых газов за 2010 - 2025 год изображены на рисунках 2 (а,б).

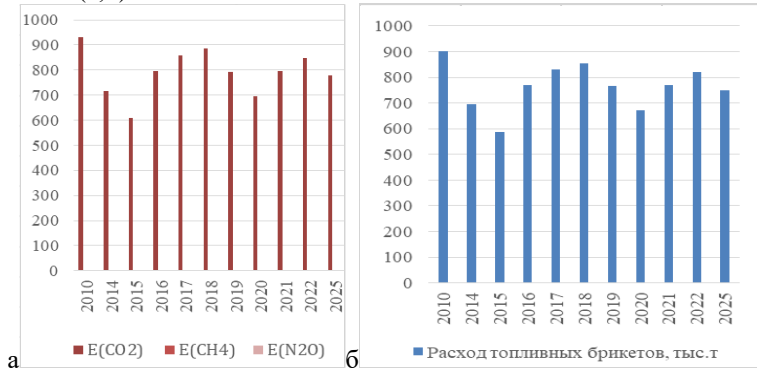


Рисунок 2 – Сжигание топливных брикетов за 2010-2025* год:
а – Количество парниковых газов, т, б – Объем сжигаемых топливных брикетов, тыс.т

В Республике Беларусь программы развития направлены на оптимизацию вопросов, касающихся выбросов парниковых газов:

1. Разрабатываются и улучшаются новые технологии добычи торфа, что в свою очередь, может привести к снижению выбросов парниковых газов;
2. Внедряются системы улавливания и хранения парниковых газов;
3. Увеличивается использование торфа в медицине и косметологии, в качестве удобрений;
4. Рекультивируются земли путем посадки лесов, растений, а также с помощью заболачивания.

Литература:

1. Березовский, Н. И. Технология добычи и переработки торфа : пособие по выполнению курсовой работы для студентов специальности 1-36 13 01 "Технология и оборудование торфяного производства" / Н. И. Березовский, И. Е. Рухля, П. В. Цыбуленко – Минск : БНТУ, 2017. – 34 с.

2. Прохоренко Н.Б. Классификация и состав торфов: учебно-методическое пособие / Прохоренко Н.Б. – Казань: Казанский (Приволжский) Федеральный университет, 2013 – 56 с.

3. Минерально-сырьевая база Республики Беларусь / [Электронный ресурс] // РУП "Белорусский государственный геологический центр" ГП "Белгосгеоцентр" : [сайт]. — URL: <https://belgeocentr.by/for-using/msb-rb> (Дата обращения: 11.03.2025)

4. Конькова, В.М. Эмиссия парниковых газов с торфяных почв в условиях Брестской и Минской областей / Конькова, В.М. Бурло, А.В. Наркевич, И.П. [Электронный ресурс] // Электронная библиотека БГУ: [сайт]. — URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/177420> (Дата обращения: 11.03.2025).

5. Экологические нормы и правила ЭкоНиП 17.09.08-001-2024 «Охрана окружающей среды и природопользование. Климат. Требования (правила) количественного определения выбросов парниковых газов» - <https://www.ecoinfo.by/экологические-нормы-и-правила> (Дата обращения: 01.03.2025)

6. Отраслевая программа развития организаций торфяной промышленности, входящих в систему Министерства энергетики Республики Беларусь, на 2017 – 2020 годы - https://minenergo.gov.by/wp-content/uploads/Программа_TORF.pdf (Дата обращения: 01.03.2025)

7. Программа комплексной модернизации торфяных производств на 2021 – 2025 годы - <https://minenergo.gov.by/upload/news/2021/yanvar/Программа%20комплексной%20модернизации%20торфяных%20производств%20на%2021-25%20годы.pdf> (Дата обращения: 01.03.2025)

УДК 556.53.06(282.247.23)

АНАЛИЗ МОНИТОРИНГОВЫХ ДАННЫХ ПО ИЗМЕНЕНИЮ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РЕКИ ЗАПАДНАЯ ДВИНА ЗА ПЯТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД НА УЧАСТКЕ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ

Руденя Р. Д., Подлозная Д. С., студенты

Научный руководитель Веремейчик Л.А.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В статье представлен анализ состояние поверхностных вод реки Западная Двина в 2018 и 2023 годах, оценивается качество воды по ключевым показателям. Предлагаются направления для улучшения экологических показателей.

Ключевые слова: мониторинг, загрязняющие вещества, комплекс мер по улучшению качества вод.

Западная Двина – важнейшая водная артерия Витебской области, играющая ключевую роль в обеспечении питьевой водой, развитии сельского хозяйства, промышленности и рекреации. Загрязнение поверхностных вод представляет серьезную экологическую проблему, угрожающую здоровью населения и экосистемам. Загрязнение приводит к: ухудшению качества воды, а именно повышается концентрация вредных веществ (тяжелые металлы, пестициды, нитраты и фосфаты), снижается содержание растворенного кислорода; нарушению водных экосистем, уменьшению биоразнообразия, ухудшению состояния водных растений.

На территории Витебской области имеются предприятия, которые являются источником загрязнения вод реки, например, такие как Новополоцкий завод технологических металлоконструкций, Завод Полимир Нафтан, ОАО Витебский станкостроительный завод Вистан, фермы ОАО "Сенненский райагросервис", "Синегорское", "Ульяновичи" и "Белая Липа" в Сенненском районе и другие [1, 2].

В первую очередь поверхностные воды подвергаются загрязнению различными веществами - это нитратные и фосфатные соединения, вымываемые с полей осадками и талыми водами. Также пагубное влияние оказывают тяжелые металлы, такие как ртуть и свинец, а также нефтепродукты (нефть, бензин). Кроме того, в реки попадают болезнетворные микроорганизмы со стоками предприятий химической, бумажной и животноводческой промышленности, представляя собой биологическое загрязнение. Наконец, пестициды, используемые в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями и сорняками, также загрязняют поверхностные воды.

Пестициды, попадая в водоемы, приводят к гибели рыбы и других водных организмов. Разложение погибших растений и животных снижает уровень рН и кислорода в воде, делая её непригодной для жизни. Удобрения

оказывают схожий негативный эффект. Сточные воды с высоким содержанием азота, фосфатов и фосфора стимулируют бурное разрастание инвазивных растений, что ещё больше ухудшает качество воды [3, 4].

Для оценки изменения качества вод реки Западная Двина на участке Витебской области выполнен сравнительный анализ за 2018 и 2023 годы, охватывающий ключевые гидрохимические параметры, в том числе, содержание неорганических веществ, органических веществ и биогенов.

За указанный пятилетний период следует отметить произошедшие изменения отдельных показателей в сторону их ухудшения. Например, минерализация вод увеличилась с 215,4 мг/дм³ (2018 г.) до 257,1 мг/дм³ (2023 г.); гидрокарбонаты возросли с 105,6 мг/дм³ до 130,77 мг/дм³; содержание сульфатов возросло с 9,7 мг/дм³ до 10,8 мг/дм³; хлоридов - с 6,8 мг/дм³ до 10,87 мг/дм³; количество магния увеличилось с 9,8 мг/дм³ до 10,71 мг/дм³; отмечается превышение содержания аммония до 1,4 ПДК в 2023 г., в 2018 г. превышений не было, его максимальное значение в 2018 г. составляло 0,27 мгN/дм³ при допустимом уровне ПДК 0,39 мгN/дм³; среднее значение ХПК снизилось с 56,8 мгO₂/дм³ (2018 г.) до 44,79 мгO₂/дм³ (2023 г.).

В то же время следует указать те изменения качества вод за пятилетний период, которые свидетельствуют об их улучшении. Так, взвешенные вещества снизились с 5,1 мг/дм³ до 4,63 мг/дм³; среднее значение кальция также немного уменьшилось с 41,8 мг/дм³ до 38,25 мг/дм³; остаётся в пределах нормы среднегодовое значение БПК₅, отмечаются незначительные изменения данного показателя - с 2,10 мгO₂/дм³ до 2,18 мгO₂/дм³ [5, 6].

Анализ данных выявил определенные изменения в качестве воды Западной Двины. Несмотря на улучшение по некоторым показателям, общая тенденция свидетельствует об ухудшении качества воды в реке Западная Двина за период с 2018 по 2023 год. Наиболее тревожными являются превышения ПДК по аммонии и экстремально высокие пиковые значения ПДК в 2023 году.

Для уменьшения загрязнения водоемов необходимо применять комплекс общих мер: ужесточение экологического контроля и повышение ответственности предприятий за загрязнение водных ресурсов; стимулирование внедрения экологически чистых технологий; развитие системы мониторинга качества воды; повышение экологической грамотности населения. Комплексный подход с участием государства, бизнеса и общественности позволит эффективно решить проблему загрязнения поверхностных вод Западной Двины и сохранить этот ценный природный ресурс для будущих поколений.

Литература:

1. Предприятия АПК Витебской области чаще других субъектов хозяйствования нарушают природоохранное законодательство / Дубровенский

районный исполнительный комитет [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.dubrovno.vitebsk-region.gov.by/news/region-news-ru/predpriyatija-apk-vitebskoj-oblasti-chasche-drugix-subjektov-hozjajstvovaniya-narushajut-10276-2012/> (дата обращения 25.03.2025).

2. Сельское хозяйство — основной потребитель и загрязнитель пресной воды в мире / Союз органического земледелия [Электронный ресурс]. - URL: <https://soz.bio/selskoe-khozyaystvo-osnovnoy-potrebi/> – дата доступа: 25.03.2025 07:01

3. Загрязнение воды удобрениями и пестицидами / Лабораторные измерения и охрана труда [Электронный ресурс]. URL: - <https://laboratoria.by/stati/zagr-vody-ekositemy> (дата обращения 27.03.2025).

4. Проблемы водных ресурсов / Информация о компании НПИ «Экология будущего» [Электронный ресурс].-URL: <https://npieco.kz/company/articles/problemy-vodnyh-resursov/> (дата обращения 27.03.2025).

5. Мониторинг поверхностных вод за 2018 [Электронный ресурс]. - URL: <https://nsmos.by/sites/default/files/2023-08/2%20SURFASE%20WATER%20Monitoring%202018.pdf> (дата обращения 20.03.2025).

6. Мониторинг поверхностных вод за 2023 [Электронный ресурс]. -URL: <https://nsmos.by/sites/default/files/2024-07/2-surfase-water-monitoring-2023.pdf> - с.64 (дата обращения 20.03.2025).

УДК 621.355.5

ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕНТРАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Рудко В.В., Зорин А.Ю., студенты

Научный руководитель Забродская Н. Г.

*Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники*

Проведено исследование качества воздушной среды в крупных промышленных центрах Республики Беларусь. На основе статистических данных о содержании вредных частиц в воздухе предложены информационные и технические методы для эффективной очистки атмосферы.

Ключевые слова: воздушная среда, загрязнение, здоровье, качество воздуха, информационные и технические методы.

Введение. На здоровье человека влияет множество факторов окружающей среды, классифицирующиеся по следующим критериям:

- степень воздействия;
- продолжительность действия;

- уровень опасности.

Особое внимание уделяется уровню загрязненности воздушной среды, так как в организм человека в процессе дыхания вместе с кислородом постоянно поступают различные вредные частицы. Основные составляющие воздуха: азот, кислород, инертные газы, углекислый газ и различные аэрозольные частицы. Одними из загрязнителей атмосферы являются твердые частицы, представляющие собой смесь твердых и жидких капель. Крупные частицы диаметром 10 микрон или меньше (\leq PM10) образуются из пылицы, водных брызг и пыли, переносимой ветром в результате сельскохозяйственных работ, дорожного движения и разработок земельных ресурсов. Более мелкие и вредные для здоровья частицы диаметром 2,5 микрона или меньше (\leq PM2,5) возникают как из первичных источников (при сжигании топлива на тепловых электростанциях, промышленных предприятиях и транспортных средствах), так и из вторичных источников (в результате химических реакций газов).

Частицы PM10 проникая в легкие оседают в них, вызывая раздражение, воспаление и повреждение слизистой оболочки дыхательных путей. Частицы PM2,5, попадая через легочный барьер в кровеносную систему, поражают внутренние органы. Вышеприведенные частицы повышают риск развития сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний, а также рака легких и инсульта.

В 2021 году Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) обновила свои глобальные рекомендации по качеству воздуха, установив рекомендуемый максимальный безопасный уровень среднегодовой концентрации PM2,5 — не более 5 мкг/м³. В рекомендациях приводятся доказательства вреда загрязнения воздуха для здоровья человека, даже при концентрациях, считавшихся ранее безопасными. Одним из важнейших факторов сохранения здоровья населения является контроль качества вдыхаемого воздуха. Своевременное информирование граждан и применение эффективных методов очистки воздуха помогут снизить риски для здоровья и повысить качество жизни.

Исследования. Наибольшее влияние загрязнители оказывают в местах скопления промышленных предприятий и крупных сельскохозяйственных полей. Для исследования выбраны такие крупные промышленные центры Республики Беларусь, как Новополоцк, Минск и Мозырь. При выборе учитывалось их географическое положение в пределах страны — север, центр и юг.

Новополоцк является центром нефтехимической промышленности Беларуси, а также одним из крупнейших индустриальных и научно-образовательных центров страны. Город исторически входил в число городов с наибольшей плотностью выбросов загрязняющих веществ. В советское время он неоднократно занимал первое место в рейтинге самых загрязненных городов Беларуси. В последние десятилетия уровень вредных выбросов снизился из-за следующих мероприятий:

- модернизация промышленного оборудования и производственных процессов;
- внедрение современных систем очистки выбросов;
- переход на более чистые энергоносители;
- усиление экологического контроля.

Согласно рассчитанным значениям индекса качества атмосферного воздуха, в 2020 году состояние воздуха в городе оценивалось в основном как очень хорошее и хорошее. Прослеживается устойчивая тенденция снижения уровня загрязнения воздуха диоксидом азота, оксидом углерода, фенолом и сероводородом. По сравнению с 2016 годом содержание фенола в воздухе снизилось на 80 %, оксида углерода — на 46 %, сероводорода — на 44 %, диоксида азота — на 32 %. Динамика содержания диоксида серы в воздухе по-прежнему нестабильна: минимальная среднегодовая концентрация наблюдалась в 2017 году, а максимальная — в 2019 году. В 2016–2017 годах содержание аммиака оставалось на одном уровне, в 2018–2019 годах возросло в 1,7 раза и стабилизировалось, а в 2020 году было отмечено его снижение. По данным IV квартала 2024 года, состояние воздуха в городе оценивалось преимущественно как очень хорошее и хорошее. Кратковременные периоды умеренного и удовлетворительного уровня загрязнения связаны с увеличением концентрации приземного озона, диоксида азота и диоксида серы. Периодов с плохим и опасным уровнем загрязнения воздуха не зафиксировано.

Минск – столица Беларуси, самый крупный промышленный и административный центр страны. В настоящее время в Минске зарегистрировано более 4500 предприятий, занятых в сфере промышленности. Наиболее развитые направления – пищевая отрасль, легкая промышленность, химическая отрасль, машиностроение и металлообработка. Согласно рассчитанным значениям индекса качества атмосферного воздуха, в 2020 году воздух в Минске оценивался в основном как хороший и очень хороший. Доля периодов с умеренным, удовлетворительным, плохим и очень плохим качеством воздуха незначительна. Точно такая же ситуация наблюдалась весной и в октябре из-за повышенного содержания твердых частиц, а летом — из-за приземного озона. Наблюдается устойчивая тенденция снижения загрязнения воздуха диоксидом азота, фенолом и аммиаком. По сравнению с 2016 годом содержание аммиака уменьшилось на 43 %, диоксида азота — на 13 %. Концентрации фенола в большинстве случаев были ниже предела обнаружения. Динамика изменения среднегодовых концентраций оксида углерода нестабильна. Уровень загрязнения твердыми частицами (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль) стабилизировался. По данным наблюдений за IV квартал 2024 года, превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) по загрязняющим веществам не

зафиксированы. Максимальная среднесуточная концентрация PM_{2,5} составила 0,85 ПДК.

Мозырь — крупный промышленный город с населением более 100 тысяч человек. Важную роль в экономике города играют машиностроение, деревообработка и пищевая промышленность. Топливо-энергетический комплекс представлен Мозырской ТЭЦ и проходящим поблизости нефтепроводом «Дружба».

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются предприятия лесной, нефтехимической, электротехнической, местной промышленности, а также автотранспорт. По данным стационарных наблюдений, качество воздуха в городе не всегда соответствовало установленным нормативам. Зафиксированы превышения по твердым частицам и формальдегиду. По сравнению с 2019 годом, отмечено снижение содержания загрязняющих веществ в воздухе. Наблюдается устойчивая тенденция снижения концентрации диоксида азота и оксида углерода. Динамика содержания твердых частиц нестабильна: в 2017 году отмечалось существенное снижение их концентрации, в 2018–2019 годах — рост и стабилизация, а в 2020 году — вновь снижение. В последние годы уровень загрязнения сероводородом снизился и стабилизировался. По данным IV квартала 2024 года, превышений нормативов ПДК по загрязняющим веществам в атмосферном воздухе не зафиксировано. Максимальная разовая концентрация твердых частиц составила 0,9 ПДК, диоксида азота — 0,6 ПДК, оксида углерода и диоксида серы — 0,1 ПДК. Концентрации сероводорода ниже предела обнаружения.

Результаты наблюдений сведены в таблицу и график (рис. 1 и табл. 1). Анализ результатов показывает, что качество воздушной среды в крупных промышленных центрах Республики Беларусь в целом оценивается как очень хорошее и хорошее. В определенные периоды возможны превышения ПДК вредных веществ. Для защиты населения в такие периоды и соблюдения рекомендуемого уровня среднегодовой концентрации PM_{2,5} (не более 5 мкг/м³), необходимо применять различные информационные и технические методы.

Одно из ключевых направлений — проведение информационно-просветительской работы с населением. Важно разъяснить влияние качества воздуха на здоровье человека и необходимость минимизации загрязнения окружающей среды. При превышении концентрации вредных веществ выше допустимых норм следует оперативно информировать жителей, находящихся в зоне риска, посредством SMS-оповещений, push-уведомлений на мобильные устройства и других каналов связи. В сообщениях должны содержаться рекомендации по защите:

- закрытие окон в жилых и рабочих помещениях;
- использование очистителей воздуха;

- ношение защитных масок, в первую очередь людям со слабым здоровьем и заболеваниями дыхательной системы.

Таблица 1 – результаты наблюдений в крупных промышленных центрах РБ

Город	Индекс качества атмосферного воздуха в 2020 году	Индекс качества атмосферного воздуха в 2024 году	Тенденция изменений
Новополоцк	Очень хорошее / Хорошее	Очень хорошее / Хорошее	Улучшение, снижение загрязняющих веществ
Минск	Очень хорошее / Хорошее	Очень хорошее / Хорошее	Стабильно хорошее, снижение загрязнения
Мозырь	Удовлетворительное / Хорошее	Хорошее	Улучшение, снижение выбросов

К техническим методам защиты относятся развитие и массовое распространение бытовых очистителей воздуха. Снижение их стоимости сделало их доступными для всех слоев населения. Важную роль играют датчики качества воздуха, позволяющие оперативно получать данные о состоянии атмосферы. Установка таких датчиков в жилых районах, на промышленных объектах и в общественных местах позволит вовремя принимать меры по минимизации вредного воздействия загрязняющих веществ.

Одно из важнейших направлений – мониторинг за соблюдением санитарных и экологических нормативов предприятиями. Стимулирование внедрения современных фильтрующих систем и экологических методов производства сокращает выбросы вредных веществ в атмосферу.

С помощью Интернет вещей (IoT) повышается уровень защиты населения. Планируется разработать автоматизированные системы мониторинга качества воздуха для офисных зданий. Несколько датчиков, установленных на разной высоте, отслеживают уровень загрязнения. При превышении ПДК система автоматически:

- закрывает окна, предотвращая попадание загрязненного воздуха внутрь;
- включает очистители воздуха;
- отправляет уведомления сотрудникам о необходимости принять меры защиты.

Аналогичная система может быть внедрена в транспортных средствах. При обнаружении загрязненного воздуха автоматически закрываются окна, активируется внутренняя вентиляция и встроенный очиститель воздуха.

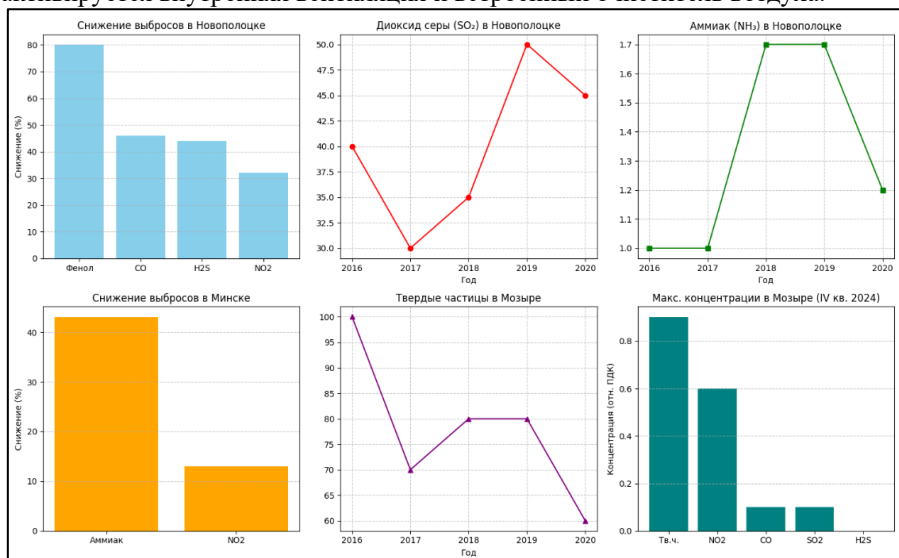


Рисунок 1 – результаты наблюдений в крупных промышленных центрах РБ

Выводы. Качество воздуха оказывает прямое влияние на здоровье человека. Из-за его прозрачности люди не осознают, что вместе с кислородом вдыхают опасные частицы. Они становятся причиной развития различных заболеваний, в первую очередь органов дыхания. Мониторинг и контроль качества воздуха особенно важны для крупных промышленных центров, где наблюдаются значительные выбросы загрязняющих веществ. Современные информационные и технические методы позволяют не только оперативно выявлять нарушения, но и автоматически минимизировать воздействие вредных веществ. Развитие и внедрение таких систем обеспечит более эффективную защиту здоровья населения и улучшение экологической обстановки.

Литература:

1. Как загрязнение воздуха разрушает наше здоровье - <https://www.who.int/ru/news-room/spotlight/how-air-pollution-is-destroying-our-health>. (Дата доступа: 15.02.2025)

2. Ежегодник состояния атмосферного воздуха. 2020 - <https://rad.org.by/articles/vozduh/ezhegodnik-sostoyaniya-atmosferного-vozduha-2020-god>. (Дата доступа: 15.02.2025)

3. Состояние атмосферного воздуха в 4 квартале 2024 года - <https://rad.org.by/articles/vozduh/sostoyanie-atmosferного-vozduha-v-4-kvartale-2024-goda>. (Дата доступа: 15.02.2025)

УДК 621.313

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ОБРАЗОВАНИЯ ДИГЕСТАТА БИОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Рышкевич Я.В., студент

Научный руководитель Зеленуха Е.В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Проведена оценка потенциала образования дигестата биогазовых технологий из отходов животноводства в Республике Беларусь. Полученные результаты учитывают данные по поголовью сельскохозяйственных животных, объему образования суточного количества органических отходов, условий содержания и других факторов.

Ключевые слова: биогазовые технологии, органические отходы животноводства, потенциал получения дигестата, уменьшение воздействия на окружающую среду.

К перспективному направлению возобновляемой энергетики относятся биогазовые технологии. Использование биогаза имеет значительные энергетические и экологические преимущества. Так, целевое сжигание биогаза позволяет предотвратить выбросы активных парниковых газов – метана и аммиака – в атмосферу, а биогазовые установки выполняют функцию очистных сооружений на производственных объектах, производящих органические отходы.

Согласно данным [1], на территории Республики Беларусь функционируют 37 биогазовых комплексов, общей установленной мощностью 53,682 МВт, которые можно условно разделить на две основные категории по используемым технологиям и оборудованию.

Первая категория биогазовых комплексов использует газопоршневые агрегаты. Основным сырьем для них являются твердые бытовые отходы, из которых производят свалочный газ. Установки интенсифицируют процесс метаногенеза, позволяют очистить его от примесей и получить газообразное топливо постоянного состава, при этом, уменьшаются объемы твердых бытовых отходов на полигонах. Среди биогазовых комплексов данной категории можно выделить КУПП «Брестский мусороперерабатывающий завод», г. Брест; СЗАО «ТелДаФакс Экотех МН», Минская область; полигон

твердых бытовых отходов «Тростенецкий»; ЗАО «ТелДаФакс Экотех-Северный», Минская область [2].

Вторая категория включает биогазовые комплексы, использующие влажные технологии, сырьем для которых служат органические отходы животноводства, содержащие высокую водную фракцию. Производство биогаза осуществляется в биореакторах, применение когенерационных установок позволяет повысить коэффициент выхода энергии на тонну перерабатываемых отходов. К таким предприятиям относятся ОАО «Рассвет» им. К.П. Орловского Могилёвской области, ЗАО «ТДФ Экотех-Снов» Минской области и другие предприятия агропромышленного комплекса [2].

Основным продуктом, получаемым в ходе ферментации органических отходов в анаэробных условиях, является биогаз. В его составе можно выделить следующие компоненты: CH_4 – 60%, CO_2 – 33,5%, N_2 – 3,0%, O_2 – 0,5%, H_2 – 1%, H_2S – 2%. Качественный состав биогаза, а также его энергетические характеристики наиболее сходство имеют с природным газом, который на 98% состоит из метана. По теплотворной способности (21,77 МДж/м³) биогаз превосходит твердые виды топлива, например, торф и древесину, но уступает по данному показателю природному газу, для которого эта величина составляет 33,53 МДж/м³ [2]. Высокое содержание в составе биогаза углекислого газа (иногда до 35% по объему) обуславливает необходимость его дополнительной подготовки для дальнейшего использования. При этом, объемы образующегося углекислого газа находятся в пределах естественного природного цикла.

Дополнительным продуктом с добавленной стоимостью является органический осадок, или дигестат (от англ. digestate - разлагать). Дигестат образуется в результате микробиологического разложения биомассы и представляет собой питательный субстрат, богатый биогенными макро- и микроэлементами, а также другими полезными компонентами. Дигестат чаще всего используют в качестве удобрения, которое способствует улучшению физико-химических свойств почвы, а также уменьшению негативного воздействия органических отходов на окружающую среду, создавая замкнутый цикл переработки и устойчивого использования ресурсов.

В работе проведена оценка потенциала образования дигестата из отходов животноводства в Республике Беларусь. В расчетах учитывали данные по поголовью скота и птицы за период с 2020 г. по 2024 г. (табл. 1), а также данные по объему образования среднесуточных органических отходов от одного животного [3].

Как видно из таблицы 1, на начало 2024 г. численность крупного рогатого скота, содержащегося в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь, составила 4121 тыс. голов, свиней - 2276 тыс. голов, птицы – 46045,3 тыс. единиц. При оценке потенциала получения дигестата были использованы корректирующие коэффициенты, учитывающие особенности сбора и удаления

отходов животноводства от различных категорий сельскохозяйственных животных: 0,7 - для крупного рогатого скота; 0,8 - для свиней; 1,0 – для птицы [2]. Средний выход дигестата в расчетах был принят в количестве 5% от массы перерабатываемых органических отходов.

Таблица 1 - Поголовье основных видов сельскохозяйственных животных (на начало года, тыс. голов)

Вид животного	2020	2021	2022	2023	2024
Крупный рогатый скот	4202	4200	4150	4128	4121
Свиньи	2545	2558	2276	2268	2276
Птица	48190,9	42998,1	43939,5	48757,5	46045,3

Потенциал получения дигестата напрямую зависит от численности поголовья скота и птицы в сельскохозяйственных организациях республики. Результаты расчетов представлены в таблице 2. Таблица 2 – Потенциал образования дигестата из отходов животноводства, тыс. т

Вид животного	2020	2021	2022	2023	2024
Крупный рогатый скот	2952	2951	2916	2900	2896
Свиньи	224	223	199	200	199
Птица	154	137	140	156	147
Итого	3330	3311	3255	3256	3242

Как видно из данных таблицы 2, ежегодное образование дигестата из отходов жизнедеятельности основных видов сельскохозяйственных животных составляет 3,242 млн. т. При этом следует отметить, что приведенная расчетная величина является минимальной, поскольку учитывает использование в биогазовых технологиях исключительно органических отходов животноводческих комплексов. На практике для гарантированного выхода биогаза используют специальную рецептуру бродящей биомассы, основу которой составляют отходы жизнедеятельности животных, к которым добавляют лигнин-целлюлозный материал (растительные остатки), отходы пищевой промышленности и др. Обычно в рецептуре брожения эти добавки составляют до 30% по объему.

Перспективным сырьем растительного происхождения в условиях Республики Беларусь являются солома рапса и отходы побочной продукции кукурузы при возделывании её на зерно. Посевные площади данных культур имеют тенденцию увеличения. Так, посевные площади рапса увеличились с 353

тыс. га (2019 г.) до 376 тыс. га в 2023 г., а кукурузы на зерно – в 2023 г. составили 252 тыс. га, что на 26,6% больше 2019 г. (185 тыс. га) [3].

Таким образом, расчеты показали, что потенциал образования дигестата биогазовых технологий исключительно из органических отходов животноводства и птицеводства в стране составляет 3,242 млн. т. Эта цифра рассчитана без учета добавления лигнин-целлюлозного материала. Использование такого количества дигестата в качестве удобрения контролируемого состава является определяющим направлением улучшения биогазовых технологий, в первую очередь, по улучшению экономических показателей функционирования биогазовых комплексов, а также уменьшению негативного воздействия органических отходов на окружающую среду, создавая замкнутый цикл переработки и устойчивого использования ресурсов.

Литература:

1. Реестр выданных сертификатов о подтверждении происхождения энергии на 31.07.2023 г.: утв. Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь – Минск: Государственный кадастр возобновляемых источников энергии Минприроды Республики Беларусь, 2023. – 81 с.

2. Зеленухо Е.В., Цыганова А.А., Бельская Г.В., Хрипович А.А. Обоснование использования биогаза для производства энергии в Республике Беларусь. Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2024;67(6):530-543.

3. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический буклет. – Мн., 2024. – 36 с.

УДК 504.03

МОНИТОРИНГ ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОТ ВЕТРОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ.

Савицкий К.И., Цалко А.А, студенты

Научный руководитель Кляусова Ю.В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Данная статья посвящена исследованию методу мониторинга шумового загрязнения от ветровых электростанций, также информацию о влиянии шумов на здоровье человека. Рассмотрены положительные и отрицательные стороны внедрения ветровых электростанций.

Ключевые слова: мониторинг, ветряная электростанция, шумовое загрязнение

Проблема шумового загрязнения городской среды является актуальной в современном мире. Хотя основной вклад в шумовое загрязнение городов часто вносит автотранспорт, другие источники, включая промышленные

предприятия, также могут оказывать существенное влияние. При этом характеристики промышленных шумов (тональность, ударность, импульсность, высокочастотность) могут быть более вредны для здоровья населения, даже если их уровни ниже транспортных.

Существует распространенное мнение о высоком уровне шума, производимого ветровыми электростанциями (ВЭС). Однако, как показывают исследования, это мнение не всегда соответствует действительности. Например, расчетный уровень шума от пилотной ВЭС «Мирный» в Ейском районе Краснодарского края, расположенной вблизи поселка Мирный, находится в пределах 35–44 дБА [1]. Эти значения соответствуют требованиям санитарных норм «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». Это говорит о том, что при правильном проектировании и размещении ВЭС шумовое воздействие на жилые районы может быть незначительным и соответствовать установленным стандартам [2].

Тем не менее, при эксплуатации ВЭС возникают определенные проблемы, связанные с шумом. К ним относятся низкочастотные шумы, которые могут оказывать негативное влияние на здоровье людей, проживающих вблизи ветряных турбин [3].

Несмотря на то, что уровень шума может соответствовать санитарным нормам, восприятие и воздействие низкочастотных колебаний требует дополнительного изучения и мониторинг. Кроме того, шумовое загрязнение является одним из факторов, вызывающих недовольство среди населения при планировании строительства ВЭС вблизи жилых территорий.

Наряду с визуальным воздействием и опасениями по поводу снижения стоимости недвижимости, шум от работающих ветряных турбин может стать причиной протестов и отказа местных жителей от реализации проектов [3]. В связи с этим, при выборе мест для установки ветряных турбин рекомендуется учитывать необходимость минимизации шумового воздействия на жилые районы, например, путем размещения ВЭС на значительном удалении от населенных пунктов или использования оффшорных площадок.

Для эффективного управления и контроля шумового загрязнения, в том числе от ВЭС, необходимо проводить мониторинг. Мониторинговые исследования позволяют не только оценивать текущее состояние окружающей среды, но и прогнозировать его развитие, а также решать многие социально-экономические и управленческие задачи. Существуют различные масштабы мониторинга, включая локальный экологический (санитарно-гигиенический) мониторинг, который позволяет отслеживать изменения биосферы под влиянием антропогенной деятельности с точки зрения неблагоприятных воздействий на здоровье человека и условия его жизни [2]. Устройства мониторинга шумового загрязнения включают в себя специализированные

приборы, такие как шумомеры. В исследовании шумового загрязнения городской среды использовался серийно выпускаемый измеритель шума и вибрации ВШВ-003-М2, прибор 1 класса точности с погрешностью ± 1 дБ. Такие шумомеры позволяют проводить измерения уровней шумового давления с использованием корректирующих фильтров А, В, С и в октавных полосах в широком диапазоне частот и уровней. Корректирующие фильтры предназначены для учета особенностей восприятия звуков человеком на разных частотах и уровнях громкости [1].

Для более полного анализа шумовой обстановки проводятся измерения в разное время суток и в разных районах. Полученные результаты сравниваются с предельно допустимыми санитарными нормами для выявления зон акустического дискомфорта и составления карт шумового загрязнения. На шумовых картах отображаются зоны с различными уровнями шума с помощью границ шумовых зон, а также точки, в которых проводились измерения или расчеты уровней шума. В частности, для территорий, прилегающих к автомобильным дорогам, целесообразно представление акустического режима в виде шумовых карт. Определение уровня транспортного шума может производиться непосредственно на местности с помощью приборов или расчетным путем, при этом важным является выбор интервала времени измерений и оценки непостоянного шума [2].

При проектировании и эксплуатации ВЭС также необходимо учитывать потенциальное экологическое влияние шумов.

Влияние шумов от ветровых электростанций на человека является предметом дискуссий. Как уже упоминалось, уровни шума, как правило, соответствуют санитарным нормам на достаточном удалении от турбин. Однако некоторые люди, проживающие вблизи ВЭС, могут испытывать дискомфорт из-за постоянного низкочастотного шума, который может проявляться как раздражение, нарушение сна и снижение качества жизни. Важно отметить, что индивидуальная восприимчивость к шуму может варьироваться, и некоторые люди могут быть более чувствительны к низкочастотным колебаниям [1].

Для минимизации негативного воздействия шума от ВЭС на человека и животных применяются различные меры. К ним относятся рациональное планирование и застройка территорий, предусматривающие размещение ВЭС на безопасном расстоянии от жилых зон и природоохранных территорий [3].

Исключение движения транзитного и общественного транспорта в жилых массивах может резко снизить уровни шума. Использование шумозащитного озеленения и строительство шумовых экранов также могут способствовать снижению уровня шума. Кроме того, современные ветряные турбины разрабатываются с учетом требований по снижению уровня шума.

Для комплексного управления шумовым загрязнением, включая шум от ВЭС, предлагается разработка и внедрение геоинформационных систем (ГИС)

Такие системы позволяют учитывать и анализировать текущие уровни шума, прогнозировать их изменения при различных сценариях, а также планировать и оценивать эффективность мероприятий по снижению шумового воздействия. Базы данных ГИС формируются на основе натуральных измерений и могут обновляться с использованием специализированных пунктов дистанционного наблюдения [2]. Применение ГИС в сочетании с картами-схемами основных источников шума, выполненными в масштабе генерального плана города, позволит более эффективно решать задачи управления и контроля шумового загрязнения.

В заключение следует отметить, что, хотя ВЭС являются важным элементом перехода к чистой энергетике. Вопросы, связанные с шумовым воздействием, требуют внимательного изучения и учета. Соблюдение санитарных норм, проведение мониторинга, применение современных технологий и методов планирования, а также учет мнения местного населения являются ключевыми факторами для обеспечения экологически и социально приемлемой эксплуатации ветровых электростанций.

Литература:

1. Ермоленко Г. и др. Развитие сетевых ветряных электростанций в России на примере пилотного проекта сетевой ветроэлектростанции " ВЭС Мирный" в Ейском районе Краснодарского края //Энергетический вестник. – 2014. – №. 18. – С. 57-73.
2. Ruggiero A. et al. Noise pollution analysis of wind turbines in rural areas //International Journal of Environmental Research. – 2015. – Т. 9. – №. 4. – С. 1277-1286.
3. Jianu O., Rosen M. A., Naterer G. Noise pollution prevention in wind turbines: status and recent advances //Sustainability. – 2012. – Т. 4. – №. 6. – С. 1104-1117.

УДК 628.31

АНАЛИЗ ТРАДИЦИОННЫХ И ИННОВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И НАПРАВЛЕНИЙ АДСОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Сагадиева А.Р., бакалавр

Научный руководитель Тунакова Ю.А.

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ

Проведён анализ природных сорбентов для очистки сточных вод от ионов тяжёлых металлов и методы их модификации для интенсификация сорбционных свойств. Рассмотрены их сорбционная ёмкость, механизмы удаления и перспективы применения в экологических технологиях.

Ключевые слова: модифицированные сорбенты, природные сорбенты, адсорбция, тяжёлые металлы, сточные воды.

Загрязнение водных ресурсов ионами тяжёлых металлов (Pb^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} и др.) представляет серьёзную экологическую угрозу из-за их токсичности, способности к биоаккумуляции и устойчивости в окружающей среде. Одним из наиболее эффективных и экономически целесообразных методов очистки сточных вод является адсорбция, позволяющая извлекать металлы даже при низких концентрациях.

Для обеспечения максимальной эффективности процесса адсорбции ключевым фактором является точный выбор сорбента. Особый интерес представляют природные сорбенты (цеолиты, глины, биоматериалы) благодаря их доступности и низкой стоимости, а также их модифицированные формы, обладающие повышенной ёмкостью и селективностью.

В работе [1] проведена комплексная оценка эффективности различных материалов (графен, активированный уголь, углеродные нанотрубки, цеолит) в зависимости от их характеристик: сорбционной ёмкости, оптимальных условий работы (рН, температура), времени контакта и степени удаления металлов (табл. 1).

Исходя из полученных исследования перспективным направлением является гибридизация и модификация данных материалов. Комбинируя их преимущества и оптимизируя структуру под конкретные условия, можно добиться максимальной эффективности. Например: комплексной очистки можно добиться использованием активированного угля и цеолита (каскадная система); для кислых сред оптимальным является сочетание нанотрубок и модифицированного цеолита; для быстрой обработки допустима комбинация цеолита и графена благодаря скорости и ёмкости материалов соответственно.

В качестве природного адсорбента также используется перлит в различных формах, основными соединениями в перлите и вспученном перлите являются диоксид кремния (SiO_2) и оксид алюминия (Al_2O_3). Исследования по его адсорбционной способности представлены в таблице 2. Также доказано, что площадь поверхности адсорбции достигается путём модификации перлита магнетитом [2].

Новый тип цеолитового сырья представлен в исследованиях [3,4]. Цеолитсодержащие породы Татарско-Шатрашанского месторождения при содержании цеолитов 20% оказались сопоставимы по основным физико-химическим и физико-механическим свойствам с цеолитовыми породами, где содержание цеолитов составляет 65-70%. По вещественному составу цеолитсодержащие породы Татарско-Шатрашанского месторождения представляют собой сложную поликомпонентную систему переменного состава.

Таблица 1 - Характеристики исследуемых материалов

Adsorbent s	Heavy metals	Ads. capacity, mg/g	Conc., mg/L	Optimum pH/ Temp, К	Efficiency (%)	Cont act time, min.
Graphene	Pb(II)	256	3.225-0.01	5/313	99	120
	Cd(II)	136.98	3.225-0.01	6/313	98.46	120
	Cr	92.65	52	5.5	92.65	12
	Cu ⁺⁺	207.65	50	5/298-313	86.77	300
	Co(II)	21.28	2.0-25	5.5/298	93.8	30
	Ni(II)	66.01	10-100	4-9/318	78.31	120
	Zn ⁺⁺	208.33	10	7/293	100	1440
Activated carbon	Pb(II)	134.22	40	6.5/298	97.95	50
	Cd(II)	38.03	200	6.8/298	95	120
	Cr	21.57	50-100	5/293	98.2	60
	Cu ⁺⁺	38	37	5/300	97	75
	Co(II)	22.57	100	6.0/303	90.3	100
	Ni(II)	67.56	20	5.8/293	94	120
	Hg ⁺⁺	154	40	5	100	40
	Zn ⁺⁺	31.11	200	4.5/298	95	120
	Mn ⁺⁺	51.23	20	5.8/293	88	120
Fe ⁺⁺	58.76	20	5.8/293	90	120	
Carbon nanotubes	Pb(II)	102.4	540	5/298	96.03	80
	Cd(II)	14.09	26.5	6/298	97.25	600
	Cr	264.5	100	2/298	95	240
	Cu ⁺⁺	8.84	0.01	4/298	96	30
	Co(II)	69.63	100-1200	7/298	58	NA
	Ni(II)	47.86	10-8-	7/NA	93.4	900
	Hg ⁺⁺	35.89	0.55	6/298	26.5	600
Zeolite	Pb(II)	16.81	1-200	5/293	92	25
	Cd(II)	47	2500	4/293	97.5	30
	Cr	3.27	2.89	3.5/300	96	240
	Cu ⁺⁺	2.1	100-400	5/NA	99	60
	Co(II)	5.5-16.8	50-100	3-4/298	66.10	60
	Ni(II)	24.65	20	7.5/298	99	60
	Hg ⁺⁺	16.354	13.20-575	5-6/NA	90	420
	Zn ⁺⁺	28.6	20	7.5/298	99	30

Цеолитсодержащие породы Татарско-Шатрашановского месторождения характеризуются экстремально высоким содержанием CaO (12,49 % масс.).

Суммарная катионообменная емкость высокая – 88.42 мг-экв/100 г, причем основная доля приходится на катион кальция Ca^{2+} – 77.40 мг-экв/100 г. Участие других катионов в обмене имеет подчиненное значение (мг-экв/100 г): K^+ 6.55, Na^+ 1.74, Mg^{2+} 2.73. По своим сорбционным свойствам цеолитсодержащие породы Татарско-Шатрашанского месторождения находятся на уровне отечественных и зарубежных аналогов.

Таблица 2 - Адсорбционная способность перлита как адсорбента для удаления тяжелых металлов

Adsorbate	Adsorbent dosage (g/L)	T (°C)	C (mg/L)	pH	% Removal
Pb	10	25	11	7	100
Cd	10	25	2.6	7	97.7
Cu(II)	0.2g perlite/100mL	32	-	5	99
Ni ²⁺	0.2g perlite/100mL	32	2.6	5	99
Pb(II)	0.2g perlite/100mL	32	2.6	5	78.2
Cd(II)	0.2g perlite/100mL	32	2.6	5	99
Pb	0.2/100mL	25	100	6	-

В работе [5] предлагается химическая активация указанного выше типа цеолитсодержащего сырья. При кислотной обработке происходит вымывание примесей и декатионизация цеолита с понижением содержания ионов металлов. Активацию цеолита 2N и 3N соляной кислотой считают способом образования дополнительных активных центров, что повышает сорбционную способность материала. Щелочная обработка происходит «вымывание» части кремния в раствор. Вследствие этого в цеолитных носителях образуются мезопоры.

Проведенный анализ демонстрирует, что современные подходы к модификации и гибридизации сорбентов существенно повышают их эффективность для очистки сточных вод от тяжелых металлов. Ключевые направления совершенствования включают:

- химическую модификацию, включающую щелочную обработку, которая увеличивает количество активных центров; кислотная активация, которая способствует улучшению пористой структуры;

- гибридизацию материалов, включающую комбинации материалов, нанесение магнитных компонентов, упрощающих регенерацию, создание композитов для повышения механической стабильности;

- оптимизация условий применения, которые основываются на подборе pH-зависимых сорбентов для конкретных производственных стоков, использование каскадных систем с различными типами сорбентов.

Литература:

1. Sharma sudip, Devkota S, Shrestha R, Joshi M. Technological trends in heavy metals removal from industrial wastewater: A review. Journal of Environmental Chemical Engineering. 2021.

2. Mohd Javaid, Abid Haleem, Ravi Pratap Singh, Rajiv Suman, Substantial capabilities of robotics in enhancing industry 4.0 implementation, 2021, Pages 58-75, ISSN 2667-2413, URL <https://doi.org/10.1016/j.cogr.2021.06.001.26>.

3. А.Н. Тюрин Поисково-оценочные работы на цеолитсодержащие породы в районе Городищенского проявления в Дрожжановском районе РТ. КГРЭ ТГРУ ОАО «Татнефть». ФГИ РТ, № 2104, Казань, 2001. С. 126

4. Р. Р. Исламова, Г. Ю. Яковлева, А. Н. Тюрин, О. Н. Ильинская, О. Н. Лопатин цеолиты Татарско-Шатрашанского месторождения как носители модельного альбумина для перспективной адсорбции терапевтических белков// записки российского минералогического общества 2022, Ч. CLI, № 1, с. 105–113 DOI: 10.31857/S0869605522010063

5. Габдрахманова, Г. Н. Модификация цеолита Татарско-Шатрашанского месторождения для обеспечения физиологической полноценности питьевых вод / Г. Н. Габдрахманова, Р. И. Файзуллин, В. С. Валиев // Химия и инженерная экология - XVIII : сборник трудов международной научной конференции, Казань, 27–29 сентября 2018 года / Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ (КНИТУ-КАИ). – Казань: Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева, 2018. – С. 261-264.

УДК 744.346.5

ОЦЕНКА НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОТ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ И КОМПЛЕКСОВ

Сагадиева А.Р., бакалавр

Научный руководитель Тунакова Ю.А.

***Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ***

Выполнена оценка влияния промышленного предприятия, занимающегося выпуском оптических систем, на состояние атмосферного воздуха. Описаны технологические процессы и состав выбросов, попадающих в атмосферу. Приведены расчетные данные по максимальным разовым и среднегодовым концентрациям загрязняющих веществ на прилегающих территориях, выраженные в долях от ПДК.

Ключевые слова: расчеты рассеивания, оптико-механический завод, загрязнение воздуха, экологический мониторинг, выбросы в атмосферу, компонентный состав выбросов

Распространение загрязняющих веществ в атмосфере определяется метеорологическими условиями, включая скорость и направление ветра, наличие и тип температурных инверсий, вертикальное распределение температуры, влажность, атмосферное давление, а также частоту штилей, осадков и туманов. Для моделирования рассеивания вредных выбросов применяются: унифицированное программное обеспечение для расчета загрязнения воздуха, метеопараметры и коэффициенты, характеризующие условия рассеивания в районе промышленной зоны, а также сведения о фоновых концентрациях загрязнений [1–3].

В ходе проведенного исследования осуществлены расчеты загрязнения атмосферы для завода оптического приборостроения.

Особенностью расположения промышленного объекта является его непосредственная близость к жилой застройке - частному сектору с индивидуальными домами, окружающему промышленную зону по периметру, что требует от производства поддержания допустимого уровня загрязнения атмосферного воздуха непосредственно у границ своей территории. В таблице 1 представлены данные по расчётным точкам.

Общий объем атмосферных выбросов предприятия достигает 4,8 тонн в год, представленных преимущественно газообразными и жидкими формами (аэрозольными взвесями). Структура выбросов характеризуется преобладанием метана, оксидов азота, аммиака и сероводорода, совокупный выброс которых составляет 4,7 тонн/год ($\approx 97\%$ от общего объема). Оставшиеся 3% в общей массе составляют различные углеводороды, технические смеси, простые газы и твердые компоненты выбросов, поступающие в атмосферный воздух как от основного, так и от вспомогательного оборудования предприятия.

Общее количество функционирующих на промышленном объекте источников – 14 штук, 5 из которых имеют организованную форму (вентиляционная труба, дефлектор, дымовая труба и т.д.). Согласно распределению по высоте, все источники выбросов находятся в диапазоне 0-10 м.

Моделирование рассеивания загрязняющих веществ выполнялось в программе УПРЗА «Эколог» (версия 4.70), утвержденной для данных расчетов. Применяемый программный комплекс основан на официальной методике расчета рассеивания вредных выбросов [5].

В таблице 2 представлены расчетные значения максимальных разовых и для точек контроля вблизи жилой зоны. Полученные данные приведены как в абсолютных величинах, так и в соотношении с установленными нормативами - предельными допустимыми концентрациями (ПДК).

Таблица 1 - Расчетные точки на территории ближайших жилых зон

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

Таблица 2 - Результаты расчета максимальных разовых концентраций в точках ближайших жилых зон

Код	Наименование	ПДК, мг/м ³	Максимальная концентрация	
			доли ПДК	мг/м ³
0123	диЖелезо триоксид, (железа оксид)/в пересчете на железо	0,04	-	0,0020
0143	Марганец и его соединения (в пересчете на марганец (IV) оксид)	0,01	0,0003	3,0542E-06
0301	Азота диоксид (Двуокись азота; пероксид азота)	0,2	0,0022	0,0004
0302	Азотная кислота (по молекуле HNO ₃)	0,4	0,0016	0,0006
0303	Аммиак (Азота гидрид)	0,2	0,0421	0,0084
0304	Азот (II) оксид (Азот монооксид)	0,06	0,0059	0,0024
0316	Гидрохлорид (по молекуле HCl) (Водород хлорид)	0,2	0,0029	0,0006
0322	Серная кислота (по молекуле H ₂ SO ₄)	0,3	0,0037	0,0011
0328	Углерод (Пигмент черный)	0,15	5,6635E-05	8,4953E-06

0330	Сера диоксид	0,05	9,8970E-06	4,9485E-06
0333	Дигидросульфид (Водород сернистый, дигидросульфид, гидросульфид)	0,002	0,1215	0,0010
0337	Углерода оксид (Углерод окись; углерод моноокись; угарный газ)	5	5,8283E-06	2,9142E-05
0342	Фтористые газообразные соединения/в пересчете на фтор/: - гидроф	0,02	8,8410E-05	1,7682E-06
0349	Хлор	0.1	0,0343	0,0034
0410	Метан	-	0,0015	0,0765
1061	Этанол (Этиловый спирт; метилкарбинол)	5	0,0002	0,0010
1071	Гидроксибензол	0,01	0,0866	0,0009
1325	Формальдегид (Муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид)	0,05	0,0126	0,0006
1716	Одорант СПМ	0,012	0,0026	3,1188E-05

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

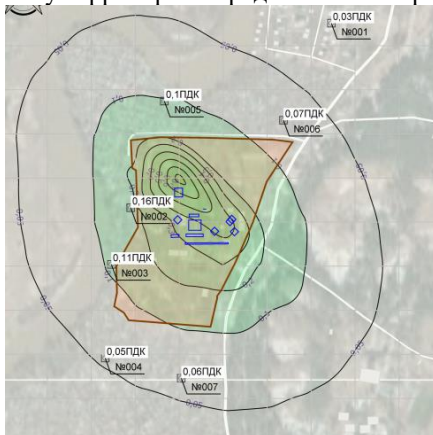


Рисунок 1 - Поля максимальных разовых концентраций на прилегающих к промышленному объекту территориях для группы суммаций 6004 (Аммиак, сероводород, формальдегид)

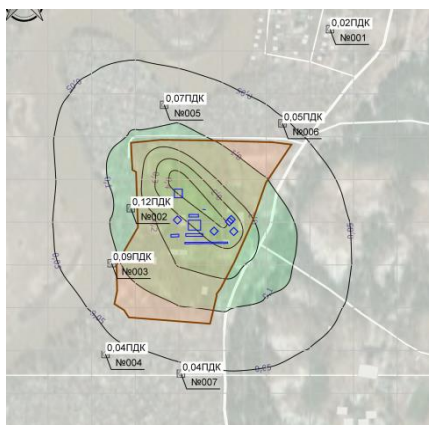


Рисунок 2 - Поля максимальных разовых концентраций на прилегающих к промышленному объекту территориях для группы суммаций 6043 (Серый диоксид и сероводород)

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

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

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

Литература:

1. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»
2. Методы расчетов рассеивания вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе. Утв. Приказом Минприроды России от 06.06.2017 г.
3. Официальный сайт ООО «Фирма «Интеграл», [электронный ресурс]: <https://integral.ru/news/> [Дата обращения: 01.04.2025]

4. Бузало Г.А., Бузало Н.С., Коцур С.В., Никифоров А.А. Некоторые задачи оптимизации в проблеме загрязнения атмосферы промышленного региона // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Технические науки, Новочеркасск.2010. № 6. С. 107–110.

5. Приказ Минприроды России от 06.06.2017 № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» (зарегистрировано в Минюсте России 10.08.2017 № 47734).

6. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Валиев В.С., Григорьева И.Г., Кузнецова О.Н. Разработка моделей прогноза концентраций примесей в приземном слое атмосферного воздуха на основании значимых метеорологических параметров//Вестник Технологического университета. 2016. Т. 19. № 22. С. 179-181.

7. Шагидуллин А.Р., Тунакова Ю.А., Шагидуллин Р.Р., Кузнецова О.Н. Оценка уровня загрязнения воздушного бассейна г.Казани выбросами стационарных и передвижных источников загрязнения (Сообщение 1) // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 8. С. 231-233.

УДК 614.8

ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И ОБЪЕКТОВ ОТ ЧЕРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Сацевич А.И., Морозова Л.В., студенты

Научный руководитель – Ионас Е. Л.

**УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Беларусь**

Рассмотрены основные проблемы защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Представлены основные аспекты государственной политики Республики Беларусь в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Ключевые слова: защиты населения, чрезвычайные ситуации, безопасность, аварии, система гражданской защиты.

Обеспечение безопасности населения и защита объектов от чрезвычайных ситуаций является одной из приоритетных задач государства. Решение проблем предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера становится сегодня одним из важнейших направлений деятельности по обеспечению национальной безопасности Республики Беларусь. Несмотря на научно-технический прогресс, уязвимость нашего общества для катастроф природного и техногенного характера возрастает. Крупные аварии и катастрофы техногенного и природного

характера в последние десятилетия оказывают существенное влияние на хозяйственную деятельность, жизнь и здоровье населения нашей республики, его среду обитания. Созданная система гражданской защиты РБ направлена на предупреждение и ликвидацию чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [1].

Республика Беларусь расположена в центре Европы и находится в зоне умеренного климата, что обуславливает ряд природных угроз, таких как наводнения, ураганы, грозы, лесные пожары и другие [2]. Кроме того, на территории страны расположены опасные производственные объекты, аварии на которых могут привести к техногенным чрезвычайным ситуациям [3]. Наиболее серьезной угрозой является авария на Белорусской АЭС, последствия которой могут затронуть значительную часть территории страны.

Согласно Государственной программе «Чрезвычайные ситуации» на 2021-2025 годы, основными рисками возникновения чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь в ближайшие 5 лет являются:

- Техногенные аварии на опасных производственных объектах - 35%
- Природные явления (ураганы, наводнения, пожары) - 25%
- Аварии на объектах жилищно-коммунального хозяйства - 20%
- Аварии на транспорте - 15%
- Террористические акты - 5% [3]

Система гражданской защиты Республики Беларусь включает в себя комплекс организационных, инженерно-технических, санитарно-гигиенических, противоэпидемических и других мероприятий, направленных на защиту населения, объектов экономики и окружающей среды [4]. Ключевыми элементами этой системы являются органы управления, силы и средства реагирования, системы оповещения и информирования населения.

Основными мероприятиями по защите населения и объектов от чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь являются:

- Прогнозирование и мониторинг чрезвычайных ситуаций [5].

Данная деятельность осуществляется на постоянной основе с использованием современных технических средств и методов анализа. Она позволяет заблаговременно выявлять угрозы и принимать меры по их предупреждению.

- Информирование и оповещение населения о возникновении или угрозе возникновения чрезвычайных ситуаций [6].

Для этого используются различные каналы связи, включая сирены, радио, телевидение, сети сотовой связи и Интернет. Оперативное доведение информации до граждан является ключевым фактором в обеспечении их безопасности.

- Эвакуация населения из опасных зон [7].

В случае угрозы возникновения или возникновения чрезвычайной

ситуации осуществляется организованный вывоз населения в безопасные районы. Для этого разработаны планы эвакуации, создан необходимый парк транспортных средств и пункты временного размещения.

- Проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ [8].

Данные работы направлены на спасение людей, снижение ущерба и ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций. Они осуществляются силами и средствами аварийно-спасательных формирований, пожарных подразделений и других специализированных служб.

- Обеспечение устойчивого функционирования организаций в чрезвычайных ситуациях [9].

Для этого разрабатываются планы действий персонала, создаются резервы материально-технических и финансовых ресурсов, проводится обучение работников.

В период 2020-2025 годов планируется дальнейшее развитие и совершенствование системы гражданской защиты Республики Беларусь. Ключевыми направлениями являются:

- Модернизация систем мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций с использованием новейших технологий;

- Обновление парка аварийно-спасательной техники и оборудования;

- Внедрение современных средств оповещения и информирования населения;

- Повышение уровня подготовки и оснащенности сил реагирования;

- Совершенствование нормативно-правовой базы в сфере гражданской защиты [3].

Система гражданской защиты Республики Беларусь позволяет обеспечивать защиту населения и объектов от широкого спектра чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. В период 2020-2025 годов планируется дальнейшее развитие и совершенствование этой системы, внедрение новых технологий и методов, что позволит повысить уровень готовности к реагированию на чрезвычайные ситуации и минимизировать их негативные последствия.

Литература:

1. Закон Республики Беларусь «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 05.05.1998 № 141-З.

2. Национальный доклад о состоянии окружающей среды Республики Беларусь. - Минск, 2020.

3. Государственная программа «Чрезвычайные ситуации» на 2021-2025 годы, утвержденная постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 29.01.2021 № 55.

4. Положение о Единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, утвержденное постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 10.04.2001 № 495.

5. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 10.04.2001 № 495 «Об утверждении Положения о Единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».

6. Указ Президента Республики Беларусь от 16.10.2009 № 510 «О совершенствовании контрольной (надзорной) деятельности в Республике Беларусь».

7. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 10.04.2001 № 495 «Об утверждении Положения о Единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».

8. Закон Республики Беларусь «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей» от 22.06.2001 № 39-3.

9. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 29.08.2013 № 758 «Об утверждении Положения о порядке функционирования организаций в чрезвычайных ситуациях».

УДК 664.61

НАПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Светлова Я.С., студент

Научный руководитель – Скуратович И.В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье дана краткая характеристика обращения с отходами на предприятии хлебопекарной промышленности на примере хлебозавода «Автомат», а также приведены четыре направления по рациональному использованию хлебных отходов.

Ключевые слова: хлебозавод, отходы производства, технологические потери (сметки), компостирование, сухари, этиловый спирт.

В результате работы предприятий хлебопекарной отрасли образуется большое количество отходов технологических процессов. Объектом исследования являлся хлебозавод «Автомат».

С целью организации обращения с отходами производства разработана и утверждена «Инструкция по обращению с отходами производства КУП «Минскхлебпром», в которой регламентируется количество отходов, их временное накопление и передача на утилизацию [1].

В результате производственной деятельности на хлебозаводе «Автомат» образуются отходы производства, которые разделяются по видам в зависимости:

- от происхождения – на отходы производства и отходы потребления;
- от агрегатного состояния – на твёрдые отходы и жидкие отходы;
- от степени опасности – на опасные отходы и неопасные отходы.

В таблице 1 приведены данные по образующимся отходам производства в численном выражении, согласно которым в 2023 году количество отходов снизилось на 16 % по сравнению с 2022 годом [2].

На хлебозаводе «Автомат» обеспечивается строгий учёт образования отходов, контроль мест их временного хранения, периодичность вывоза отходов, контроль уровня загрязнения почвы. Тара для сбора и временного хранения отходов производства имеет маркировку с указанием наименования, кода и класса опасности отходов производства. Проводится визуальный мониторинг за обращением с отходами. На хлебозаводе «Автомат» обеспечивается своевременное заключение и пролонгация договоров на вывоз отходов на объекты размещения в соответствии с требованиями экологической безопасности.

Технологические потери (сметки) образуются в ходе технологического процесса выпечки хлеба и хлебобулочных изделий в производственном корпусе (рисунок 1). В дальнейшем хлебные отходы вывозятся на свалку, однако вместо этого более выгодно использовать их как вторичный материальный ресурс, получая при этом экономическую пользу и сохраняя окружающую среду.

Таблица 1 – Образование отходов производства

Наименование показателя	Значение	
	2022 г.	2023 г.
1 Количество отходов, образовавшихся на предприятии (кроме ртутьсодержащих отходов и отходов, содержащих ПХБ), т	390,099	328,016
в том числе передано (реализовано) на:		
1.1 использование	80,76	72,347
1.2 обезвреживание	0,009	-
1.4 захоронение	309,33	255,669
2 Количество ртутьсодержащих отходов, шт	66	185
в том числе передано на хранение	66	119

Существуют разные направления дальнейшей работы с отходами хлебопекарной промышленности.

1) *Компостирование* – биологический процесс разложения органики с участием воды и воздуха. В результате чего получается удобрение для улучшения почвенного слоя, уменьшается количество мусора и использование дополнительных ресурсов.

2) Использование хлебобулочных изделий *в качестве корма* для животных после получения разрешения у уполномоченных органов

государственного ветеринарного надзора или иных уполномоченных лиц в соответствии с законодательством Республики Беларусь в области ветеринарии.

3) *Производство сахарной крошки и сухарей* с различными вкусовыми и ароматическими добавками [3]. Хлебную сахарную крошку получают путём измельчения и подсушки хлебных изделий, в дальнейшем используют в качестве панировки при приготовлении пищи. Сухари получают разрезанием хлебобулочных изделий на части определённой формы и сушкой, после или посыпают сахаром, или глазируют, или применяют различные ароматические добавки.

4) *Получение этилового спирта* путём сбраживания пищевого сырья (крахмалсодержащих и сахаристых веществ). Сначала идёт осахаривание крахмала с образованием дисахарида – мальтозы, которая в процессе брожения гидролизует в глюкозу [4]. Далее с участием ферментов дрожжей идёт реакция образования этанола и выделения углекислого газа.

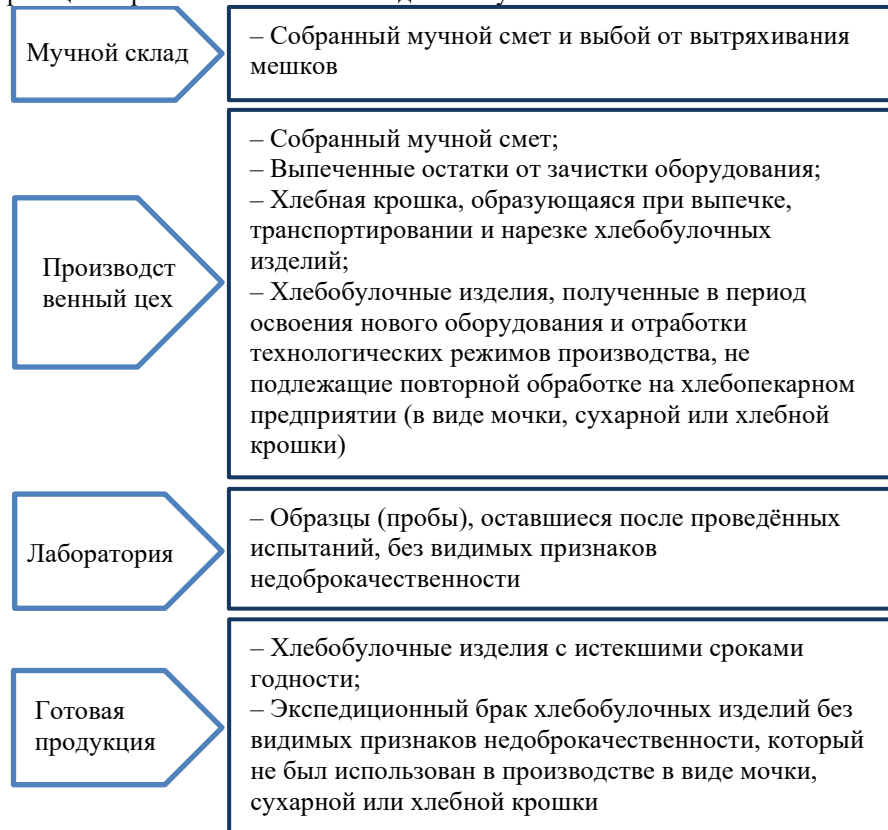


Рис. 1 – Процесс образования хлебных отходов в производственном корпусе

Литература:

1. Инструкция по обращению с отходами производства КУП «Минскхлебпром» – Минск, 2020.
 2. Экологический паспорт КУП «Минскхлебпром» хлебозавод «Автомат» – Минск, 2023.
 3. Переработка хлебобулочных изделий: как используется [Электронный ресурс] / Переработка хлебобулочных изделий. – Москва, 2016. – Режим доступа: <https://www.agroprod mash-expo.ru/ru/articles/2016/pererabotka-hlebobulochnyh-izdelij/>. – Дата доступа: 02.04.2025.
 4. Методы получения этилового спирта [Электронный ресурс] / Методы получения этилового спирта. – Киев, 2012. – Режим доступа: <http://spiritprom.com.ua/index.php/novosti/127-metody-polucheniya-etilovogo-spirta>. – Дата доступа: 02.04.2025.
- УДК 504.064

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ СТОЧНЫХ ВОД ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ

Свинцова Е.А., магистр

Научный руководитель Галимова А.Р.

ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, Россия, г. Казань

В работе рассмотрен процесс производства аммиачной селитры как источник образования сточных вод, а также наилучшие доступные технологии при удалении соединений азота из сточных вод. На основании анализа научно-технической литературы, предложен метод биохимической очистки сточных вод производства аммиачной селитры.

Ключевые слова: производство удобрений, сточные соды, аммиачная селитра, биохимическая очистка, анатмокс-реакция.

Отрасль производства минеральных удобрений в России является системообразующей для российского химического комплекса. Удобрения используются во всех сельскохозяйственных центрах, так как от них напрямую зависит качество и количество полученного урожая. Поэтому в настоящее время происходит развитие предприятий по производству удобрений [1]. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 31.12.2020 N 2398 (ред. от 07.10.2021) "Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий" предприятие по производству минеральных удобрений относится к объекту I категории, что обеспечивает возможность применения к нему наилучших доступных технологий.

Аммиачная селитра является одним из самых распространенных видов удобрений и производится в отдельном цехе на специальном агрегате. Аммиачная селитра – это аммонийная соль азотной кислоты с формулой NH_4NO_3 . В большинстве случаев она производится путем нейтрализации азотной кислоты газообразным аммиаком. Аммиачная селитра в гранулах имеет широкое применение перед посевами для всех видов подкормок.

В процессе производства аммиачной селитры есть главные и побочные источники образования сточных вод. Главными источниками являются конденсаты соковых паров из аппаратов ИТН и выпарных установок, побочные источники – это охлаждение продуктов, промывка аппаратов, трубопроводов и мытье полов. Конденсат сокового пара содержит аммонийный и нитратный азот. Условно чистые воды, не требующие очистки, образуются при охлаждении продуктов. Остальные же источники производят загрязненные сточные воды, которым требуется очистка из-за большого количества примесей в них. Возвращение в процесс загрязненных сточных вод запрещено по правилам техники безопасности [2].

Перечень наилучших доступных технологий при удалении соединений азота из сточных вод, которые образуются при производстве аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот, являются [3]:

1. отгонка аммонийного азота паром с добавлением щелочи (применяется при концентрациях аммонийного азота свыше 1 г/л)
2. нитрификация и денитрификация;
3. доочистка от соединений азота в биопрудах.

Технология удаления азота из сточных вод посредством окисления аммония предназначена для удаления азота из высококонцентрированных (по аммонийному азоту) сточных вод. Технология анаэробного окисления аммония (АНАММОКС) базируется на использовании автотрофных бактерий (планктомицетов) и проводится в две стадии:

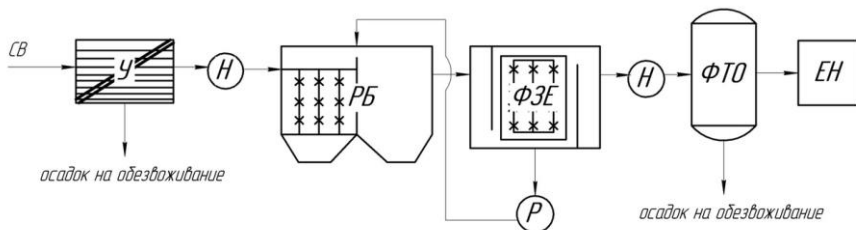
– на первой проводится частичная нитрификация для получения нитрита ($2\text{NH}_4 + 3\text{O}_2 = 2\text{NO}^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$);

– на второй – собственно реакция окисления аммония нитритом ($\text{NH}^{4+} + \text{NO}^{2-} = \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$), используемым в качестве акцептора электронов [3].

Аммоний и нитрит потребляются в соотношении 1:1,32. Основным продуктом анаммокс-реакции является молекулярный азот, а также до 10 % азота превращается в нитрат. Таким образом, процесс анаммокс состоит из двух технологических процессов, таких как нитрификация и окисления аммония нитритом. Бактерии Анаммох являются одними из самых медленно растущих микроорганизмов, поэтому в данном процессе является важным удержание биомассы для осуществления качественной очистки сточных вод. Наилучшей технологическим решением является использование аппаратов со

стационарными носителями прикрепленного биоценоза, которые называются загрузкими.

Для очистки сточных вод производства аммиачной селитры предусмотрены очистные сооружения, принципиальная схема которых представлена на рисунке 1. Промывные, смывные, дренажные сточные воды процесса производства аммиачной селитры через систему трубопроводов самотеком поступают на технологическую линию биохимической очистки. Первым этапом СВ поступает усреднитель, где предусматривается смешение дренажных, промывных и смешанных стоков и контроль неравномерности стока. Далее вода с помощью насоса подается в биохимический реактор, содержащий две зоны – аэробную и анаэробную, в которых при помощи активного ила осуществляются процессы денитрификации, нитрификации и анормокс-процесс, направленные на редуцирование аммонийного азота и нитратов. После биологического реактора СВ направляются в фильтр с загрузкой ершовой, предназначенный для задерживания взвешенных веществ, в том числе биопленки, выносимой из биологического реактора. Последним этапом очистки является фильтр тонкой очистки, где происходит глубокая доочистка сточных вод.



У – усреднитель, РБ – реактор биологический, ФЗЕ – фильтр с загрузкой ершовой, Р – регенератор активного ила, Н – насос, ФТО – фильтр тонкой очистки, ЕН – накопительная емкость для сточных вод

Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема очистных сооружений сточных вод линии производства аммиачной селитры

Усреднитель. Данное сооружение предназначено для регулирования параметров сточных вод, таких как расход и состав сточных вод. Использование усреднителя позволяет повысить надежность и эффективность очистки, так как сточные воды в процессе промывки оборудования образуются непостоянно. Необходимо использовать усреднитель перед биологической очисткой, чтобы не перегружать активный ил высокими концентрациями сточных вод.

Биологический реактор. Основная очистка от аммонийного азота и нитратов происходит в биологическом реакторе. Биологический реактор поделен на две зоны, в первой зоне установлена ершовой загрузка с прикрепленным на ней илом, который в аноксидных условиях осуществляет процесс денитрификации и аномокс-процесс. Вторая зона оснащена флокулами активного ила и системой аэрации для осуществления процесса нитрификации.

Фильтр с загрузкой ершовой. Применяется для задерживания взвешенных веществ, в том числе биопленки, которая выносятся из биологического реактора. Пропускание сточных вод через фильтр также используется для регенерации ершовой загрузки путем ее интенсивной аэрации.

Фильтр тонкой очистки. Установка данного фильтра поможет извлечь оставшиеся микроорганизмы из сточных вод, чтобы повысить качество получаемой воды после всех ступеней очистки.

Изучив технологию производства аммиачной селитры, было установлено, что в процессе производства аммиачной селитры образуются сточные воды с большим содержанием соединений азота, которые могут оказывать значительное негативное влияние при попадании в водоемы. Главными источниками являются конденсаты соковых паров из аппаратов ИТН и выпарных установок, побочные источники – это охлаждение продуктов, промывка аппаратов, трубопроводов и мытье полов. На основании анализа научно-технической литературы, предложен метод биохимической очистки сточных вод производства аммиачной селитры. Его главными преимуществами являются высокая эффективность удаления соединений азота, низкое негативное воздействие продуктов очистки на ОС, автономность работы сооружений и низкая стоимость их обслуживания.

Литература:

1. Самсонова, Н. Е. Основы минерального питания растений и технологий применения удобрений : учебное пособие / Н. Е. Самсонова. – Смоленск : Смоленская ГСХА, 2021. – 256 с.
2. Киракосянц Д. А. Правовое регулирование сброса сточных вод в российской федерации с точки зрения экологической безопасности // Право и государство: теория и практика. – 2022. – №6 (210). – С 86-89.
3. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «ИТС 2 – 2022 Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот. Передовые технологии».

АДСОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ: АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

Селедкина В.А., студент

Научный руководитель Габдрахманова Г.Н.

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань, Россия

Статья анализирует современные методы адсорбционной очистки сточных вод от нефтепродуктов, включая запатентованные технологии. Проведён анализ существующих исследований по использованию различных типов сорбентов. Обоснована перспективность предложенной технологии, позволяющей повысить степень очистки, снизить эксплуатационные затраты и минимизировать вторичное загрязнение.

Ключевые слова: адсорбционная очистка, сточные воды, нефтепродукты, сорбционный фильтр, активированный уголь, цеолит.

Современные технологии очистки сточных вод направлены на эффективное удаление нефтепродуктов, взвешенных веществ, ионов металлов и других загрязняющих компонентов. В связи с ужесточением экологических требований и нормативов по качеству сточных вод, разрабатываются новые методы очистки, основанные на физических, химических и биологических принципах. В данной работе рассматриваются наиболее современные способы очистки сточных вод, опираясь на патентные разработки, представленные в таблице 1 и научных статьях.

Одним из перспективных направлений является использование сорбентов для удаления загрязняющих веществ. Казанчиди О.И. и Бурлака С.Д. исследовали влияние различных сорбентов, таких как алюмосиликаты, активированные угли и диатомиты, на очистку сточных вод ТЭЦ. В ходе экспериментов было выявлено, что алюмосиликатные сорбенты обладают высокой сорбционной способностью по отношению к нефтепродуктам и тяжелым металлам. В результате внедрения этих сорбентов концентрация нефтепродуктов в сточных водах снизилась до 0,2 мг/л, что соответствует нормативным требованиям. Авторы отмечают, что использование этих сорбентов также способствует уменьшению содержания тяжелых металлов, таких как свинец и кадмий, на 85%, что делает данный метод экологически и экономически целесообразным. Дополнительно было зафиксировано сокращение эксплуатационных расходов на 30% за счет продления срока службы очистных сооружений [4].

Таблица 1 – Патентные разработки по очистке сточных вод от нефтепродуктов

Патент	Название	Авторы	Дата публикации	Краткое описание
RU 216760 U1	Сорбционный фильтр для очистки воды	Атманова О.В., Тихомирова Е.И., Кошелев А.В., Глубокая А.С.	28.02.2023	Сорбционный фильтр для очистки воды содержит корпус патрубками ввода, вывод очищаемой воды и адсорбента внутри которого установлен нижняя горизонтальная решетка и верхняя решетка в форме усеченного конуса, слой адсорбента между решетками, также каскадная ударно-струйная форсунка в верхней части аппарата внутри загруженного адсорбента [1].
RU 167819 U1	Фильтр сорбционной очистки сточной воды	Мишта В.П., Мишта П.В., Барашков С.А.	10.01.2017	Сорбционный фильтр, содержащий цеолит и активированный уголь в трикотажных контейнерах, повышает эффективность очистки перед контрольным колодцем. Активированный уголь позволяет эффективно поглощать из воды неполярные компоненты нефтепродуктов, а цеолит - полярные компоненты нефтепродуктов [2].
RU 2723862 C1	Установка для очистки сточных вод от нефтепродуктов	Короткова Т.Г., Бушумов С.А.	17.06.2020	Многокамерная установка с системой грубой и тонкой фильтрации, а также сорбционным фильтром для удаления нефтепродуктов. Оснащена желобом для отвода нефтяного слоя [3].

В другом исследовании Манвелов А.Н. и соавторы рассмотрели эффективность сорбционных фильтров на основе керамзита в очистке сточных вод ТЭЦ-16 в Москве. Результаты экспериментов показали, что использование керамзита в качестве фильтрующего материала позволило снизить

концентрацию нефтепродуктов в воде на 80%, а взвешенных веществ – на 65%. Это обусловлено высокой пористостью материала, способствующей увеличению площади контакта с загрязняющими веществами. Также было выявлено, что керамзитовые фильтры имеют в 1,5-1,7 раза большую сорбционную емкость по сравнению с традиционными кварцевыми песчаными фильтрами. Авторы рекомендуют использование данного метода в сочетании с механическими и мембранными фильтрами для повышения эффективности очистки. Кроме того, анализ эксплуатационных данных показал, что применение керамзита позволяет снизить потребление химических реагентов на 40%, что также снижает нагрузку на окружающую среду [5].

Баринова О.В. представила обзор различных типов сорбентов – органических, неорганических и органоминеральных. Исследование показывает, что наиболее распространенными являются активированные угли, которые обладают высокой сорбционной емкостью, но являются дорогостоящими. В связи с этим автор предлагает использовать природные алюмосиликаты и комбинированные сорбенты, которые обладают высокой эффективностью и могут применяться для очистки воды от нефтепродуктов и тяжелых металлов одновременно [6].

Проведенные Ефимовым С.Е. эксперименты показали, что четырехслойная загрузка «Экосорб» обеспечивает наилучшие показатели очистки, снижая содержание нефтепродуктов в сточной воде до 0,01–0,95 мг/л. Высокая сорбционная способность данного материала подтверждена методами флуориметрии и ИК-спектроскопии, демонстрируя эффективность на уровне 75–85,25% [7].

В качестве перспективного решения для очистки сточных вод от нефтепродуктов предложен сорбционный фильтр, запатентованный под RU216760U1. Данная конструкция обладает рядом преимуществ перед традиционными системами адсорбционной очистки. Фильтр содержит каскадную ударно-струйную форсунку, которая способствует равномерному распределению очищаемой жидкости по всей площади загрузки, увеличивая контакт воды с сорбентом. Также конструкция предусматривает систему промывки адсорбента, что позволяет продлить срок его службы без необходимости полной выгрузки и замены. Верхняя решетка выполнена в форме усеченного конуса, что предотвращает образование застойных зон и повышает эффективность работы адсорбента.

Для повышения качества работы данной конструкции предлагается дополнить её решением, представленным в патенте RU167819U1, и использовать двойную сорбционную загрузку из цеолита и активированного угля. В патенте описана комбинация цеолита и активированного угля в сорбционных фильтрах, которая позволяет эффективно удалять широкий спектр загрязняющих веществ из сточных вод, включая нефтепродукты. Такой

выбор обусловлен разделением функций сорбции: активированный уголь обладает высокой адсорбционной способностью к неполярным соединениям, включая ароматические углеводороды и нефтепродукты, а цеолит эффективно поглощает полярные соединения, такие как ионообменные загрязнители и растворенные нефтепродукты. Помимо этого, активированный уголь является более дорогим материалом по сравнению с цеолитом, а его комбинированное использование позволяет снизить затраты на очистку, поскольку цеолит выполняет предварительную фильтрацию, снижая нагрузку на активированный уголь и продлевая его срок службы. Цеолит также задерживает взвешенные частицы и механические примеси, предотвращая их попадание в слой активированного угля, что замедляет его загрязнение и снижает частоту регенерации. Использование данной технологии позволяет минимизировать образование вторичных загрязняющих веществ и обеспечивает стабильные показатели очистки воды даже при изменении состава сточных вод.

Литература:

1. Сорбционный фильтр для очистки воды: пат. RU 216760 U1 Рос.Федерация. № 2022122062/ Атманова О.В., Тихомирова Е.И., Кошелев А.В., Глубокая А.С.; заявл. 12.08.2022; опубл. 28.02.2023, Бюл. № 7.
2. Фильтр сорбционной очистки сточной воды: пат. RU 167819 U1 Рос.Федерация. № 2016135185/ Мишта В.П., Мишта П.В., Барашков С.А.; заявл. 29.08.2016; опубл. 10.01.2017 Бюл. № 1
3. Установка для очистки сточных вод от нефтепродуктов: пат. RU 2723862 C1 Рос.Федерация. № : 2019122197/ Короткова Т.Г., Бушумов С.А.; заявл. 11.07.2019 ; опубл. 17.06.2020 Бюл. № 17
4. Казанчиди, О. И. Повышение эффективности очистки сточных вод ТЭЦ с использованием модифицированных сорбентов / О. И. Казанчиди, С. Д. Бурлака // Тенденции развития науки и образования. – 2024. – № 109-13.
5. Рекомендации по усовершенствованию методов очистки сточных вод на ТЭЦ / А. Н. Манвелов, Ф. Ф. Арсланбекова, А. Я. Пономарев, Д. И. Шмырев // Наука и образование : Материалы IV Международной научно-практической конференции, Таганрог, 31 июля 2015 года / Научно-образовательное учреждение «Вектор науки». – Таганрог: Издательство "Перо", 2015.
6. Баринава, О. В. Сорбенты для очистки сточных вод от нефтепродуктов (обзор) / О. В. Баринава // Актуальные проблемы военно-научных исследований. – 2020. – № S8(9)
7. Ефимов, С. Е. Исследование нетканого сорбирующего материала "Экосорб" для очистки нефтезагрязненных сточных вод / С. Е. Ефимов // Тенденции развития науки и образования. – 2019. – № 56-1.

ОЦЕНКА ЛОКАЛЬНОГО УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ АВТОЗАПРАВОЧНОЙ СТАНЦИИ

Селедкина В.А., студент

Научный руководитель Шагидуллин А.Р.

*Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань, Россия*

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

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

Эксплуатация автозаправочных станций (АЗС) сопровождается выбросами вредных веществ в атмосферу, что связано с испарением нефтепродуктов в процессе их хранения, транспортировки и заправки автомобилей. Уровень загрязнения воздушной среды зависит от объёмов отпускаемого топлива, технического состояния оборудования, конструктивных особенностей резервуаров, а также от эффективности применяемых технологий по улавливанию и снижению выбросов. Для оценки степени загрязнения проводится моделирование рассеивания, в результате которого определяются концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы (C , мг/м³) [1–3].

Жилые зоны располагаются в непосредственной близости от промышленного объекта, окружая его многоквартирными домами с разных сторон. В связи с этим, применяемые на предприятии технологические процессы должны обеспечивать соответствующее качество атмосферного воздуха уже у границ территории объекта. Общий объем выбросов вредных веществ в атмосферный воздух составляет 122,578 тонн в год, при этом 99,5% имеют газообразное либо жидкое (в виде аэрозолей) агрегатное состояние. Наибольший вклад в загрязнение воздуха вносят смеси предельных углеводородов: C_1H_4 – C_5H_{12} — около 72,4 тонн/год (более 59% от общего объема); C_6H_{14} – $C_{10}H_{22}$ — порядка 25,2 тонн/год (свыше 21%).

Эти вещества в основном выделяются при испарении топлива из резервуаров и в процессе заправки транспортных средств, что обусловлено колебаниями температуры и давления в топливной системе.

Выбросы оксида углерода, возникающие при работе основного оборудования, составляют около 11,59 тонн в год — это примерно 9,5% от

общего объема выбросов. Оставшиеся 10,5% приходится на другие углеводороды, технические смеси, простые газы и твердые частицы, поступающие в атмосферу как от основного, так и от вспомогательного оборудования.

Процесс рассеивания выбрасываемых вредных веществ зависит не только от метеорологических условий, но и от характеристик самих источников выбросов. Всего на территории промышленного объекта функционирует 360 источников загрязнения, из которых большинство — 309 (или 85,83%) — относятся к неорганизованным выбросам.

В пределах ближайших жилых зон были определены расчетные точки в жилых домах, а для анализа пространственного распределения концентраций загрязняющих веществ на прилегающей территории задан расчетный прямоугольник. Размер шага расчетной сетки данного прямоугольника составил 100 м. Для выполнения расчетов рассеивания загрязняющих веществ использовалась программа УПРЗА «Эколог» (версия 4.70), официально рекомендованная для оценки загрязнения атмосферного воздуха. Программный продукт реализует утверждённую методику моделирования распространения примесей в атмосфере [5].

Результаты расчетов максимальных разовых концентраций загрязняющих веществ в точках, расположенных вблизи жилых территорий, представлены в таблице 1 — как в абсолютных значениях, так и в долях от предельно допустимых концентраций (ПДК).

Таблица 1 – Результаты расчета максимальных разовых концентраций в точках ближайших жилых зон

Код	Наименование	ПДК, мг/м ³	Максимальная концентрация	
			доли ПДК	мг/м ³
0322	Серная кислота (по молекуле H ₂ SO ₄)	0,4	3,35E-09	1,01E-09
0328	Углерод (Пигмент черный)	0,15	0,000542	7,99129E-05
0330	Сера диоксид	0,5	0,000885714	0,000440614
0333	Дигидросульфид (Водород сернистый, дигидросульфид, гидросульфид)	0,008	0,000628571	5,13429E-06
0337	Углерода оксид (Углерод окись; углерод моноокись; угарный газ)	5	0,00041429	0,00214286
0402	Бутан	0,2	0,00604286	1,21085714
0410	Метан	0,2	0,00427143	0,21371429
0415	Смесь предельных углеводородов C ₁ H ₄ -	200	0,02904286	5,81028571

	C5H12			
0416	Смесь предельных углеводородов C6H14-C10H22	50	0,00441429	0,22071429
0501	Амилены	0,5	0,01474286	0,022
0602	Бензол (Циклогексатриен; фенилгидрид)	0,3	0,06767143	0,02042857
0616	Диметилбензол (смесь о-, м-, п- изомеров) (Метилтолуол)	0,2	0,01278571	0,00252257
0621	Метилбензол (Фенилметан)	0,6	0,03191429	0,01914286
0627	Этилбензол (Фенилэтан)	0,02	0,02648571	0,00052089
1061	Этанол (Этиловый спирт; метилкарбинол)	0,01	5,14E-08	2,57E-07
1325	Формальдегид (Муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид)	0,003	0,00032857	1,7076E-05
1401	Пропан-2-он (Диметилкетон; диметилформальдегид)	0,35	1,53E-06	5,36E-07
1716	Одорант СПМ	0,05	0,03431429	0,00041176
2704	Бензин (нефтяной, малосернистый) (в пересчете на углерод)	5	1,21E-04	5,43E-04
2732	Керосин (Керосин прямой перегонки; керосин дезодорированный)	1,2	0,00032857	0,00041043
2741	Гептановая фракция	0,3	2,76E-05	4,14E-05
2754	Алканы C12-C19 (в пересчете на C)	1	0,00052857	0,00050504

Поля распределения наибольших максимальных разовых концентраций на территориях, прилегающих к промышленному объекту, представлены на рисунке 1 для бензола.

Наибольшее влияние на уровень загрязнения оказывают углеводородные соединения. Например, концентрация смеси предельных углеводородов (C₁H₄–C₅H₁₂) достигает 5,81 мг/м³, что соответствует 0,029 от ПДК. Для бензола максимальная разовая концентрация составляет 0,0204 мг/м³ (0,067 доли ПДК), а для метилбензола — 0,0191 мг/м³, что в 31 раз ниже допустимого значения.

Согласно требованиям Приказа Минприроды России от 18.02.2022 №109, все загрязняющие вещества, концентрации которых по результатам расчётов

рассеивания превышают 0,1 ПДК на границе земельного участка предприятия, подлежат обязательному включению в программы экологического мониторинга и производственного экологического контроля. В нашем случае проведённые расчёты показали, что все контролируемые загрязняющие вещества, кроме бензола, демонстрируют значительно меньшие значения по отношению к установленному нормативу в 0,1 ПДК, что дает возможность их выведения из системы мониторинга. В то время как бензол с небольшим превышением остается в системе мониторинга.

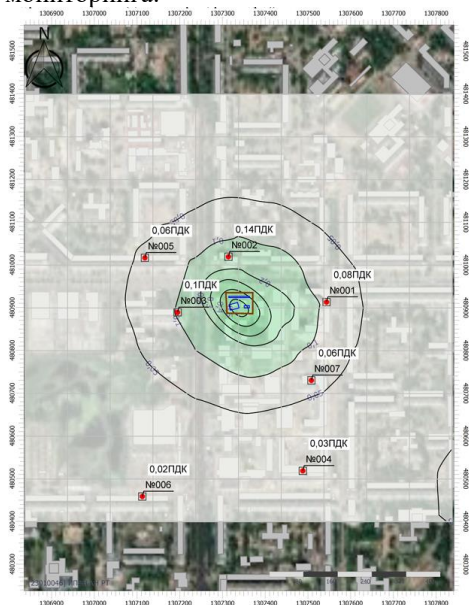


Рис. 1. Поля максимальных разовых концентраций бензола на прилегающих к промышленному объекту территориях

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

Литература:

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

3. Официальный сайт ООО «Фирма «Интеграл»». URL: <https://integral.ru/news/>.

4. Бузало Г.А., Бузало Н.С., Коцур С.В., Никифоров А.А. Некоторые задачи оптимизации в проблеме загрязнения атмосферы промышленного региона // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Технические науки, Новочеркасск.2010. № 6. С. 107–110.

5. Приказ Минприроды России от 06.06.2017 № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» (зарегистрировано в Минюсте России 10.08.2017 № 47734).

6. Тунакова Ю.А., Шагидуллина Р.А., Валиев В.С., Григорьева И.Г., Кузнецова О.Н. Разработка моделей прогноза концентраций примесей в приземном слое атмосферного воздуха на основании значимых метеорологических параметров//Вестник Технологического университета. 2016. Т. 19. № 22. С. 179-181.

7. Шагидуллин А.Р., Тунакова Ю.А., Шагидуллин Р.Р., Кузнецова О.Н. Оценка уровня загрязнения воздушного бассейна г.Казани выбросами стационарных и передвижных источников загрязнения (Сообщение 1) // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 8. С. 231-233.

УДК 666.972:502.5

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА В КАЧЕСТВЕ ГРУЗА ДЛЯ ПРОТИВОВЕСА ЛИФТА

**Сивая Я. А. учащийся, УО “Национальный детский технопарк”
Научные руководители Благовещенская Т. С., Зеленуха Е. В., Скуратович И. В.
Белорусский национальный технический университет, Беларусь**

В данной статье рассматривается возможность использования чугунолитейного и сталеплавильного шлака, образующихся на предприятии ОАО «Могилевлифтмаш», в качестве компонента бетона для груза противовеса лифта, приводится сравнительный анализ данных отходов и определяется оптимальное соотношение компонентов бетона и шлаков.

Ключевые слова: шлак, отходы производства, бетон, шлакобетон.

Исследование возможности создания насыпного или монолитного груза для противовеса лифта с применением отходов производства является актуальным, т.к. позволит заменить чистое сырье полностью или частично. Внедрение таких решений может существенно повысить устойчивость и эффективность функционирования предприятий, таких как ОАО «Могилевлифтмаш», а также способствовать развитию более ответственного и устойчивого подхода к производству в целом.

Максимальный объем груза противовеса, доступный для заполнения, и максимальная набираемая масса приведены на рисунке 1.

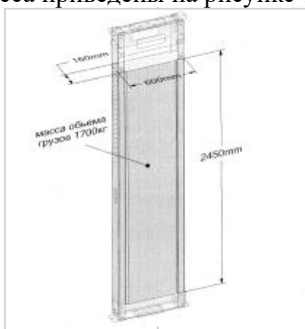


Рисунок 1 – Доступный объем для заполнения и максимальная масса
Мы рассчитали объем груза по формуле (1), а затем его плотность (2):

$$V = A * B * H, \quad (1)$$

где А — длина, В — ширина, Н — высота груза,

$$\rho = m/V, \quad (2)$$

где m – масса, V – объем.

$$V = A * B * H = 160\text{мм} * 600\text{мм} * 2450\text{мм} = 235,2 \text{ м}^3 \text{ (объем груза).}$$

$$\rho = m/V = 1700\text{кг}/235,2\text{м}^3 = 7,228 \text{ кг/м}^3 \text{ (плотность груза)}$$

Эти данные помогут нам в дальнейшем изготовлении бетона из отходов.

В настоящее время противовесы для лифтов изготавливаются из бетона или чугуна. Чтобы подобрать подходящий материал для исследования, мы опирались на следующие требования:

- материал не должен иметь ощутимого запаха;
- радиоактивность материала должна быть в пределах нормы;
- материал должен быть доступным в необходимой годовой общей массе (3 000 тыс. тонн);
- использование материала должно быть экономически выгоднее, чем использование бетона/чугуна;
- масса груза для противовеса лифта должна быть не более 50 кг;
- материал должен быть экологически чистым;
- груз должен выдерживать динамические нагрузки;
- оболочка, в случае применения насыпных грузов, должна быть разлагаемой или перерабатываемой;
- плотность материала должна быть около 7,228 кг/м³.

Мы решили рассмотреть металлосодержащие шлаки как один из компонентов бетона для груза. Металлосодержащий шлак — твердый остаток после выплавки металла из руды, а также от сжигания угля.

Шлакобетон является дешевым и хорошим конструкционным материалом для строительства. Вяжущим для шлакобетона могут служить цемент, известь, гипс, глина и др. Наиболее распространен шлакобетон на основе топливного или металлургического шлака.

На предприятии ОАО «Могилевлифтмаш» также остаются отходы в виде металлосодержащих шлаков. В работе использовались два вида отходов предприятия: шлаки сталеплавильного и чугунолитейного производства.

Шлак чугунолитейного производства мелкодисперсный и не имеет запаха, в нем присутствуют крупные частицы чугуна. Шлак сталеплавильного — это влажные частицы среднего размера со специфическим запахом.

Тщательно смешав компоненты бетона из наиболее используемых рецептов и добившись однородной консистенции без комьев, мы изготовили образцы бетонов, по которым определили лучшую рецептуру: 1 ч. цемента, 1 ч. воды, 1 ч. щебня и 3 ч. песка с добавлением суперпластификатора.

Далее определили удельную активность радионуклидов в компонентах бетона и рассчитали по формуле 3 удельную эффективную активность:

$$A_{\text{м эфф}} = A_{\text{Ra}226} + 1,31A_{\text{Th}232} + 0,085A_{\text{K}40} + 0,22A_{\text{Cs}137}, \quad (3)$$

где A_{Ra} и A_{Th} – удельная активность ^{226}Ra и ^{232}Th , находящихся в равновесии с остальными членами уранового и ториевого ряда, $A_{\text{K}40}$ – удельная активность ^{40}K , $A_{\text{Cs}137}$ – удельная активность ^{137}Cs (Бк/кг).

Полученные значения находятся в пределах нормы (до 370 Бк/кг) (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты определения удельной эффективной активности компонентов бетона

Проба	Масса пробы, г	Cs ¹³⁷	K ⁴⁰	Ra ²²⁶	Th ²³²	A _{м эфф.} Бк/кг
Песок	1482	10,59	400,6	17,56	11,26	68,69
Гравий	1224	4,87	565,1	14,77	19,60	89,55
Цемент	1085	18,90	148,7	17,43	7,80	44,45
Шлак сталеплавильный	1540	0	0	3,30	1,10	4,74
Шлак чугунолитейный	1046	15,04	72,8	17,75	11,62	42,45

В строительных материалах содержание свободного оксида кальция влияет на их прочностные характеристики и устойчивость. Он улучшает водоотталкивающие свойства материала, однако его избыток может привести к образованию трещин из-за чрезмерного расширения при реакциях с влагой. Массовую долю свободного оксида кальция в процентах вычислили по формуле 4:

$$\text{CaO}_{\text{с8}} = V * V_1 * 0,002804 / V_{2\text{м}} * 100, \quad (4)$$

где V — объем раствора HCl , пошедший на титрование, мл, V_1 — объем исходного раствора, мл, V_2 — объем аликвотной части раствора, мл, 0,002804 — количество оксида кальция, соответствующее 1 мл 0,1 н раствора соляной кислоты, m — масса навески, г.

В сталеплавильном шлаке массовая доля свободного оксида кальция находится в норме (1,402%), а в чугунолитейном составляет 0%, то есть вяжущие свойства чугунолитейного шлака отсутствуют, а сталеплавильного не превышают норму. Влажность материала непосредственно оказывает воздействие на объем воды для изготовления бетона. Влажность рассчитали по формуле 5. Результаты представлены на таблице 2.

$$W = (m_{\text{до сушки}} - m_{\text{после сушки}}) / m_{\text{до сушки}} * 100\% \quad (5).$$

Таблица 2 – Результаты измерения влажности образцов

Наименование отхода производства	Масса пробы до сушки, г	Масса пробы после сушки, г	Влажность, %
Шлак сталеплавильный	1,000	0,7341	26,59
Шлак чугунолитейный	1,015	1,0111	0,38

Измерение размера частиц проводили с помощью светлопольной микроскопии. Размер одной частицы чугунолитейного шлака составляет от 23,49 до 117,81 микрометров, сталеплавильного — в диапазоне от 23,73 до 36,40 микрометров.

После получения образцов из бетона с различными соотношениями шлаков мы экспериментально проверили образцы на прочность и устойчивость к нагрузкам. По итогу физического воздействия образцы, в состав которых входит сталеплавильный шлак, выдержали динамические нагрузки, в отличие от образцов с чугунолитейным шлаком, что, скорее всего, обусловлено количеством оксида кальция в пределах нормы в сталеплавильном и отсутствием его в чугунолитейном шлаках (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты физического воздействия на образцы бетона

Номер образца	Вид шлака	Кол-во шлака	Кол-во гравия	Кол-во цемента	Кол-во песка	Результат Физического воздействия
1	сталеплавильный	¾ ч.	1 ч.	1 ч.	3 ч.	выдержал
2		½ ч.	1 ч.	1 ч.	3 ч.	выдержал
3	чугунолитейный	¾ ч.	1 ч.	1 ч.	3 ч.	не выдержал
4		½ ч.	1 ч.	1 ч.	3 ч.	не выдержал

Плотность полученного бетона с ½ ч. сталеплавильного шлака составила 7,341 кг/м³, что показывает, что шлак сталеплавильного производства можно рассматривать как компонент бетона для изготовления грузов для противовеса лифта.

Литература:

1. Караник, Ю. Свойства шлакового цемента и его влияние на структуру затвердевшего цементного теста / Ю. Караник // Электронная библиотека Elibrary [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_37582221_26406381.pdf. – Дата доступа: 13.09.2024.

2. Sadirbayeva, A., Kulazhanov, O. Utilizing granulated blast furnace slag as an alternative cement binder / A. Sadirbayeva, O. Kulazhanov // Technobius Library [Electronic resource]. – Astana, 2023. – Mode of access: <https://doi.org/10.54355/tbus/3.3.2023.0042>. – Date of access: 16.09.2024.

3. Ровин, С. Металлургические достоинства ротационных наклоняющихся печей / С. Л. Ровин, Л. Е. Ровин, Т. М. Заяц. – Минск: Литье и металлургия, 2010. – №4. – с. 41.

УДК 504.03

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Степанов Д.А., Чурко Д.С., студенты
Научный руководитель Кляусова Ю.В.
Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Данная статья посвящена исследованию экологического влияния внедрения цифровых технологий в управление и эксплуатацию энергетических систем. Рассмотрены положительные и отрицательные стороны воздействия цифровизации на экологическую ситуацию в энергетическом секторе, а также методы минимизации негативного воздействия цифровизации.

Ключевые слова: цифровизация, технологии, системы.

На современном этапе развития энергетики цифровизация стала ключевым направлением развития отрасли. Она предполагает трансформацию традиционных энергетических систем в более интеллектуальные и автоматизированные, обеспечивающие эффективное управление и контроль процессов производства, передачи и потребления энергии.

Цифровизация позволяет снизить риски для человека, повысить эффективность и безопасность процессов производства и обслуживания энергетических объектов. Автоматизация процессов позволяет минимизировать

человеческий фактор, снижая вероятность ошибок и сокращая время выполнения задач. Цифровизация энергетической отрасли включает в себя автоматизацию и диспетчеризацию объединенной энергетической системы страны как на макро-, так и на микроуровне, внедрение автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии [1].

Основными целями цифровизации являются повышение эффективности работы энергосистем, сокращение издержек, обеспечение устойчивого и надежного энергоснабжения, развитие инфраструктуры для использования возобновляемых источников энергии, оптимизация работы и распределения возобновляемых источников энергии, снижение капитальных и операционных затрат, снижение себестоимости продукции и уменьшение негативного воздействия на окружающую среду.

Внедрение цифровых технологий оказывает существенное влияние на экологическую ситуацию в энергетической отрасли. Цифровизация позволяет оптимизировать размещение оборудования, уменьшая тем самым площадь, необходимую для энергетических объектов. Например, замена обычных трансформаторов тока и напряжения на бестрансформаторные цифровые датчики тока и напряжения, которые имеют линейные характеристики и небольшие размеры, позволяет уменьшить габариты подстанций. Уменьшение размеров объектов снижает воздействие на окружающую среду, особенно в районах с высокой плотностью населения или ценными природными территориями.

Внедрение цифровых систем мониторинга и управления позволяет оперативно выявлять и устранять неполадки в работе оборудования. Это приводит к снижению числа аварий и, как следствие, к уменьшению выбросов вредных веществ в окружающую среду. Систематический анализ данных с датчиков и применение математических моделей позволяют предвидеть отказы оборудования и своевременно их предотвращать.

Цифровые технологии позволяют более эффективно использовать энергоресурсы, снижая потери при передаче и распределении электроэнергии [2]. Применение таких технологий исключает перегрузки линий, трансформаторов и генераторов, а также приводит к более эффективной загрузке источников питания и силового оборудования. В конечном счете это приводит к оптимизации потерь и снижению затрат.

Грамотное распределение нагрузок и разнесение пиков потребления во времени, в том числе периодическое отключение части нагрузок в периоды включения мощных технологических установок, позволяет избежать штрафов со стороны поставщика электроэнергии и снизить аварийность на стороне потребителя.

Анализ показателей качества электроэнергии и уровня реактивной мощности позволяет определять источники их отклонений от нормативов и разрабатывать программы модернизации сетей для повышения энергоэффективности и улучшения качества электроснабжения потребителей.

Применение цифровых технологий приводит к улучшению условий труда и повышению безопасности персонала. Это объясняется тем, что внедрение цифровых систем контроля и управления позволяет сократить количество обслуживающего персонала, находящегося непосредственно на энергетических объектах, а дистанционный мониторинг и управление, использование геолокации и видеонаблюдения повышают безопасность персонала, сокращают ошибки при ремонте и обслуживании.

Цифровые технологии играют важную роль в развитии возобновляемой энергетики, так как они позволяют эффективно интегрировать возобновляемые источники энергии в энергосистему, оптимизировать их работу и снизить зависимость от ископаемых видов топлива. Цифровые системы мониторинга и управления помогают оптимизировать работу и распределение возобновляемых источников энергии, обеспечивая более устойчивую и экологически чистую энергетику. Более эффективное использование распределенных сетей возможно только при интеллектуальном распределении потоков электроэнергии между сетью, источниками энергии, накопителями и потребителями.

Несмотря на многочисленные преимущества, цифровизация энергетических объектов также может оказывать негативное воздействие на окружающую среду.

Развитие цифровой инфраструктуры требует значительного увеличения энергопотребления, что может приводить к росту выбросов парниковых газов, особенно если электроэнергия производится на угольных электростанциях. В 2022 году мировое потребление электроэнергии центрами обработки данных (исключая майнинг криптовалют) оценивалось в 240 – 340 ТВтч, что составляет около 1 – 1,5 % мирового потребления электроэнергии. Энергопотребление крупных операторов центров обработки данных в период с 2018 по 2022 год увеличилось более чем в два раза.

Центры обработки данных потребляют большое количество воды для охлаждения оборудования, что может создавать нагрузку на водные ресурсы, особенно в регионах с дефицитом воды. Работа цифрового оборудования может создавать электромагнитное излучение, которое, хотя и находится в пределах допустимых норм, может вызывать опасения у населения [3]. Устаревшее цифровое оборудование требует утилизации, что может создавать экологические проблемы из-за содержания в нем вредных веществ.

Для минимизации негативного воздействия цифровизации на окружающую среду необходимо внедрение энергоэффективных технологий в центрах обработки данных и другом цифровом оборудовании; оптимизация систем охлаждения центров обработки данных, например, путем использования морской воды или других инновационных методов; переход на использование возобновляемых источников энергии для питания цифровой инфраструктуры;

увеличение доли возобновляемой энергии в общем объеме энергопотребления центров обработки данных.

Цифровизация электроэнергетических объектов имеет огромный потенциал для повышения эффективности, надежности и устойчивости отрасли. Ее экологическое влияние заключается в сокращении площади энергетических объектов, повышении надежности энергоснабжения, снижении аварийности, оптимизации использования ресурсов, снижении потерь электроэнергии, увеличении эффективности загрузки источников питания и силового оборудования, что в конечном счете это приводит к оптимизации потерь и снижению затрат. Однако важно учитывать и негативные экологические последствия этого процесса. Внедрение мер по снижению негативного воздействия, таких как повышение энергоэффективности, использование возобновляемых источников энергии и рациональное использование водных ресурсов, позволит максимально реализовать преимущества цифровизации и обеспечить устойчивое развитие энергетической отрасли.

Литература:

1. Рябчинский М. Преимущества цифровизации объектов энергетики / М. Рябчинский // Control Engineering Россия. – Санкт-Петербург, 2021. – № 1. – С. 58 – 61.
2. Текслер, А. Л. Цифровизация энергетики: от автоматизации процессов к цифровой трансформации отрасли / А. Л. Текслер // Энергетическая политика. – Москва, 2018. – № 5. – С. 3 – 6.
3. Environmental impacts of substations: a short review / A. Jevtic [et al.] // Ecological Engineering and Environment Protection. – Sofia, 2024. – № 2. – P. 5 – 11.

УДК 631.423, 332.368

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПОЧВ ПАРТИЗАНСКОГО И ЗАВОДСКОГО РАЙОНОВ ГОРОДА МИНСКА

Степанюк М.А., магистрант

Научный руководитель Цыганова А.А.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В статье приводятся данные о загрязнении почв тяжёлыми металлами, полученные при использовании методов атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой и рентгенофлуоресцентного анализа в промышленных районах Минска. Результаты позволили проанализировать эффективность методов оценки уровня загрязнения городских почв и разработать рекомендации по их мониторингу и контролю.

Ключевые слова: тяжёлые металлы, загрязнение почв, атомно-эмиссионная спектрометрия, рентгенофлуоресцентный анализ, экологический мониторинг.

В условиях интенсивной урбанизации и промышленного развития проблема загрязнения почв тяжёлыми металлами становится одной из наиболее актуальных экологических проблем. Город Минск, как крупный промышленный и транспортный узел, подвержен значительному воздействию антропогенных факторов, что приводит к накоплению в почвах тяжёлых металлов. Эти элементы обладают высокой токсичностью, способностью к биоаккумуляции и представляют серьёзную угрозу для экосистем и здоровья населения [1]. Партизанский и Заводской районы г. Минска являются одними из наиболее промышленно развитых, что делает их почвы особенно уязвимыми к загрязнению тяжёлыми металлами. Целью данного исследования является оценка уровня загрязнения почв этих районов и сравнение эффективности различных методов определения тяжёлых металлов для разработки рекомендаций по мониторингу и контролю состояния городских почв.

Современные методы инструментального элементного анализа, такие как рентгенофлуоресцентный анализ (РФА), атомно-абсорбционная спектрофотометрия (ААС), атомно-эмиссионная спектрометрия (АЭС) и масс-спектрометрия (МС) широко применяются для изучения элементного состава почв. Эти методы отличаются высокой точностью и чувствительностью, а приборная база для их реализации постоянно совершенствуется [2]. При анализе содержания тяжёлых металлов в почвах исследуемых районов использовались следующие методы:

1) Атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (АЭС-ИСП). Этот метод позволяет одновременно определять широкий спектр элементов с высокой точностью и чувствительностью. Анализ проводился на спектрометре Thermo Fisher iCAP 6300 DUO.

2) Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА). Данный метод был применён для экспресс-анализа содержания тяжёлых металлов в почвах. Его преимущество заключается в возможности быстрого определения концентраций элементов без необходимости сложной пробоподготовки. Анализ выполнялся на энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре Skyray Instrument EDX6000B.

Исследуемые образцы почвы, результаты анализа которых представлены в таблицах 1–2, отбирались с восьми пробных площадок:

- проба № 1.1 – ул. Долгобродская (около станции метро Тракторный завод);
- проба № 1.2 – ул. Долгобродская (мост около парка имени 50-летия Великого Октября);
- проба № 2.1 – ул. Филимонова (Запорожская площадь);
- проба № 2.2 – ул. Радиальная (около фабрики «Слодыч»);

- проба № 3.1 – ул. Радиальная (около станции метро Автозаводская);
- проба № 3.2 – пр-т Партизанский (около станции метро Могилёвская);
- проба № 4.1 – ул. Герасименко (около лесопарковой зоны);
- проба № 4.2 – ул. Байкальская (около МКАД).

Таблица 1 – Концентрация химических элементов в образцах почвы Партизанского района, г. Минска за сентябрь 2024 года

Метод атомно-эмиссионного анализа с индуктивно-связанной плазмой				Рентгенофлуоресцентный анализ		
Химический элемент	Проба № 1.1, мг/кг	Проба № 1.2, мг/кг	% СКО, проба №1	Проба № 1.1, мг/кг	Проба № 1.2, мг/кг	% СКО, проба №1
Cr	17,313	18,587	0,901	7,746	8,316	0,403
Pb	16,700	16,513	0,132	13,522	7,388	4,337
V	22,173	20,900	0,900	9,235	12,565	2,355
Zn	56,580	57,733	0,815	45,814	25,831	14,130
Ni	14,070	15,400	0,940	11,393	6,890	3,184
Cu	51,440	53,250	1,280	41,652	23,826	12,605
Химический элемент	Проба № 2.1, мг/кг	Проба № 2.2, мг/кг	% СКО, проба №2	Проба № 2.1, мг/кг	Проба № 2.2, мг/кг	% СКО, проба №2
Cr	5,8933	4,8400	0,745	0,000	0,000	0,000
Pb	7,4200	7,7800	0,255	0,000	0,000	0,000
V	10,947	13,820	2,032	0,000	0,000	0,000
Zn	19,820	25,393	3,941	16,049	20,561	3,190
Ni	2,700	4,260	1,103	0,000	0,000	0,000
Cu	3,770	3,650	0,085	0,000	0,000	0,000

Отбор проб проводился в соответствии с требованиями ТКП 17.03-02-2020. Каждая конечная (объединённая) проба составлялась не менее чем из пяти точечных проб, отобранных на одной пробной площадке. Точечные пробы отбирались методом конверта, при этом все точки отбора находились в пределах пробной площадки. Масса каждой объединённой пробы составляла не менее 1 кг. Точечные пробы отбирались с глубины 0–19,9 см массой не менее 200 г каждая, что соответствует верхнему гумусовому горизонту, наиболее подверженному загрязнению. При отборе проб и составлении объединённой пробы исключалась возможность вторичного загрязнения. Для отбора проб использовался инструмент, не содержащий металлов [3].

Для обоих методов каждый исследуемый образец предварительно высушивался до воздушно-сухого состояния при комнатной температуре в

течение суток. Затем, в соответствии с ISO 11464, образцы почвы подвергались дроблению и просеиванию через сито для получения фракции $\leq 0,25$ мм.

При получении представительных аналитических проб с определённой массой применялся метод квартования. Дальнейшая пробоподготовка образцов почвы для каждого метода производилась индивидуально:

1) Для атомно-эмиссионного анализа с индуктивно-связанной плазмой использовался метод разложения царской водкой (ISO 22036, ISO 13657) с применением микроволновой экстракции в системе CEM MARS 5. Масса каждого гомогенизированного образца почвы составляла 0,5 г, что соответствует инструкции по безопасной эксплуатации.

2) Для рентгенофлуоресцентного анализа просеянные образцы массой 0,5 г прессовались в таблетки с использованием гидравлического пресса. С целью улучшения прочности материала в качестве связующего агента добавлялась борная кислота. Подготовленные таблетки помещались в спектрометр для проведения анализа. Регистрация спектров выполнялась в соответствии с настройками прибора, оптимизированными для определения тяжёлых металлов.

Таблица 2 – Концентрация химических элементов в образцах почвы Заводского района г. Минска за сентябрь 2024 года

Метод атомно-эмиссионного анализа с индуктивно-связанной плазмой				Рентгенофлуоресцентный анализ		
Химический элемент	Проба № 3.1, мг/кг	Проба № 3.2, мг/кг	% СКО, проба №3	Проба № 3.1, мг/кг	Проба № 3.2, мг/кг	% СКО, проба №3
Cr	40,793	33,033	5,487	18,252	14,780	2,455
Pb	17,060	14,360	1,909	8,814	10,425	1,139
V	34,820	26,693	5,746	17,273	12,729	3,213
Zn	104,56	105,36	0,566	84,664	85,312	0,458
Ni	1,150	2,630	1,047	0,000	0,000	0,000
Cu	57,14	46,29	7,672	46,267	37,482	6,212
Химический элемент	Проба № 4.1, мг/кг	Проба № 4.2, мг/кг	% СКО, проба №4	Проба № 4.1, мг/кг	Проба № 4.2, мг/кг	% СКО, проба №4
Cr	10,550	13,520	2,100	6,116	7,838	1,218
Pb	8,500	9,260	0,537	3,928	2,368	1,103
V	19,460	20,667	0,853	8,219	6,352	1,320
Zn	0,012	0,014	0,001	0,000	0,000	0,000
Ni	1,150	2,630	1,047	0,000	0,000	0,000
Cu	8,380	9,090	0,502	1,858	1,270	0,416

Для обеспечения максимальной точности и достоверности результатов в рамках каждого метода анализа проводилось трёхкратное измерение всех проб. На основе полученных данных рассчитаны средние арифметические значения и среднеквадратическое отклонение, которые представлены в таблицах 1–2. Такой подход позволил минимизировать влияние случайных погрешностей и повысить надёжность представленных результатов.

При сравнении методов анализа установлено, что атомно-эмиссионная спектроскопия с индуктивно-связанной плазмой (АЭС-ИСП) демонстрирует более высокие концентрации элементов по сравнению с рентгенофлуоресцентным анализом (РФА). Это подтверждает более высокую точность и чувствительность метода АЭС-ИСП, особенно при определении низких концентраций элементов. Например, для цинка (Zn) в пробе № 1.2 метод АЭС-ИСП показал 57,733 мг/кг, тогда как РФА – 25,831 мг/кг.

На основании данных, полученных методом АЭС-ИСП, выявлено значительное загрязнение почв Партизанского и Заводского районов Минска тяжёлыми металлами. Наиболее высокие уровни загрязнения наблюдаются в промышленных зонах и вдоль транспортных магистралей, что связано с интенсивной промышленной деятельностью и высокой транспортной нагрузкой.

Установлено, что концентрации тяжёлых металлов в почвах Заводского района (ул. Радиальная, пр-т Партизанский) оказались выше, чем в Партизанском районе (ул. Долгобродская). В частности, концентрации цинка (Zn) выше в 1,84 раза, меди (Cu) – в 1,01 раза, хрома (Cr) – в 2,06 раза, ванадия (V) – в 1,43 раза, свинца (Pb) – в 0,95 раза. Однако для никеля (Ni) наблюдается обратная ситуация: в почвах Партизанского района (ул. Долгобродская) его концентрация в 7,8 раз выше, чем в Заводском районе (ул. Радиальная). В почвах, менее подверженных интенсивному антропогенному воздействию (ул. Герасименко, ул. Филимонова, ул. Байкальская), концентрации тяжёлых металлов были значительно ниже, чем в зонах с высокой промышленной и транспортной нагрузкой.

Таким образом, наибольшие концентрации загрязняющих элементов отмечены в Заводском районе, где промышленная активность наиболее интенсивна. В Партизанском районе уровни загрязнения ниже, но всё же превышают фоновые значения, особенно вблизи транспортных магистралей. Почвы Заводского района загрязнены сильнее, чем в Партизанском, что подчёркивает необходимость применения эффективных методов анализа. Сравнение методов анализа показало, что атомно-эмиссионная спектроскопия с индуктивно-связанной плазмой обладает высокой чувствительностью, позволяя определять широкий спектр элементов, включая их низкие концентрации. В то же время рентгенофлуоресцентный анализ является более быстрым и экономичным методом для экспресс-анализа почв с высокой концентрацией

загрязнителей. Комплексное использование этих методов позволит не только выявлять текущий уровень загрязнения, но и своевременно принимать меры для минимизации негативного воздействия на экосистемы и здоровье населения.

Литература:

1. Водяницкий, Ю. Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами / Ю. Н. Водяницкий, Д. В. Ладонин, А. Т. Савичев ; Московский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – Москва : Типография Россельхозакадемии, 2012. – 304 с.
2. Землянкина, А. С. Комплексный подход к элементному анализу пробы с неизвестным составом / А. С. Землянкина, Д. А. Коркина, И. Л. Гринштейн // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2014. – № 11. – С. 44–47.
3. Alloway, B. J. Heavy metals in soils: Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability / B. J. Alloway. – UK : Springer, 2020. – 597 p.

УДК 332.368

ПРОБЛЕМА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ГОРОДА МИНСКА ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Степанюк М.А., магистрант

Научный руководитель Цыганова А.А.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье рассматривается проблема загрязнения почв тяжелыми металлами как одна из ключевых экологических угроз современного общества. Проанализированы основные источники поступления тяжелых металлов в почвы города Минска и их негативное влияние на экосистемы. Предлагаются меры по снижению уровня загрязнения.

Ключевые слова: загрязнение почв, тяжелые металлы, металлоиды, антропогенная нагрузка, мониторинг почв, источники загрязнения территории.

Современное общество сталкивается с различными экологическими угрозами, среди которых загрязнение почв тяжелыми металлами занимает одно из ведущих мест. Увеличение антропогенной нагрузки на городские территории приводит к накоплению токсичных элементов, что в свою очередь негативно влияет на здоровье населения и состояние экосистем. Эффективное определение концентрации тяжелых металлов в почвах является важной задачей для обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития городов. На сегодняшний день исследователи всё чаще проводят совместное изучение тяжелых металлов и металлоидов в почвах, объединяя их в одну группу, которая охватывает 58 химических элементов периодической системы Д.И. Менделеева с атомной массой свыше 50. Наиболее распространенными тяжелыми металлами являются: Pb, Cd, Hg, Cu, Zn, Sn, V, Cr, Mo, Mn, Ni, а из металлоидов

относят такие элементы, как As, F, Sb, Bi, Ge, Po и др. Следует отметить, что металлоидами называют элементы, обладающие некоторыми свойствами, характерными для металлов и некоторыми свойствами, характерными для неметаллов [1]. Эти химические элементы являются приоритетными загрязняющими веществами, наблюдения за которыми обязательны во всех средах из-за их высокой токсичности для живых организмов в относительно низких концентрациях и способности к биоаккумуляции [2].

К основным источникам загрязнения почв опасными тяжелыми элементами: 1) аэральные выпадения из стационарных источников и средств передвижения; 2) гидрогенное загрязнение от поступления промышленных сточных вод в водоемы; 3) осадки сточных вод; 4) отвалы золы, шлака, руд, шламов и т.п.; 5) разливы нефти и солевых растворов в местах нефтедобычи [3].

Для города Минска такими источниками поступления тяжёлых металлов в почвы являются:

1. Промышленные предприятия. Минск является крупным промышленным центром, где расположены предприятия машиностроения, химической, металлургической и других отраслей. Выбросы этих предприятий содержат значительное количество тяжёлых металлов, которые оседают на почву.

2. Автомобильный транспорт. Выхлопные газы автомобилей, особенно работающих на низкокачественном топливе, содержат свинец, кадмий и другие металлы. Дорожная пыль и частицы шин также вносят свой вклад в загрязнение почв.

3. Коммунальные отходы. Неправильная утилизация бытовых и промышленных отходов, включая батарейки, электронику и другие изделия, содержащие тяжёлые металлы, приводит к их накоплению в почвах.

4. Применение удобрений и пестицидов. Фосфорные удобрения часто содержат тяжелые металлы, такие как кадмий и свинец, а Некоторые пестициды могут содержать тяжелые металлы, которые накапливаются в почве.

5. Строительная деятельность. Использование строительных материалов, содержащих тяжёлые металлы, а также пыль и отходы строительства способствуют загрязнению почв.

Исследования [4], [5] почв города Минска показывают, что концентрации тяжёлых металлов в некоторых районах города превышают допустимые нормы, а также приведённые данные в работе [4] демонстрируют как выбор пробоподготовки влияет на количественные показатели уровня тяжёлых металлов в почвах городских территорий. Исходя из представленных данных, в почвах города Минска уровень содержания кадмия составляет от 0,01 до 2,7 мг/кг, что сопоставимо с показателями десятилетней давности. Среднее содержание в большинстве территорий города не превышает 0,5 мг/кг, однако в

трёх точках ((пр-т Партизанский (микрорайон Шабаны) и ул. Ваупшасова, ул. Радиальная (около станции метро Автозаводская)) наблюдается 4–5-кратное превышение предельно допустимой концентрации (ПДК). Загрязнение кадмием связано с деятельностью автомобильного и тракторного заводов. Содержание свинца варьируется от 9 до 236 мг/кг, что значительно выше, чем в 2000-х годах, и обусловлено выбросами автотранспорта и техногенными отложениями. Особенно высокие значения отмечены в микрорайоне Слепянка, где в каждой третьей точке превышение ПДК. Среднее содержание цинка колеблется от 24 до 648 мг/кг, большая часть территории превышает ПДК, наибольшее загрязнение зафиксировано на ул. Ваупшасова. Зафиксированы также высокие уровни меди (от 5 до 182 мг/кг) и никеля (от 11 до 235 мг/кг), что ставит их в один ряд с опасными загрязнителями. Что касается хрома, его содержание меняется от 17 до 538 мг/кг, с превышением в нескольких точках. Замечена дифференциация содержания тяжелых металлов в зависимости от типа почвы, с тенденцией к снижению концентраций в более тяжелых почвах. Кислотность почвы практически не влияет на содержание металлов, и в лесных почвах она выше, чем в среднем по городу [5].

Загрязнение почвы токсичными металлами приводит к снижению доступности ресурсов обрабатываемых земель, снижению урожайности, загрязнению сельскохозяйственной продукции и негативным последствиям для безопасности пищевых продуктов и здоровья человека, что, в свою очередь, влияет на социальную и экономическую устойчивость, если не решать эту проблему должным образом. Длительное воздействие даже низких концентраций тяжёлых металлов может вызывать хронические заболевания, включая нарушения работы нервной системы, почек и печени. Присутствие тяжелых металлов в почве может в первую очередь мешать таким важным процессам, как расщепление органического вещества почвы и изменение азотного цикла, нитрификации и денитрификации, тем самым снижая общую доступность питательных веществ в почве и разлагая загрязняющие вещества.

Для снижения уровня загрязнения почв тяжёлыми металлами в городе Минске необходимо более активно реализовывать базовый комплекс мероприятий:

- внедрение современных технологий очистки выбросов на предприятиях и переход на экологически чистые производственные процессы;
- стимулирование использования электромобилей, улучшение качества топлива и развитие общественного транспорта;
- применение методов фиторемедиации (использование растений для очистки почв) и химической ремедиации для восстановления загрязнённых территорий;
- соблюдение системы утилизации отходов и её совершенствование, которая включает: раздельный сбор и переработка отходов, обеззараживание и очистка

сточных вод, содержащих тяжёлые металлы, а также повышение экологической грамотности населения;

- использование более безопасных удобрений и пестицидов, что поможет снизить попадание тяжелых металлов в почву;
- регулярный мониторинг почвенного покрова промышленных зон на соответствие допустимым уровням тяжёлых металлов и проведение восстановительных работ на загрязнённых территориях.

Таким образом, загрязнение почв города Минска тяжёлыми металлами представляет серьёзную угрозу для экосистем и здоровья населения. Наиболее высокие уровни загрязнения наблюдаются вблизи промышленных зон, крупных автомагистралей и районов с интенсивной антропогенной нагрузкой. Решение этой проблемы требует комплексного подхода, включающего как технические и технологические меры, так и активное участие государственных органов, предприятий и граждан. Только совместные усилия позволят сохранить почвенные ресурсы города и обеспечить устойчивое развитие Минска как экологически безопасного мегаполиса.

Литература:

1. Васильев, А.А. Тяжелые металлы в почвах города Чусового: оценка и диагностика загрязнения : монография. / А.А. Васильев, А.Н. Чащин, М-во с.-х. РФ, ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА. – Пермь: ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2011. – 197с.
2. Илларионова Е.А. Химико-токсикологический анализ тяжелых металлов: учебное пособие / Е.А. Илларионова, И.П. Сыроватский; ГФБОУ ВО ИГМУ Минздрава России, кафедра фармацевтической и токсикологической химии. – Иркутск : ИГМУ, 2016 – 58 с.
3. Водяницкий, Ю. Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами / Ю. Н. Водяницкий, Д. В. Ладонин, А. Т. Савичев ; Московский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - Москва : Типография Россельхозакадемии, 2012. - 304 с.
4. Позняк, С.С. Эффективность использования методов экстрагирования химических элементов в раствор при пробоподготовке образцов почвы / С.С. Позняк, М.А. Степанюк // Журн. Белорус. гос. ун-та. Экология. 2024. №1. – С. 58-69.
5. Клебанович Н. В. Загрязнение почв г. Минска тяжелыми металлами / Клебанович Н. В., Ерьсько М. А. // Актуальные проблемы наук о Земле: исследования трансграничных регионов : сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 26–28 окт. 2023 г. : в 2 ч. / Ин-т природо-пользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: С. А. Лысенко (гл. ред.) [и др.]. – Брест : БрГУ, 2023. – Ч. 2. С. 249-252.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЫРАЩИВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ С УЧАСТИЕМ БИОПРЕПАРАТОВ

Сульжицкая А.Р., студент

Научный руководитель Будай С.И.

Гродненский государственный аграрный университет, Беларусь

В данной статье обсуждены перспективы использования биопрепаратов и средств защиты растений при выращивании картофеля. Приведены результаты некорневых обработок растений картофеля оригинальными биопрепаратами растительного и микробиологического происхождения. Исследовано их влияние на фотосинтетическую активность растений, продуктивность картофеля и содержание крахмала в клубнях.

Ключевые слова: биопрепараты растительные и микробиологические, обработка растений, фотосинтез, продуктивность, крахмал, картофель.

Мировое научное сообщество считает приоритетными технологии экологически безопасные, адаптированные к естественным условиям окружающей среды, культивируемым и рекультивируемым агроценозам, которые поддерживают и преумножают сложившееся многообразие флоры и фауны в биогеоценозах. К их составным элементам специалисты относят рациональное природопользование, охрану окружающей среды, биологическое земледелие, культивирование полезной микрофлоры и расширение ареала активных популяций природных фитофагов для защиты дикорастущих, лекарственных и культурных растений от агрессивных форм патогенов и вывода *plantae* из глубокого стресса, спровоцированного экстремальными природными явлениями [1, 2].

Российская компания «Биотехагро» разработала экологически безопасные биопрепараты: для обработки клубней перед посадкой – Геостим Фит марки «А» (3 л/т); Геостим Фит марки «Ж» – для обработки растений от всходов до созревания клубней (1,5 л/га); БФТИМ (4 л/т) рекомендуется использовать в фазы активного роста растений; Импровер эффективен в качестве биологической защиты картофеля от популяций патогенов. Их рациональное сочетание обеспечивает повышение супрессивности почвы, снижение количества почвенных патогенов и более активное размножение сапрофитной микрофлоры. После каждой обработки данными биопрепаратами растений картофеля наблюдалось омолаживание ботвы. В общем урожае увеличилось количество товарных клубней на 15 – 30 % после повторяющихся обработок растений картофеля биопрепаратами через 10 дней [3].

Биологический способ защиты картофеля от патогенов положительно себя проявил в благоприятных климатических условиях и эффективен для получения раннего урожая. По сравнению с химическими средствами защиты

растений применение биологических препаратов привело к экономии денежных ресурсов в 3 раза, а их регламентированное использование абсолютно безопасно для механизаторов, окружающей среды и потребителей клубней.

Внесение биофунгицидов БСка-3 (3 л/га) и БФТИМ (5 л/га) на основе природных бактерий *Bacillus subtilis* и грибов *Trichoderma viride* через 7 дней после выполнения 10 обработок растений обеспечило повышение урожайности клубней на 105 ц/га (28,6 %) по сравнению с контролем. В целом биологический способ защиты картофеля от патогенов оказался более выгодным, чем химический. Использование данных биофунгицидов позволило сократить экономические затраты на 1 га почти в 2 раза. При этом товарность картофеля в системе биологической защиты оказалась значительно выше за счет увеличения доли клубней крупной фракции на 34,2 %, средней – на 17,6 % и сокращения мелкой фракции на 20,0 %.

Предпосадочная обработка почвы биопрепаратом Геостим «Ж» в дозе 1 г/га, нанесение на клубни перед посадкой БСка-3 (4 л/т) и двукратное опрыскивание всходов БФТИМ КС-2 марки «Ж» (3 л/га) для профилактики от комплекса болезней обеспечили активный рост биомассы растений. Их высота оказалась на 3,4 см выше, а количество стеблей – на 3,0 единицы больше, чем в контроле. В выращенном урожае масса клубней варьировала от 20 до 150 г, а общая прибавка урожайности за счет применения биопрепаратов составила 157,3 ц/га [3].

Предпосадочная обработка клубней биофунгицидом Фитоспорин-М и микробиологическим препаратом на основе штаммов *Bacillus subtilis* в модификациях ТНП-3 и ТНП-5, включающих 1×10^9 КОЕ/мл бактерий, из расчета 300 мг/кг клубней стимулировала рост и развитие растений картофеля, позволила снизить поражение их фитопатогенами: черной ножкой – на 3,6 и 4,4 %, ризоктониозом – на 2,0 %, обыкновенной мозаикой – на 3,9 и 5,2 % относительно контрольного варианта. Прибавка урожайности картофеля после 3 лет исследований за счет их совместного применения составила 74 – 87 ц/га, а товарность клубней увеличилась на 2,0 % [4].

Использование биопрепарата «Биокомпозит-коррект» путем обработки семенного материала перед посадкой из расчета 2 л/т с общим расходом рабочей жидкости 30 л/т и его некорневого внесения в дозе 3 л/га с расходом рабочего раствора 400 л/га, а также биопрепарата «Альбит» методом обработки клубней из расчета 0,1 л/т (общий расход рабочего раствора 10 л/т) и его некорневого внесения в дозе 50 мл/га (общий расход рабочего раствора 400 л/га) обеспечило увеличение урожайности клубней соответственно на 29 и 21 ц/га, сухого вещества – на 1,6 %, а содержание крахмала у картофеля повысилось на 4,5 % относительно контроля [5].

По эффективности применения на посадках картофеля биопрепаратов Битоксибациллин, П (3 кг/га) и Ксантрелл, Ж (5 л/га) против колорадского жука

были получены положительные результаты: биологический эффект на 3-е сутки составил 55,2 – 64,0 % и 42,9 – 55,1 %, на 7-е сутки – 82,5-88,6 % и 75,5-80,3 %, на 10-е сутки – 79,1-82,8 % и 70,7-75,4 %, а на 14-е сутки – 75,3-77,3 % и 69,5-74,6 %. Товарность клубней варьировала от 91,4 до 98,1 % с преобладанием крупной фракции [6].

Биопрепараты вносили: путем обработки клубней Гуми-20 в дозе 1 л/т, Лигногумат АМ (100 г/т) и Фитоспорин-М (25 мл/т), а также в виде двукратной некорневой обработки растений Гуми-20 в дозе 2 л/га, Лигногумат АМ (200 г/га) и Фитоспорин-М (50 мл/га). Биопрепарат Гуми-20 обеспечил увеличение высоты растений на 12,3-14,7 %, количества основных стеблей – на 10,4-14,8 %, ассимиляционной поверхности листьев – на 14,7-23,1 % относительно контроля. На фоне Фитоспорина-М было зафиксировано существенное снижение уровня поражения растений картофеля фитопторозом на 73,1-77,0 % и прорастания спор этого патогена – на 62,0-79,7 %. После обработки семенного материала биопрепаратами и некорневого их применения у картофеля было зафиксировано увеличение по отношению к контролю: урожайности – на 11,6-22,3 %, содержания сухих веществ – на 9,1-11,8 % и массовой доли крахмала – на 0,8-2,4 % [7].

В трехлетних опытах изучали влияние жидкофазного биопрепарата с наночастицами железа (ЖФБ-Fe), полученного методом биосинтеза из экстракта зеленого чая, на урожайность картофеля и активность почвенных ферментов. Максимальная продуктивность клубней (669,1 г/куст) была зафиксирована после некорневой подкормки растений 1 %-ным раствором ЖФБ-Fe, что на 16,9 % выше, чем в контроле. Fe-содержащий биопрепарат оказал влияние на активность почвенных ферментов. Это отразилось на состоянии почвенного плодородия, а в конечном итоге приводило к снижению или увеличению урожайности картофеля [8].

Приведенные выше данные указывают на разностороннее положительное влияние перспективных биопрепаратов и экологически безопасных средств защиты растений на биологические, технологические, экономические и хозяйственные показатели выращивания картофеля, а также на микробиологические и биохимические показатели почвы, поэтому к ним приковано пристальное внимание исследователей в Беларуси и за рубежом, а профессиональный интерес экологов и специалистов сельского хозяйства неуклонно растет. Таким образом, целью полевых опытов являлось исследование влияния биопрепаратов растительного и микробиологического происхождения на фотосинтетическую активность растений, продуктивность картофеля и содержание в клубнях крахмала.

Опыт закладывали 2 года в Гродненском районе на сельскохозяйственных посадках картофеля сорта Дубрава путем циклично повторяемых некорневых обработок растений биопрепаратами растительного и микробиологического

происхождения от полных всходов до фазы массового цветения. Учетные миниделянки составляли 7,0 м² (по 5,0 м погонных на двух смежных рядках с междурядьями 70 см). Контрольный и опытные варианты с биопрепаратами закладывали на площадях 14,3 га (в 2022 году) и 12,7 га (в 2023 году) в 3-х повторениях с последовательным смещением их на каждом участке через 5 рядов. В «контроле 2» растения картофеля опрыскивали водой из артезианской скважины, которую также использовали для приготовления рабочих растворов биопрепаратов.

В качестве биопрепарата растительного происхождения применяли Fitolahk-276 (50 мл/га) – комбинированную смесь (катионы Zn и Cu + экстракт из лекарственных трав, хвойных пород и коры дуба). Микробиологическим препаратом являлся MPS-bio-G (20 мл/га) – смесь штаммов молочнокислых бактерий, актиномицетов и вытяжки микоризы пеньковых грибов. Растворы биопрепаратов на растения картофеля наносили в утренние часы вручную с помощью компактного ранцевого опрыскивателя. Расход рабочего раствора на все повторности и варианты опыта был одинаковым. Он составлял 2,1 л на 7,0 м² (300 мл/м²). Обработки растений картофеля биопрепаратами повторяли через 7 – 8 суток. Результаты влияния биопрепаратов на фотосинтетическую активность растений, продуктивность картофеля и содержание в клубнях крахмала представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты влияния биопрепаратов на фотосинтетическую активность растений, продуктивность картофеля и содержание в клубнях крахмала

Варианты опыта	Содержание хлорофиллов $\Sigma a+b^{***}$, мг/мл	Дружность цветения растений, %	Урожайность картофеля (масса клубней), кг/м ²	Средняя масса 1 клубня, г	Содержание крахмала, %
Контроль 1* (эталон)	114,6 ± 0,56	83,7	2,56	73,8	15,1
Контроль 2** (фон)	115,2 ± 0,61	84,1	2,57	72,9	15,2
Fitolahk-276 (А)	128,7 ± 0,67	86,2	2,94	88,1	15,6
MPS-bio-G (Б)	125,3 ± 0,52	84,5	2,83	85,7	15,4
Смесь А + Б	123,8 ± 0,63	83,9	2,76	83,4	15,3
НСР ₀₅	–	–	0,14	0,10	–

Примечание. Контроль 1* (эталон) – без обработок; контроль 2** (фон) – растения обрабатывали водой. Содержание хлорофиллов $\Sigma a+b^{***}$ определяли в фазу массового цветения растений картофеля.

Согласно данных таблицы 1 можно заключить, что биопрепараты растительного и микробиологического происхождения оказывали положительное влияние на фотосинтетическую активность растений картофеля через содержание хлорофиллов $\Sigma a+b$, что, вероятно, ускорило его активность. После отдельных некорневых обработок картофеля биопрепаратами общее

количество хлорофиллов a+b достоверно увеличилось под влиянием Fitolahk-276 – на 14,1-13,5 мг/мл (12,3-11,7 %) и MPS-bio-G – на 10,7-10,1 мг/мл (9,3-8,8 %) на фоне контролей 1 и 2. Совместное их внесение в смеси (А + Б) не привело к синергетическому эффекту процесса фотосинтеза у растений картофеля. Общее содержание хлорофиллов a+b у опытного варианта А + Б оказалось выше всего на 9,2-8,6 мг/мл (8,0-7,5 %), чем у контрольных вариантов 1 и 2, что сопоставимо меньше раздельного внесения изучаемых биопрепаратов.

Дружность цветения растений картофеля определяли на пике прямым подсчетом распустившихся цветков. Явная тенденция увеличения дружности цветения растений картофеля была зафиксирована после их обработки Fitolahk-276, когда она превзошла на 2,5-2,1 % оба контрольных варианта. У других опытных вариантов достоверного изменения этого показателя относительно контролей не выявлено.

Циклично проведенные обработки растений картофеля биопрепаратами во время вегетации обеспечили увеличение урожайности клубней: у Fitolahk-276 (вариант А) – на 0,38-0,37 кг/м² (14,8-14,4 %), MPS-bio-G (вариант Б) – на 0,27-0,26 кг/м² (10,6-10,1 %) и опытного варианта А + Б – на 0,20-0,19 кг/м² (7,8-7,4 %) относительно контролей 1 и 2. Кроме того, средняя масса клубней достоверно увеличилась после раздельной некорневой обработки растений картофеля биопрепаратами: у Fitolahk-276 (вариант А) – на 14,3-15,2 г (19,4-20,9 %) и MPS-bio-G (вариант Б) – на 11,9-12,8 г (16,1-17,6 %). После совместного внесения биопрепаратов (А + Б) этот показатель не выявил существенных отклонений от двух контрольных вариантов.

В клубнях картофеля двух опытных вариантов с Fitolahk-276 содержание крахмала оказалось на 0,5 – 0,4 % и MPS-bio-G – на 0,3 – 0,2 % выше, чем у контрольных вариантов. Таким образом, в целом биопрепарат Fitolahk-276 оказывал более существенное разностороннее влияние на фотосинтетическую активность растений, продуктивность картофеля и содержание крахмала в клубнях сопоставимо с биопрепаратом микробиологического происхождения MPS-bio-G.

Литература:

1. Экологические практики в сельском хозяйстве / Д. Дарий, А. Паладе. – Кишинэу: ПРООН Молдова, 2021. – 36 с.
2. Дудкин, И.В. Экологические аспекты формирования систем земледелия и защиты растений / И.В. Дудкин, В.М. Дудкин, А.Я. Айдиев [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 7. – С. 3-8.
3. Николаев, А. Безопасно и эффективно: биологизированная защита картофеля / А. Николаев // Аграрная газета «Земля и жизнь». – № 22 (246), 15 – 30 ноября 2021. – С. 6.

4. Слепцова, Т.В. Эффективность применения биологических препаратов и микроэлементов при выращивании картофеля в Якутии / Т.В. Слепцова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 5 (377). – С. 45-47.

5. Терёхина, О.Н. Урожайность и качество клубней картофеля при использовании биопрепаратов / О.Н. Терехина, Д.В. Виноградов // Вестник РГАТУ. – № 1 (41). – 2019. – С. 155-159.

6. Фицура, Д.Д. Результаты применения биопрепаратов и биоудобрений при выращивании картофеля на дерново-подзолистой почве / Д.Д. Фицура, В.А. Сердюков, Д.С. Гастило // Картофелеводство. – 2021. – Т. 29. – С. 145-155.

7. Уромова, И.П. Влияние биопрепаратов на продуктивность и качество картофеля / И.П. Уромова, А.В. Козлов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2020. – № 5. – С. 77-81.

8. Любимова, Н.А. Влияние биопрепарата с наночастицами железа на активность почвенных ферментов и урожайность картофеля / Н.А. Любимова, Г.Ю. Рабинович // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2023. – № 24 (3). – С. 417-429.

УДК 621.74

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛА СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ШЛАКОВ

Супрон П.А., студент

Научный руководитель – Скуратович И.В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье предложено внедрение перспективной технологии производства стали в электродуговых печах для сталелитейного цеха на ОАО «Минский тракторный завод» - технологии утилизации тепла сталеплавильных шлаков.

Ключевые слова: отходы производства, сталеплавильные шлаки, сталелитейный цех, электродуговая печь

На сегодняшний день ОАО «Минский тракторный завод» является крупнейшим тракторостроительным предприятием, продукция которого завоевывает не только страны ближнего, но и дальнего зарубежья. Функционирование такого крупного машиностроительного предприятия, как ОАО "МТЗ" пока еще невозможно без нежелательных выбросов в окружающую среду и образования отходов производства. На рисунке 1 показано количество израсходованного сырья на ОАО "МТЗ".

Удельный показатель расхода сырья – количество сырья, израсходуемого в расчёте на единицу выпускаемой продукции. Удельный показатель расхода на единицу выпускаемой продукции, расход энергоресурсов

и электроэнергии на единицу продукции на ОАО «МТЗ» указаны на рисунке 2 (а, б и в соответственно).

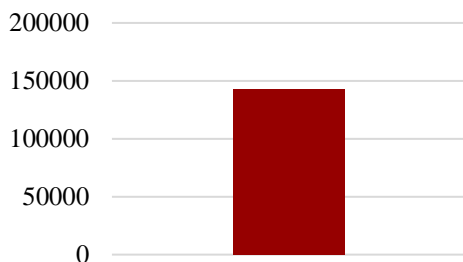


Рисунок 1 – Сумма израсходованного сырья, т

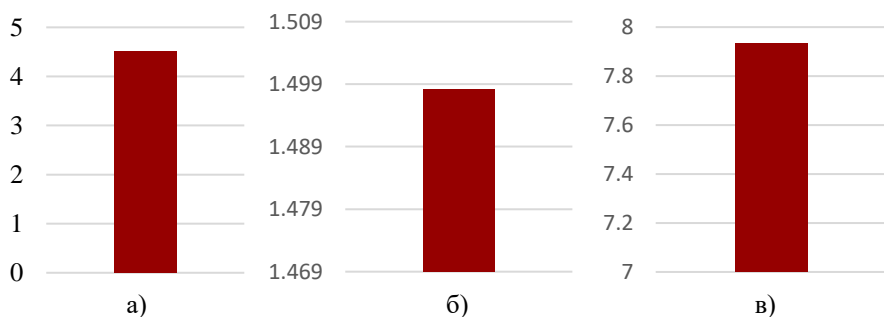


Рисунок 2 – а) годовой удельный показатель использования сырья на единицу выпускаемой продукции; б) расход энергоресурсов на единицу продукции; в) расход электроэнергии на единицу продукции.

Одним из цехов, оказывающих наибольшее воздействие на окружающую среду на ОАО «Минский тракторный завод» является сталелитейный цех, он производит фасонное стальное литьё. Для выплавки стали в нём установлены восемь электродуговых печей (одновременно работает четыре печи).

Для того, чтобы добиться повышения энергетической эффективности производства, снижения затрат и уменьшения воздействия сталелитейного производства на окружающую среду предлагается внедрить перспективные технологии утилизации тепла сталеплавильных шлаков на ОАО «МТЗ».

Сталеплавильные шлаки — это побочные продукты, образующиеся при производстве стали в процессе плавления железной руды и других металлических материалов. Шлак представляет собой расплавленное под воздействием высоких температур соединение оксидов металлов, шлаковидных

и флюсовых компонентов, а также других примесей, которые выделяются в ходе производственных процессов.

Основные функции шлака:

- служит для улавливания нежелательных элементов, таких как сера, фосфор и другие, из расплавленного металла;
- защищает расплавленный металл от окисления и термической деградации;
- может повлиять на вязкость и свойства конечного продукта.

Для сталеплавнения используются различные материалы, такие как чугун, редкие и легирующие элементы, а также флюсы (например, известь, доломит). Эти компоненты сначала подготавливаются и подаются в печь.

В электродуговых печах для плавления используется электрическая энергия. В процессе плавления флюсы, содержащиеся в загружаемом сырье, вступают в реакцию с оксидами металлов и другими примесями. Флюсы связывают примеси, превращая их в расплавленный шлак. Параллельно с этим в процессе окисления могут образовываться дополнительные оксиды, которые также встраиваются в структуру шлака. Полученный шлак может подвергаться дальнейшей обработке для удаления лишних примесей и улучшения его свойств.

Основные технологии утилизации тепла сталеплавильных шлаков:

- тепло, выделяющееся при остывании шлака, может быть использовано для работы тепловых насосов, которые преобразуют низкопотенциальное тепло в более высокопотенциальную форму для нагрева воды или воздуха;
- установка паровых турбин, использующих тепло, выделяющееся во время остывания шлака, может генерировать электричество;
- тепло можно использовать для отопления производственных и административных помещений;
- утилизация тепла шлаков может быть использована для предварительного подогрева шихты перед введением в печь.

Для того, чтобы внедрить технологии утилизации тепла сталеплавильных шлаков необходимо провести анализ текущего состояния производства, определить возможности и потребности. Определить наиболее эффективную технологию утилизации конкретно для ОАО «МТЗ» в зависимости от объема и температуры шлаков. Внедрение системы утилизации тепла должно быть гармонично интегрировано с текущими технологическими процессами сталелитейного цеха. Также необходимо провести обучение сотрудников работе с новой системой, включая техническое обслуживание и управление. Обеспечить мониторинг для оценки эффективности работы системы, что позволит в дальнейшем оптимизировать процессы.

Преимущества использования технологий утилизации тепла

- снижение выбросов углекислого газа и других вредных веществ за счет более эффективного использования ресурсов;

- утилизация тепла позволяет снизить потребление ископаемых источников энергии и, следовательно, снизить затраты на энергоснабжение;
- улучшение теплоэффективности процессов приводит к повышению общего КПД и увеличению производительности производственных процессов;
- утилизация тепла шлаков поможет значительно снизить тепловое загрязнение, что может привести к улучшению качества воздуха;
- использование утилизированного тепла для обогрева производственных и вспомогательных помещений позволит существенно сократить расходы на отопление;
- так как шлаки будут перерабатываться и использоваться заново, то уменьшится объемов отходов, и, следовательно, снизится нагрузка на свалки.

Минусы внедрения:

- внедрение новых технологий требует значительных инвестиций и времени;
- необходимость интеграции новых систем с существующими производственными процессами может привести к техническим сложностям;
- необходимо обучать сотрудников новым технологиям и процессам, что также требует ресурсов.

Внедрение технологий утилизации тепла сталеплавильных шлаков может стать ключевым шагом к более устойчивому и эффективному сталелитейному производству.

Литература:

1. <https://www.belarus-tractor.com>
2. Экологический паспорт ОАО «Минский тракторный завод». – Минск, 2020.
3. Пособие в области охраны окружающей среды и природопользования / Охрана окружающей среды и природопользование. Общие природоохранные требования. Наилучшие доступные технические методы для чёрной металлургии – Минск, 2023 – с.110-112

УДК 621.313

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Супрон П.А., студент

Научный руководитель Малькевич Н.Г.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье приводится анализ воздействия машиностроительных предприятий на окружающую природную среду. Предложены

энергосберегающие мероприятия для удовлетворения потребностей в топливно-энергетических ресурсах на машиностроительных предприятиях.

Ключевые слова: энергосбережение, выбросы, сточные воды, твердые отходы, экономия, ресурсы, технологии, электроэнергия.

На машиностроительных предприятиях происходит выброс загрязняющих веществ в атмосферу, сбросы в гидросферу и образование твердых отходов. Степень воздействия машиностроительных предприятий на окружающую среду зависит от вида производства и его специализации, поскольку каждый вид производства имеет свою технологию, определяющую характер воздействия.

В результате работы машиностроительных предприятий образуются отходы в виде осадка из очистных сооружений, шламы от гальванических процессов, а также такие отходы, как горелая земля, обработанные масла и смазочно-охлаждающие жидкости, стружка, окалина и промасленная ветошь.

Кроме того, машиностроительными предприятиями в атмосферу выбрасываются частицы пыли различного химического состава, оксид углерода, диоксид углерода, оксиды азота, сероводород, масляный и сварочные аэрозоли, бензол, толуол, ксилол, ацетон, бензин, уайт-спирт, а также тяжёлые металлы, такие как хром, никель, свинец и цинк.

Наибольшую экологическую опасность на предприятиях представляют литейные цеха, цеха механической обработки, сварочные и окрасочные участки. В результате их работы в атмосферу выделяются опасные пары оксидов цинка и железа, аэрозоли марганца, меди и кремния, а также озон, оксиды азота и шестивалентный хром.

В процессе своей деятельности машиностроительные предприятия сбрасывают сточные воды, образующиеся на травильных и гальванических участках. Со сточными водами в поверхностные водоемы и водотоки поступают загрязнители органического и не органического синтеза. К ним относятся нефтепродукты, взвешенные вещества, сульфаты, хлориды, цианиды, соединения азота, а также соли железа, цинка, меди, никеля, хрома, фосфора, молибдена, кадмия. Теплоизоляционные и звукопоглощающие материалы выделяют асбестовую пыль. Во время проведения окрасочных работ в атмосферный воздух поступают пары органических растворителей, лакокрасочных материалов и аэрозоли пигментов.

При использовании металлорежущих станков применяют смазочно-охлаждающие жидкости, такие как масла и эмульсии. В процессе сухой обработки металлов с помощью абразивных инструментов образуется абразивная пыль.

Для травления цветных металлов и их сплавов используют травильный растворы на основе серной или соляной кислоты. Концентрация кислот в

свежем растворе варьируется от 17 до 22 %, а в отработанном снижается до 5 %. В образующихся сточных водах остаются следы кислот и катионы металлов из протравленных заготовок. Значительную долю – около 30 % – составляют стоки, содержащие соединения хрома.

Твёрдые отходы машиностроительных предприятий включают чёрные и цветные металлы, остатки формовочной смеси после горения, окалину, пластмассы, древесину, бумагу и картон.

На предприятиях машиностроительного производства расходуется большое количество электроэнергии. Основной объем экономии энергоресурсов достигается за счет внедрения современных энергосберегающих технологий и оборудования, а также улучшения эксплуатации действующего оборудования с применением эффективных методов управления потреблением энергии.

На машиностроительных предприятиях необходимо совершенствовать организацию производства: внедрять системы контроля и управления, которые позволяют оптимизировать технологические процессы изготовления и обработки деталей; повышать качество выпускаемой продукции, из-за чего появляется возможность исключить или свести к минимуму брак; увеличить прочность и долговечность деталей и узлов, что позволит уменьшить их массу и снизить затраты энергии на обработку; разрабатывать новые, более эффективные технологические процессы взамен устаревших, требующих больших энергозатрат.

Совершенствование организации производства начинается с использования энергоресурсов, что включает следующие этапы:

- 1) Улучшение состояния технологического оборудования;
- 2) Снижение интенсивности энергопотребления;
- 3) Выявление и устранение потерь энергии, связанных с недостаточной загруженностью оборудования.

Эффективное направление экономики энергоресурсов – ослабление энергетических режимов, так как его применение позволяет оптимизировать технологические процессы изготовления и обработки деталей. Оно позволяет на основе имеющегося технологического оборудования, оптимизировать технологические процессы так, что одновременно решается задача повышения качества продукции, а также сокращение расходов энергоресурсов.

Внедрение системы управления процессом сжигания топлива (регулирование соотношения газа и воздуха, контроль расхода топлива для каждого агрегата, настройка горелок для полного сжигания топлива) и использование современных горелочных устройств с более высоким КПД обеспечивают экономию топлива. Это дает возможность получить точные параметры обрабатываемых деталей, а также избежать затрат энергоресурсов.

Повышение качества выпускаемой продукции обязательно и прежде всего – сокращение брака, поскольку брак энергии. Таким образом, необходимо использовать качественный металл. Более дорогой, но качественный металл повышает качество выпускаемой продукции и представляет собой способ снижения потребления энергоресурсов, поскольку позволяет устранить брак, повторные операции термообработки и снизить массу деталей.

Для машиностроительных предприятий экономия топливно-энергетических ресурсов может быть выполнена за счет экономии энергоёмких материалов или за счет замены менее энергоёмкими.

Экономия энергоёмких материалов, их эффективное использование позволяет удовлетворить в них потребности машиностроительных предприятий и обеспечить экономию энергоресурсов.

Экономия электроэнергии позволяет внедрять технологии, которые требуют меньших затрат энергии на единицу продукции.

Литература:

1. Промышленная экология: учеб. пособие. / под ред. М.Г. Ясоевеева. – Минск: ИНФРА-М, 2019. – 292 с.

2. Огурцов, А.П. Энергия и Энергосбережение / А.П. Огурцов, В.В. Залищук. – Днепропетровск: Системные технологии, 2015. – 865 с.

3. Самойлов, М.В. Основы энергосбережения: учеб. пособие / М.В. Самойлов, В.В. Паневчик, А.Н. Ковалев. – Минск: БГЭУ, 2018. – 340 с.

4. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов на 2020–2025 годы». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.minpriroda.by> (Дата обращения 01.04.2025).

УДК 504.06

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПО ЭКОЛОГИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ НАГРУЗКИ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ

Сырникова К. А., магистрант

Научный руководитель Морзак Г. И.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Современное общество сталкивается с серьёзными экологическими вызовами, связанными с ухудшением качества воздуха, что негативно сказывается на здоровье населения и экосистемах. Загрязнения воздуха является одной из ведущих причин ранней смертности, что подчёркивает необходимость принятия мер по его снижению.

Ключевые слова: экологизация технологических процессов, способы очистки промышленных выбросов, качество атмосферного воздуха.

Промышленность является одним из основных источников загрязнения окружающей среды, что делает необходимым внедрение эффективных решений для минимизации негативного воздействия на атмосферу. В условиях глобальных экологических вызовов, таких как изменение климата и ухудшение качества воздуха, экологизация технологических процессов становится ключевым направлением, который не только снижает выбросы загрязняющих веществ, но и повышению общей устойчивости производства. В этой статье мы проанализируем основные методы экологизации, причины роста уровня загрязнения атмосферы и возможные пути решения экологических проблем.

Экологизация технологических процессов в промышленности, направленная на уменьшение валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, включает в себя следующие подходы:

- модернизация технологических процессов и оборудования;
- создание замкнутых технологических циклов;
- переход на централизованное теплоснабжение;
- предварительная очистка сырья и топлива;
- увеличение коэффициента полезного использования топлива;
- повышение качества топлива: Снижение содержания серы, азота и механических примесей, а также добавление специальных присадок для улучшения условий горения;
- организация сжигания в соответствии с научными принципами;
- герметизация технологических процессов;
- замена угля и мазута на природный газ;
- переход на электропривод для компрессоров, сваебойных машин и насосов;
- повторное использование очищенных отходящих газов;

Если модернизация технологий не приводит к необходимому качеству очищенных газов, могут быть применены различные методы эффективной очистки. Способы очистки промышленных выбросов представлены на рисунке 1.

Приоритетное значение в предотвращении загрязнения атмосферы сейчас имеет ограничение выбросов промышленных объектов. Снижения объема загрязнителей достигают, внедряя новые производственные технологии, а снижения экологической опасности атмосферных выбросов – изменяя их химический состав, используя более эффективные системы очистки. И тем не менее, уровень загрязненности атмосферы по всем формам загрязнения (за исключением радиоактивного) с каждым годом становится все выше.

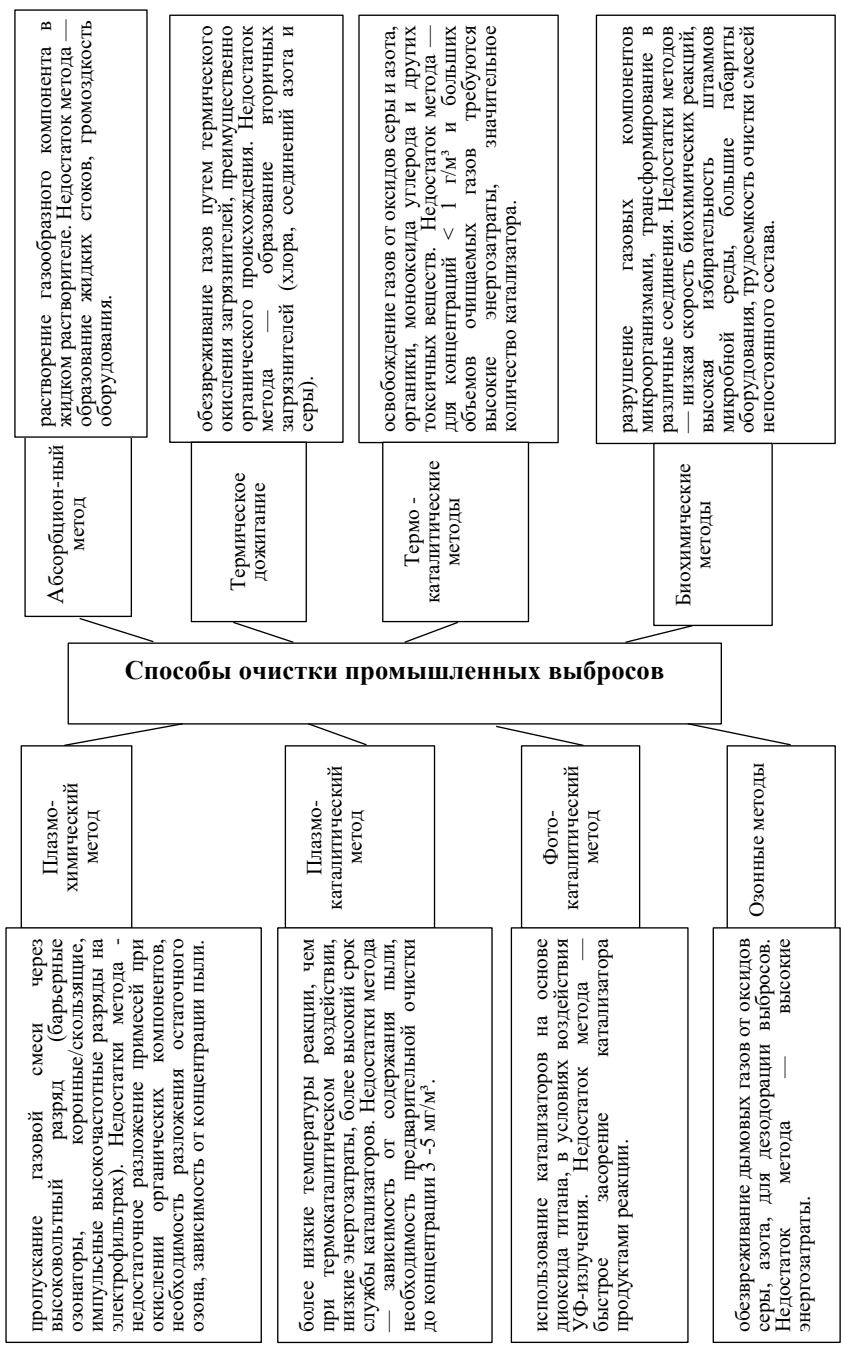


Рисунок 1 - Способы очистки промышленных выбросов

Однако, несмотря на внедрение новых технологий, уровень загрязненности атмосферы продолжает расти. Существуют *несколько возможных причин повышения уровня загрязнения атмосферного воздуха*:

1. Уменьшение объема атмосферных загрязнителей при внедрении новых технологий обычно носит относительный характер: показатели сокращаются лишь в расчете на единицу товарного продукта или мощности объекта.

2. В условиях роста производства, даже внедренные так называемые «наилучшие доступные технологии» сопровождаются такими же растущими выбросами.

3. Внедрение «наилучших доступных технологий» доступно главным образом только для сегмента крупных промышленных объектов.

В малом бизнесе, в небольших компаниях, контроль атмосферных выбросов практически не осуществляется. Реальные масштабы загрязнения оцениваются только в тех случаях, когда его очевидные последствия вызывают возмущение общественности. При этом совокупный вклад мелких источников в планетарное загрязнение атмосферы достаточно велик, учитывая их число.

Диффузное загрязнение от множества источников становится все более значимым, особенно в условиях роста населения и урбанизации. Каждое новое здание и автомобиль добавляют к общей картине загрязнения.

Одним из перспективных решений для борьбы с диффузным загрязнением является высадка деревьев и кустарников, которые способны задерживать химические и механические загрязнители. Например, сосны и липы могут поглощать значительное количество углекислого газа и выделять кислород. Озеленение городских территорий не только способствует улучшению качества воздуха, но и играет ключевую роль в формировании комфортной городской среды.

В соответствии с градостроительными стандартами, доля озелененных участков в жилых зонах должна составлять не менее 35–45%, а в жилых районах — 50–60% [3]. Также стоит отметить важность растений, способствующих очистке воздуха, таких как фитофильтры, которые могут значительно повысить качество атмосферного воздуха.

Сельскохозяйственная деятельность также вносит свой вклад в загрязнение атмосферы. Переход на экологическое (органическое) земледелие, исключая использование химико-синтетических удобрений и пестицидов, может значительно снизить вредное воздействие на окружающую среду [4].

Экологизация технологических процессов в промышленности и переход на устойчивые методы ведения сельского хозяйства являются важными шагами к снижению уровня загрязнения атмосферы. Несмотря на существующие вызовы, такие как рост производства и недостаточный контроль в малом

бизнесе, внедрение новых технологий и озеленение городских территорий могут существенно улучшить экологическую ситуацию. Важно продолжать развивать и внедрять эффективные решения, направленные на защиту окружающей среды и улучшение качества жизни людей.

Литература:

1. Экология промышленного производства: учебное пособие / О.А. Белый, Б.М. Немененок.: – Минск: БНТУ, 2016. – 197 с.
2. Малькевич Н.Г., Морзак Г.И. Технические основы охраны окружающей среды: пособие для студентов дневной и заочной форм обучения специальности 1–57 01 02 «Экологический менеджмент и аудит в промышленности»: в 5 ч. / Н.Г. Малькевич, Г.И. Морзак.– Минск: БНТУ, 2021. – Ч. 1: Управление качеством окружающей среды. – 161 с.
3. ЭкоНиП 17.01.06-001–2017 «Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности». - 113 с.
4. Органическое сельское хозяйство в Республике Беларусь: текущее состояние и перспективы [Электронный ресурс]. – Электронные данные: https://investinbelarus.by/upload/medialibrary/165/organicheskoe-selskoe-khozaystvo-1_compressed-_4_.pdf. – Дата доступа 15.03.2025.

УДК 504.3.054

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ, МЕРЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

Сырникова К. А., магистрант

Научный руководитель Морзак Г. И.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Темпы урбанизации стран сопровождаются ростом количества источников загрязнения атмосферы. Такая тенденция приводит к изменениям в качественном и количественном составе и свойствах атмосферного воздуха, что угрожает нормальному функционированию биосферы. В статье рассмотрены основные принципы и подходы решения вопроса защиты атмосферного воздуха от антропогенной нагрузки. Приведены мероприятия по охране атмосферного воздуха.

Ключевые слова: охрана атмосферного воздуха, методы защиты атмосферного воздуха, принципы и мероприятия по охране атмосферного воздуха.

Определенное соотношение компонентов атмосферного воздуха является необходимым условием жизни человека и развития аэробных организмов. В процессе дыхания в живые организмы попадают и присутствующие в атмосфере примеси антропогенного и природного характера. Развитие промышленности сопровождается поступлением в атмосферу

множества разнообразных несвойственных её естественному составу токсичных примесей, что является причиной нарушения круговорота соединений углерода, серы, азота, озона в окружающей среде. Такие процессы, несомненно, сказываются на качественных характеристиках окружающей среды. Концентрация таких загрязняющих веществ (ЗВ) относится к одним из показателей степени негативного воздействия на развитие естественных процессов на конкретном ландшафте. Природная способность атмосферы к самоочищению часто оказывается недостаточной, и опасные примеси накапливаются, циркулируют в воздушной среде, отравляя почву и водоемы. Основные последствия загрязнения атмосферного воздуха представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Последствия загрязнения атмосферного воздуха

Внедрение новых экологических технологий производств сопровождается появлением в атмосферном воздухе новых, ранее не фиксировавшихся в ней соединений, которые в процессе совокупной трансформации могут преобразоваться в опасные вещества. При текущем темпе изменения атмосферного воздуха и климата уже к концу XXI века многие регионы Земли могут стать непригодными для жизни из-за экстремальных температур,

наводнений и засухи, что может ежегодно вызвать преждевременную смерть более 2 млн человек на планете [1]. По данным Техасского университета, глобальное загрязнение воздуха – фактор сокращения продолжительности человеческой жизни как минимум на один год [2].

Доля загрязнения атмосферного воздуха выбросами загрязняющих веществ различными отраслями промышленности отображена на рисунке 2 [3]. С учетом объемов и разнообразия ЗВ атмосферу техногенных веществ, предсказать результат их взаимодействия крайне затруднительно. По этой причине глобализация химического и механического загрязнения атмосферы неизбежно вызовет глобализацию последствий вторичного загрязнения.

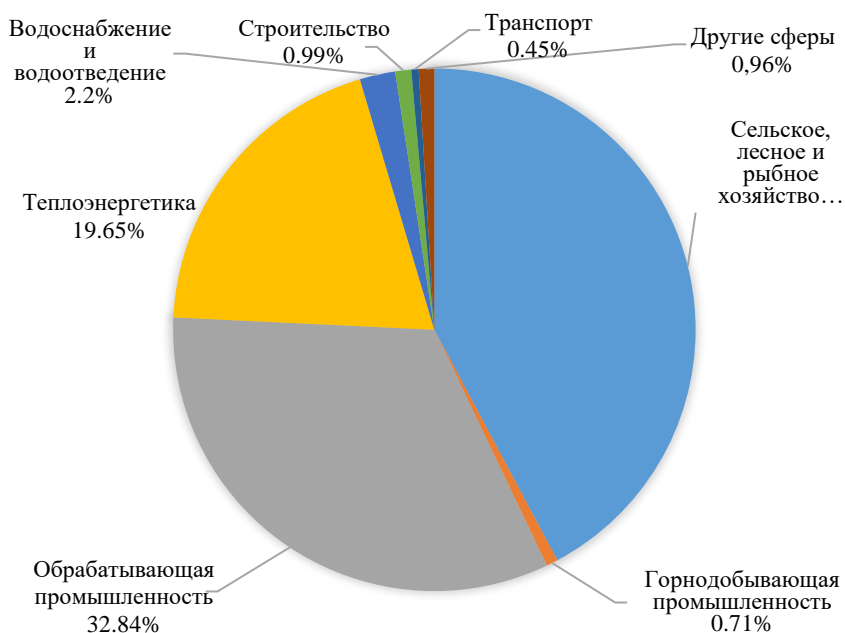


Рисунок 2 – Доля загрязнения атмосферного воздуха по основным отраслям промышленности

Объекты экономической деятельности, на которых осуществляются технологические процессы с выбросом ЗВ обязаны разрабатывать, внедрять и контролировать природоохранные мероприятия, направленных на минимизацию всех видов загрязнений окружающей среды. Для защиты атмосферного воздуха предусматриваются меры по совершенствованию систем

очистки промышленных выбросов, внедрению газоочистного оборудования (ГОУ), а также методы направлены на рассеивание, нейтрализацию ЗВ и на соблюдение требований к санитарно-защитной зоне предприятия [4, 5].

Охрана атмосферного воздуха – ряд мероприятий, прямо или косвенно направленных на прекращение или уменьшение его загрязнения, осуществляемых госорганами и промышленными объектами. Это правовые, организационные, технические, экономические меры. Экологические организации, правительства стран, ученые постоянно разрабатывают современные способы защиты атмосферного воздуха.

Основные принципы и мероприятия охране атмосферного воздуха представлены на рисунке 3. К основным методам снижения содержания ЗВ в атмосферном воздухе относятся:

- рациональное размещение производственных объектов, имеющих источники выбросов ЗВ;

- применение инженерных решений соблюдения зон рассеивания ЗВ;

- разработка и эксплуатация эффективных ГОУ.

Самой радикальной мерой защиты атмосферы считается экологичность технологических циклов, внедрение технологий, исключающих (сокращающих до минимальных концентраций) поступление в атмосферу ЗВ. К сокращению выбросов может привести усиление контроля деятельности предприятий, введение административных и экономических санкций за несоблюдение требований законодательства, вплоть до приостановления производства.

Таким образом, охрана атмосферного воздуха для промышленных объектов представляет собой процесс разработки, внедрения и совершенствования комплекса мероприятий, направленных на минимизацию ЗВ в промышленных выбросах. Это правовые, организационные, технические, экономические меры.

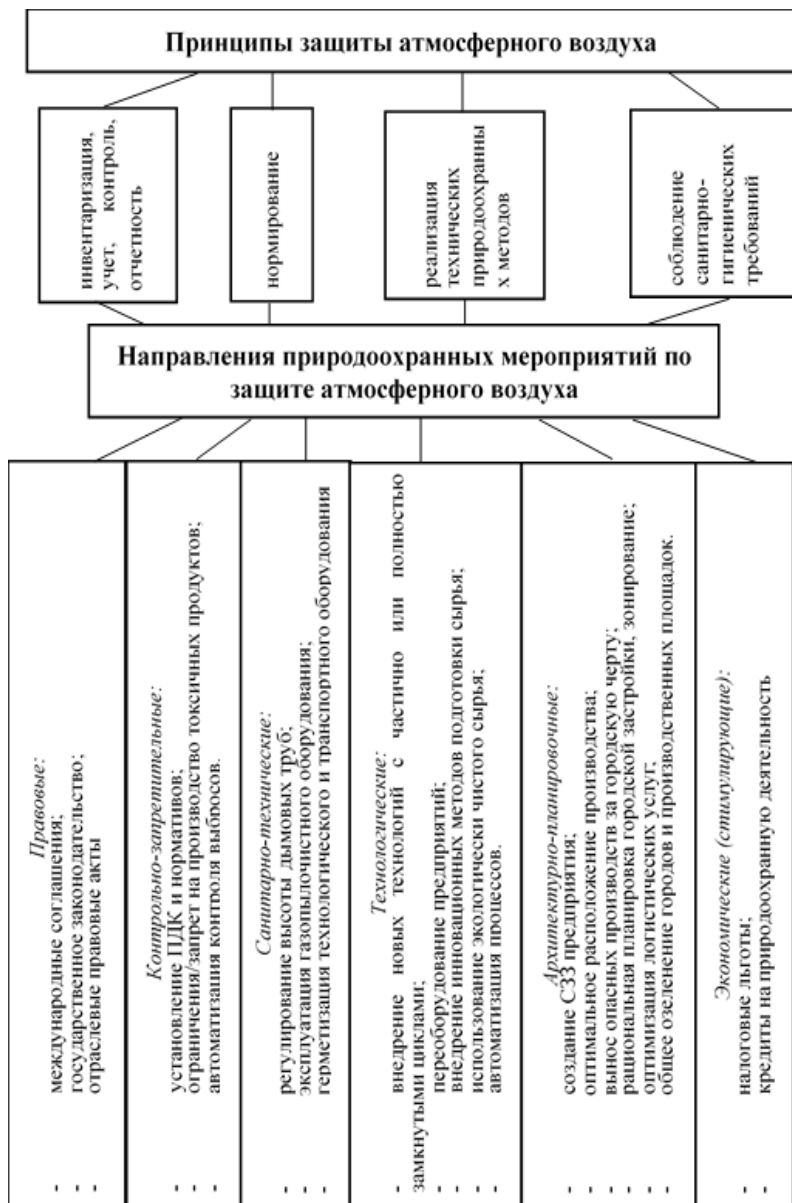


Рисунок 3 – Принципы и мероприятия по защите атмосферного воздуха

Литература:

1. Промышленное загрязнение атмосферы: основные источники и способы борьбы: <https://rcycle.net/ekologiya/atmosfera/promyshlennoe-zagryaznenie-osnovnye-istochniki-i-sposoby-borby/> / Дата доступа 12.03.2025.
2. Air pollution is cutting the global life expectancy by up to TWO YEARS, worldwide study reveals: <https://www.dailymail.co.uk/> / Дата доступа 12.03.2025.
3. Статистический ежегодник Республики Беларусь / Нац. Стат. комитет Республики Беларусь. Минск: Нац. стат. комитет Респ. Беларусь, 2024, 317 с.
4. Малькевич Н. Г., Морзак Г. И. Технические основы охраны окружающей среды: пособие для студентов дневной и заочной форм обучения специальности 1–57 01 02 «Экологический менеджмент и аудит в промышленности»: в 5 ч. / Н. Г. Малькевич, Г. И. Морзак/ Ч. 1: Управление качеством окружающей среды. Минск: БНТУ, 2021, 161 с.
5. Морзак Г. И., Сырникова К. А. Экологизация технологических процессов для снижения валовых выбросов загрязняющих веществ// Материалы 20-я Международной конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики»: материалы конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 2024, С.456-461.

УДК 504.05

ТОРФ КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

Тарасевич В.А., студент

Научный руководитель Мартынюк С.С.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В статье рассмотрены основные направления использования торфа для получения энергии и перспективные технологии его переработки с получением не только энергии, но и ценных продуктов с высокой добавленной стоимостью.

Ключевые слова: торф, торфяные брикеты, пиролиз, биоуголь.

С учетом успешного развития технологий и увеличения глобального спроса на энергетические ресурсы, постановка задачи по поиску альтернативных источников энергии приобретает исключительную актуальность. В числе таких источников, обладающих значительным потенциалом, выделяется торф. Беларусь, располагая значительными запасами торфа, рассматривает его в качестве альтернативного и экологически чистого энергетического ресурса.

Торфяная промышленность — отрасль топливной промышленности, предприятия которой осваивают торфяные месторождения, добывают и перерабатывают торф. Торф — это органический осадок, который образуется в условиях малой доступности кислорода, в основном в торфяниках и болотах. Он состоит из частично разложившихся остатков растений и животных. Торф считается предшественником угля и может быть использован как топливо и для производства различных продуктов.

Беларусь обладает значительными запасами торфа, которые, по оценкам специалистов, составляют примерно 8 миллиардов тонн. Наиболее крупные месторождения находятся в Могилевской, Брестской и Гродненской областях. Эти ресурсы создают значительный потенциал для использования торфа в качестве альтернативного источника энергии.

Беларусь, обладая собственными запасами торфа, может уменьшить зависимость от импорта ископаемых энергетических ресурсов и повысить свою энергетическую безопасность. Разработка и эксплуатация торфяных месторождений могут способствовать созданию новых рабочих мест и развитию местной экономики. Торф может быть использован совместно с другими отходами для производства биогаза, что открывает дополнительные возможности для переработки и утилизации. Таким образом, торф может использоваться как в чистом виде, так и в комбинации с другими источниками энергии.

Существует несколько технологий переработки торфа, включая следующие методы: сжигание, пиролиз и производство торфяных брикетов. Сжигание наиболее распространенный способ применения торфа в энергетическом секторе. Этот процесс обладает специфическими характеристиками и находит применение в различных сферах, включая выработку электроэнергии и системы отопления. Торф состоит из органических соединений, богатых углеродом, и может содержать разнообразные минералы. Влажность и химический состав торфа могут значительно варьироваться в зависимости от места его добычи. Сжигание торфа осуществляется в специализированных установках, таких как котлы или печи. Ключевым моментом является контроль температуры и условий горения для обеспечения высокой эффективности процесса и минимизации выбросов загрязняющих веществ. Процесс сжигания торфа может приводить к выбросам углекислого газа и других загрязняющих веществ, что вызывает беспокойство по поводу его воздействия на окружающую среду.

Пиролиз торфа представляет собой термический процесс, осуществляющийся в анаэробных условиях, что приводит к разложению органических компонентов на более простые соединения. Данный метод переработки торфа позволяет получать разнообразные продукты, включая газообразные, жидкие и твердые фракции. Пиролиз осуществляется при

температурах в диапазоне от 300 до 800 °С, что позволяет получать различные продукты в зависимости от условий процесса. Ключевым аспектом является отсутствие кислорода, что предотвращает сгорание материала и способствует образованию углеродсодержащих продуктов.

В результате пиролиза торф распадается на три основные категории продуктов: газообразные фракции, жидкие фракции, твердые остатки. Газообразные фракции включают углеводороды, водород, метан и другие газы, которые могут быть использованы в качестве топлива. Жидкие фракции представляют собой пиролизные масла, которые могут служить альтернативным топливом или сырьем для химической промышленности. Твердые остатки: формируется уголь (или биоуголь), который может быть применен в качестве удобрения или для улучшения свойств почвы.

Процесс производства топливных брикетов начинается с прессования сырья. Для этого используются специальные пресс-машины, которые сжимают сырье под высоким давлением, превращая его в брикеты определенной формы и размера. После прессования топливные брикеты проходят процесс сушки, который позволяет уменьшить влажность продукции и повысить ее теплотворность. Сушка может осуществляться естественным способом, при котором брикеты размещаются на открытом воздухе, или с использованием специальных сушильных камер.

После сушки топливные брикеты должны быть охлаждены до комнатной температуры, чтобы исключить возможность возгорания во время хранения и транспортировки. Затем брикеты упаковываются в мешки или другую удобную упаковку для последующей реализации на рынке.

Торф в качестве альтернативного источника энергии представляет собой значительный потенциал для Беларуси. Его использование может содействовать решению задач энергобезопасности, снижению углеродных выбросов и стимулированию развития местной экономики. Однако для достижения этих целей необходимо учитывать экологические аспекты и развивать устойчивые технологии. В рамках будущей энергетической стратегии Беларуси торф может занять важное место, способствуя достижению энергетического баланса и экологической устойчивости.

Литература:

1. Нестеров, А. В. (2020). Альтернативные источники энергии в Беларуси: сегодня и завтра. Минск: Издательство БГУ.
2. Ковалев, И. И. (2019). Экологические аспекты использования торфа. Энергоэффективность и экологическая безопасность, 8(1), 45-52.
3. Республиканский комитет по экологии и природным ресурсам (2021). Стратегия устойчивого развития торфяников в Беларуси. Минск.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛЫ ОТ СЖИГАНИЯ ТОРФА В АГРАРНОМ СЕКТОРЕ

Трухан Д.А., Кобель П.Д., учащиеся УО «Национальный детский технопарк»

Научные руководители Цыганова А.А., Благовещенская Т.С.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье рассмотрены ключевые направления использования золы от сжигания торфа в Республике Беларусь. Оценена перспектива применения золы от сжигания торфа с учетом химического анализа образцов от сжигания торфа на содержание тяжелых металлов и степени их миграции в водный раствор.

Ключевые слова отход, зола от сжигания торфа, тяжелые металлы, миграция токсичных элементов, воздействие на окружающую среду, аграрный сектор.

Тепловые электростанции и котельные, работающие на твердом топливе, производят большое количество отходов в виде золы и шлака. Такие отходы хранятся в специально оборудованных хранилищах, называемых золоотвалами. Золоотвалы представляют собой сложные инженерные сооружения, к производству и эксплуатации которых предъявляются жесткие требования. В Республике Беларусь функционирует 11 золоотвалов общей мощностью 34904,95 тыс. т в год и общей площадью в 46,9593 га.

Для утилизации (обезвреживания) некоторых видов отходов применяется метод сжигания, благодаря которому возможно снизить класс опасности отходов, уменьшить до 90 % их объем и получить энергию. При сжигании образуется зола, которая по весу составляет до 25 % от первоначального объема отходов. В такой золе достаточно высокое содержание токсичных соединений и тяжелых металлов, что ограничивает возможности применения (использования) данных отходов. Помимо этого, следует учитывать, что состав золы будет постоянно меняться в зависимости от сжигаемого топлива и отходов, а значит, каждая партия золы подлежит определению степени и класса опасности на платной основе.

Проблема также в том, что в нынешних условиях предприятия переходят с газа на местные виды топлива – торф и мазут. Для Беларуси, где имеются значительные запасы торфа и развита торфодобывающая промышленность, проблема использования золы от сжигания торфа является особенно актуальной. За хранение (захоронение) отходов производства предприятия платят экологические налоги, хранение или захоронение отходов негативно влияет на компоненты окружающей среды. Поэтому актуальным является поиск возможностей использования золы от сжигания торфа. В нашей стране есть несколько основных направлений в использовании золы от сжигания торфа,

такие как: сельское хозяйство, строительство, рекультивация земель, однако таких альтернативных захоронению (хранению) недостаточно и значительное количество данного отхода по-прежнему складывается в золоотвалах.

В последние годы в стране уделяется повышенное внимание вопросам охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов, что стимулирует поиск эффективных способов переработки и использования золы. Рассмотрим экологические аспекты воздействия золы от сжигания торфа на компоненты окружающей природной среды. Зола от сжигания торфа является отходом производства, который может содержать различные загрязняющие вещества, такие как тяжелые металлы. Неправильное хранение и утилизация золы может привести к загрязнению почвы, воды и воздуха [1].

В рамках исследования ставилась задача определить концентрацию тяжелых металлов в золе, полученной при сжигании местных видов топлива. Это было необходимо для оценки возможности применения золы в сельскохозяйственных целях, в частности, в качестве удобрения. Содержание тяжелых металлов в пробах золы от сжигания торфа более крупной фракции после циклона анализировалось методом атомно-адсорбционной спектроскопии. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты химического анализа образца золы от сжигания торфа (валовый состав)

Определяемый элемент	Обнаружено в образце, мг/кг
Медь	6,0
Цинк	6,9
Никель	8,5
Кадмий	Не обнаружено
Свинец	3,7
Марганец	90,0
Общий хром	8,5
Железо	8600,0

В таблице 1 представлены средние значения валового состава золы, проанализированной в пяти образцах за месяц. Максимальные значения в образцах золы от сжигания торфа были по содержанию железа и марганца.

Для оценки миграции компонентов золы был проведен эксперимент: образец золы помещали в подкисленную до pH 4.3 дистиллированную воду на 3 суток при комнатной температуре. Результаты представлены в таблице 2.

Согласно результатам анализа миграции, переход основных токсичных элементов в водный раствор был незначительным для большинства элементов. Лишь марганец и железо продемонстрировали незначительное вымывание. Исследование химического состава золы, полученной при сжигании местных видов топлива, показало, что содержание тяжелых металлов (меди, цинка, никеля, свинца, общего хрома) в валовом составе золы находится на низком

уровне, а кадмий не обнаружен. Основными элементами, присутствующими в значительных концентрациях, являются железо и марганец, которые являются важными микроэлементами для растений [2].

Таблица 2 – Миграция компонентов из образца от сжигания золы в дистиллированную воду

Определяемый элемент	Содержание элемента в навеске(100г), мг	Обнаружено в образце мг/л
Медь	0,6	Не обнаружено
Цинк	0,69	Не обнаружено
Никель	0,85	Не обнаружено
Кадмий	Не обнаружено	Не обнаружено
Свинец	0,37	Не обнаружено
Марганец	0,90	0,06
Общий хром	0,85	Не обнаружено
Хром(6+)	-	Не обнаружено
Хром(3+)	-	Не обнаружено
Железо	860	0,18

Железо – важный микроэлемент для растений, необходимый для фотосинтеза, дыхания и синтеза хлорофилла. Как дефицит, так и избыток железа вредны. Дефицит вызывает хлороз и замедляет рост, а избыток токсичен и нарушает усвоение других элементов. Оба состояния негативно влияют на корни. Контроль уровня железа в почве важен для сельского хозяйства для обеспечения здоровья растений и урожайности, включая мониторинг и использование устойчивых сортов.

Марганец – важный микроэлемент, необходимый для роста растений, участвующий в фотосинтезе, дыхании, синтезе аминокислот и антиоксидантной защите. Дефицит марганца - вызывает хлороз, замедляет рост, ослабляет корни и нарушает метаболизм.

Проведенные исследования показали, что зола от сжигания торфа представляет собой перспективный источник питательных веществ для сельскохозяйственных культур и может быть эффективно использована в качестве удобрения, поскольку зола содержит ценные макро- и микроэлементы необходимые для нормального роста и развития растений.

Литература:

1. Головатый С.Е. Тяжелые металлы в агро системах. Мн.: В.Ю.А., 2002. – 240 с.
2. Вильдфлуш И.Р., Цыганов А.Р., Лапа В.В., Персикова Т.Ф. Рациональное применение удобрений. – Горки, 2002. – 322 с
УДК 614.8.01, 634-322

РОЛЬ СМИ И ВОЛОНТЕРСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ В ИНФОРМИРОВАНИИ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

**Филиппович Е.П., Козловский Д.О., Кирьяненко М.В., студенты
Научный руководитель Кляусова Ю.В.
Белорусский национальный технический университет, Беларусь**

В данной статье описываются примеры взаимодействия средств массовой информации и волонтерских организаций при различных чрезвычайных ситуациях (ЧС), также рассматриваются новые возможности для профилактического информирования населения в социальных сетях.

Ключевые слова: ЧС, ликвидация, оповещение, информирование, социальные сети, МЧС, волонтеры.

Введение. Чрезвычайные ситуации (ЧС) — это события, которые могут быть связаны с природными катастрофами, техногенными авариями, экологическими угрозами или эпидемиями. Важно, что для эффективной ликвидации последствий и минимизации ущерба от ЧС необходимо оперативное информирование населения и активное вовлечение различных организаций, в том числе СМИ и волонтерских структур [1]. Роль средств массовой информации и волонтерских организаций в Беларуси в этих процессах становится особенно значимой, поскольку они являются связующим звеном между официальными государственными органами и населением. Медиаплатформы обеспечивают население актуальной информацией, а волонтерские организации, в свою очередь, оказывают непосредственную помощь пострадавшим и принимают участие в ликвидации последствий ЧС.

Роль СМИ в информировании и ликвидации ЧС. В Республике Беларусь средства массовой информации играют ключевую роль в информировании населения в случае чрезвычайных ситуаций [2]. Одной из важнейших задач СМИ является оперативное и достоверное распространение информации о возникших угрозах и действиях, которые необходимо предпринять для обеспечения безопасности. Примером эффективной работы СМИ в условиях ЧС является информационная кампания, проведенная в Беларуси во время стихийных бедствий, таких как наводнения или зимние штормы. Например, в 2013 году, 12 лет назад, 15 марта, на Беларусь обрушился сильнейший циклон «Хавьер». Снег, сопровождавшийся сильным ветром, со страшной силой ближе к обеду стал накрывать Минск. На борьбу со снежной стихией вышли дорожные и коммунальные службы города. Если утром на работу люди добирались без особых проблем, то уже в конце трудового дня возвращаться стало проблематично. Тротуары и дороги занесло настолько, что

идти пешком и двигаться за рулем было очень сложно. Скорость машин составляла порядка 20–30 км/ч. Не обходилось без ДТП, серьезных заторов. Ситуацию усугубляло и то, что многие водители бросали личный транспорт на проезжей части, отчего становилось еще более проблематично двигаться другим [3].

Телевидение, радио и интернет-ресурсы оперативно сообщали о закрытии дорог, изменениях в графиках движения транспорта и мерах предосторожности. Важным моментом является то, что СМИ в Беларуси также сообщают не только об угрозах, но и о действиях государственных служб, что позволяет населению понимать, что предпринимается для ликвидации последствий. Кроме того, в ситуации, когда имеет место радиационная угроза или химическое загрязнение, СМИ обязаны предоставлять точные и своевременные инструкции по эвакуации, защите и поведению [4]. Важной частью работы СМИ является также работа с социальными сетями, где оперативно передается информация от официальных источников и волонтеров [2].

Ответственность СМИ в условиях ЧС состоит в предоставлении точной, не искаженной и проверенной информации, чтобы избежать паники и недоразумений. СМИ должны придерживаться принципов объективности, не поддаваться на сенсационные слухи и учитывать моральные аспекты при освещении трагических событий.

Также, с развитием социальных сетей, таких как TikTok, Telegram и Instagram, возможности оперативного информирования населения значительно расширились. Например, аккаунты белорусских министерств (МЧС, ролики которого часто становились вирусными и привлекали внимание не только пользователей Республики Беларусь) и ведомств (Госавтоинспекция, в роликах которой разъясняются различные спорные ситуации на дорогах, а также проходит информирование об изменениях в правилах дорожного движения. В том числе аккаунты есть у ВВ МВД РБ, пограничной службы). TikTok активно используются для публикации коротких видеороликов с инструкциями по безопасности и рекомендациями по поведению в кризисных ситуациях. Эти платформы привлекают молодежь, повышая общий уровень осведомленности.

Отдельно стоит отметить использование системы СМС-уведомлений, которая в Беларуси зарекомендовала себя как эффективный инструмент оперативного информирования. В случае стихийных бедствий, аварий или иных угроз население получает краткие сообщения с важной информацией, такой как предупреждения о погодных условиях, инструкции по эвакуации или номера горячих линий. Примеры успешного применения СМС-оповещений включают своевременные предупреждения о надвигающихся штормах, что позволило людям заранее подготовиться и избежать опасности.

Роль волонтерских организаций в ликвидации ЧС. Волонтерские организации в Республике Беларусь играют не менее важную роль в ликвидации

последствий ЧС. Волонтеры, в зависимости от ситуации, могут оказывать различные виды помощи: от эвакуации пострадавших до предоставления медицинской помощи и психологической поддержки [1].

Волонтерские организации активно работают в рамках гражданской обороны, помогая в обеспечении убежищ, в организации сборов гуманитарной помощи и в восстановительных работах после стихийных бедствий или техногенных аварий. Примером успешной работы волонтеров является помощь, во время ликвидации последствий радиационных угроз на территории, пострадавшей от Чернобыльской катастрофы, а также участие в ликвидации последствий крупных наводнений и лесных пожаров [3].

Сотрудничество волонтеров с государственными и местными органами власти способствует более скоординированному реагированию на ЧС [1]. Волонтеры, в свою очередь, часто имеют более гибкие структуры и могут оперативно вмешиваться в ситуацию, дополняя работу государственных служб. Важным аспектом является также психологическая помощь, которую волонтерские организации могут оказывать пострадавшему населению, помогая справиться с травмами и стрессом.

В Беларуси активно функционируют такие организации, как «Красный Крест», «Белорусский Союз Молодежи», а также многочисленные локальные группы, оказывающие помощь на местах, особенно в условиях природных катастроф [1].

Взаимодействие СМИ и волонтерских организаций. Сотрудничество СМИ и волонтерских организаций в условиях ЧС в Беларуси становится важным элементом эффективного реагирования на кризисные ситуации. СМИ способствуют распространению информации о деятельности волонтеров, их потребностях и возможностях оказания помощи, что повышает осведомленность населения и стимулирует участие граждан в волонтерской деятельности [2].

Вместе с тем, волонтерские организации могут предоставить СМИ актуальную информацию о текущей ситуации, что позволяет эффективно и оперативно донести важные сообщения до широкого круга людей. В случае массовых эвакуаций или катастрофических последствий ЧС, СМИ и волонтерские организации могут эффективно сотрудничать для обеспечения безопасности населения, улучшения логистики помощи и координации работы.

Примером успешного взаимодействия является инициатива по сбору средств для пострадавших от природных катастроф, когда СМИ активно информируют об акциях, а волонтеры занимаются организацией пунктов сбора помощи и распределением ресурсов.

Заключение. СМИ и волонтерские организации в Республике Беларусь играют важную роль в реагировании на чрезвычайные ситуации. Во время ЧС они помогают обеспечить население необходимой информацией, что

способствует снижению уровня угроз и паники. Волонтеры активно участвуют в ликвидации последствий катастроф, оказывают помощь пострадавшим и восстанавливают пострадавшие районы. Роль СМИ заключается в своевременном и точном информировании общественности, а волонтерские организации дают возможность оперативно вмешиваться в ситуации и оказывать помощь там, где она необходима. Взаимодействие этих двух структур повышает эффективность ликвидации последствий ЧС и спасения жизней людей. Важно, чтобы в будущем сотрудничество между государственными структурами, СМИ и волонтерами продолжало развиваться, что позволит еще более эффективно реагировать на вызовы, связанные с ЧС.

Список литературы

1. Белорусский Красный Крест. «Роль волонтеров в ликвидации последствий ЧС». Минск, 2019.
2. Иванов В.А. «СМИ и чрезвычайные ситуации: ответственность и этика». Минск, 2018.
3. Григорьева Е.Н. «Гражданская оборона и волонтерские организации в Беларуси». Минск, 2020.
4. Указ Президента Республики Беларусь «О чрезвычайных ситуациях и гражданской обороне», 2015.

УДК: 504.064

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ НАИБОЛЕЕ НАГРУЖЕННЫХ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ

Филонычев А.А., аспирант

Научный руководитель Тунакова Ю.А.

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, Россия

Рассмотрены способы расчетной оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха в зоне действия автомагистралей. Предложена модель расчета приземных концентраций компонентов выбросов от передвижных источников загрязнения. Произведена оценка сходимости результатов, полученных по авторской модели и с помощью программы COPERT.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, выбросы, модель расчета, сходимость, адекватность

На сегодняшний день на территории большинства крупных городов, объем выбросов от передвижных источников загрязнения достигает 80%. Однако не проводятся систематические наблюдения за качеством атмосферного

воздуха в зоне действия автомагистралей. Данные стационарных постов наблюдения не позволяют выделить вклад автотранспортной составляющей в формируемый уровень загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха. Необходимость регулярных наблюдений за качеством атмосферного воздуха в зонах действия автомагистралей обусловлена тем, что выбросы передвижных источников загрязнения, без разбавления воздушными массами, сразу поступают в зону дыхания человека, создавая локальные уровни загрязненности. Развитие системы экспериментального мониторинга в зонах действия автомагистралей затруднено ввиду их многочисленности [1, 6, 7]. Поэтому представляется целесообразным использовать расчетные методы определения концентраций компонентов выбросов в зонах влияния автомагистралей.

Модели, применяемые для оценки распространения выбросов от автотранспортных средств в приземном слое атмосферного воздуха, как правило относятся к одной из четырех групп: эмпирические модели, интегральные модели, лагранжевы модели и CFD-модели.

В эмпирических моделях используются номограммы, полученные в результате проведения многократных экспериментов, а также формулы, содержащие эмпирические, то есть полученные экспериментально коэффициенты. Эмпирические модели лежат в основе работы таких программ для оценки загрязнения атмосферы как STOER и TSCREEN. В эмпирических моделях довольно сложно учесть одновременное влияние большого количества внешних факторов. Создание эмпирических моделей является длительным процессом, требующим проведения большого числа экспериментов, что требует существенных затрат как времени, так и финансовых ресурсов. Кроме того, они показывают достоверные результаты для условий близких к экспериментальным. Данные обстоятельства ограничивают широкое распространение эмпирических моделей.

В интегральных моделях интегральное уравнение отображает изменение во времени характеризуемого параметра. Наиболее распространенной разновидностью интегральных моделей являются BOX-модели. В них рассматривается распространение загрязнителей, как правило по плоскому однородному ландшафту, однако есть разновидности моделей, где может быть учтен уклон ландшафта. BOX-модели лежат в основе методики «Токси-2», используемой для описания процесса рассеивания газовых примесей. Еще одной разновидностью интегральных моделей являются SLAB-модели. Данные модели хорошо описывают продолжительные выбросы, если не требуется учет их скорости. Типичными представителями SLAB-моделей являются DEGADIS и HEGADAS. В интегральных моделях можно достаточно точно учитывать влияние особенностей компонентов выбросов, термодинамические

закономерности, а также метеорологические параметры, действующие в исследуемый период времени.

В лагранжиевых моделях облако загрязнителей рассматривается как псевдочастица, параметры которой определяются перемещением загрязняющих веществ в пространстве. В качестве начального входа таких моделей рассматривается трехмерное распределение составляющих скорости ветра.

В CFD-моделях для описания закономерностей распространения, компонентов выбросов используются системы дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих динамику выбросов в атмосферу. Эти модели достаточно универсальны и могут применяться для большого спектра загрязняющих веществ в достаточно широком диапазоне характеристик атмосферы, они позволяют учитывать влияние на распространение выбросов рельефа местности и застройки.

При создании моделей любого типа необходимо учитывать ряд особенностей. Дороги могут быть представлены как линейные источники загрязнения, имеющие пересечения, при этом выбросы загрязняющих веществ производятся на небольшом расстоянии от подстилающей поверхности, что является причиной малой интенсивности их рассеивания. Выбросы загрязняющих веществ от автотранспортных средств подвержен воздействию большого количества факторов, которые сложно моделируются на больших территориях. К таким факторам можно отнести интенсивность потоков автомобильного транспорта, структуру этих потоков, параметры автомобильных дорог, наличие препятствий на пути распространения компонентов выбросов, изменчивость метеорологических параметров.

С учетом данных особенностей можно говорить о существенной неоднородности пространственно-временных параметров передвижных источников загрязнения. Для повышения достоверности оценки уровня загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха выбросами автомобильного транспорта и улучшения точности прогнозирования предложена модель для оценки уровня загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха передвижными источниками загрязнения.

Основу модели составляют уравнения, характеризующие эмиссию компонентов выбросов:

$$q = 2,06 \times 10^4 \times m \times \left(\left(\sum_1^i G_{ik} \times N_{ik} \times K_{ik} \right) + \left(\sum_1^i G_{ia} \times N_{ia} \times K_{ia} \right) \right) \times L$$

где m – коэффициент, учитывающий дорожные к автотранспортные условия, в зависимости от средней скорости транспортного потока, принимаемый по графику из [6]

G_{ik} – средний эксплуатационный расход топлива для данного типа (марки) инжекторных автомобилей с бензиновым двигателем

N_k – расчетная перспективная интенсивность движения каждого выделенного типа инжекторных автомобилей с бензиновым двигателем

$K_{ик}$ – коэффициенты, принимаемые для данного компонента загрязнения для инжекторных автомобилей с бензиновым двигателем

$G_{ид}$ – средний эксплуатационный расход топлива для данного типа (марки) дизельных автомобилей

N_d – расчетная перспективная интенсивность движения каждого выделенного типа дизельных автомобилей

$K_{ид}$ – коэффициенты, принимаемые для данного компонента загрязнения для дизельных автомобилей

L – расчетная длина участка для которого рассчитывается выброс

$$q = \frac{L}{3600} \times \sum_1^k M_{ki}^n \times G_k \times r_{V_k}$$

где M_{ki}^n – пробеговый выброс

G_k – фактическая наибольшая интенсивность движения

r_{V_k} – поправочный коэффициент, учитывающий скорость движения

Сопоставление результатов, полученных по предлагаемой и существующим методикам показано на рисунке 1.

Первое уравнение представляет собой преобразованный вариант наиболее часто используемой зависимости [5] (на рисунке обозначено как методика А). Второе уравнение представляет собой преобразованный вариант регламентированной расчетной методики [2] (на рисунке обозначено как методика В). В качестве сравнения использованы [4] (на рисунке обозначена как методика С) и [3] (на рисунке обозначена как методика D).

Предлагаемая модель представляет собой результат суммирования значений выбросов, вычисленных по двум уравнениям. Перед каждым из этих уравнений находятся коэффициенты, подобранные таким образом, чтобы их сумма была равна единице. Значения коэффициентов подбираются для каждого типа автотранспортных средств и каждого загрязнителя таким образом, чтобы полученные по модели данные отличались от результатов, полученных со станции мониторинга не более чем на 5%. Среднее отклонение модельных данных, от данных мониторинга составило 4,74%.

Также данные полученные при помощи предлагаемой модели сравниваются с результатами расчетов в программном продукте COPERT. COPERT – это программное средство, используемое для подготовки официальных кадастров выбросов автомобильным транспортом в странах - членах ЕЭЗ. Однако допускается применение данного программного продукта к научным и академическим приложениям.

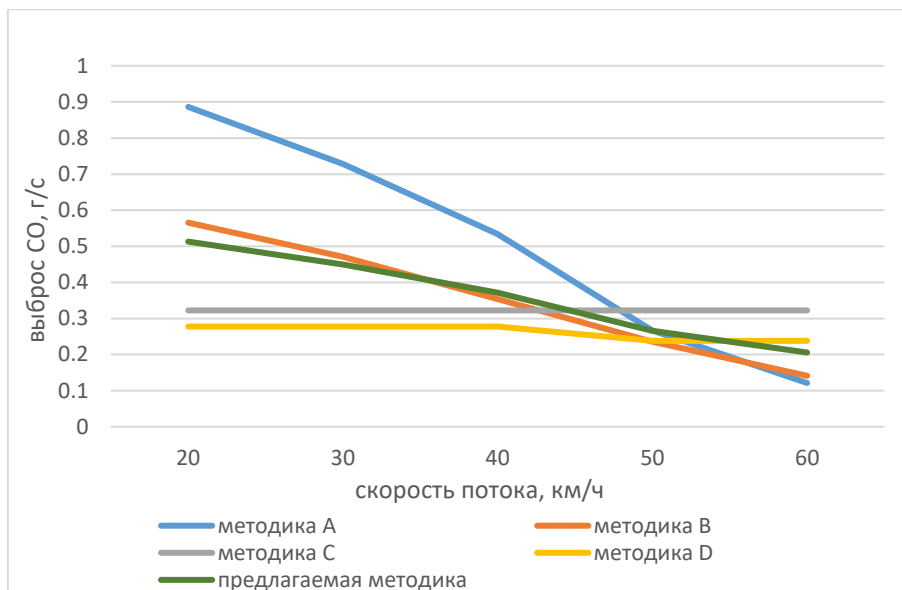


Рисунок 1 – Сопоставление результатов, полученных по предлагаемой и существующим методикам

Расчет в программе COPERT выполнялся для режима движения автотранспортных средств с постоянной скоростью. Расчеты были произведены для структуры автомобильного потока, идентичного моделированию при значениях скоростей 20, 30, 40, 50 и 60 км/ч. Среднее отклонение модельных данных, от данных полученных при расчете в программе COPERT составило 4,59%.

Таким образом, сравнение данных полученных при помощи предложенной модели с данными, полученными от поста мониторинга атмосферного воздуха и данными полученными при выполнении расчетов в программном продукте COPERT показывает довольно высокий уровень сходимости данных, получаемых при помощи модели.

Литература:

1. Ложкина О.В. Мешалкина М.Н. Совершенствование методов контроля воздействия автотранспорта на качество среды обитания // Техно-технологические проблемы сервиса. 2022. - №1. - С. 13-18

2. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения городов. - СПб.: НИИ Атмосфера, 1999. –16 с.

3. Методика расчетов выбросов в атмосферу загрязняющих веществ автотранспортом на городских магистралях. - М.: Изд-во Минтранспорта РФ, 1997. - 55 с.

4. Методика определения массы выбросов загрязняющих веществ автомобильными средствами в атмосферный воздух. - М.: Гос. НИИ автомобильный транспорт (НИИАТ), 1993. - 22 с.

5. Рекомендации по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов. - М., 1995. - 124с.

6. Сорокин Н.Д. Проект программы создания системы автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ // Справочник эколога. 2022. - № 11(119). - С. 65-74.

7. Хаширова Т.Ю., Акбашева Г.А., Шакова О.А., Акбашева Е.А. Моделирование загрязненности атмосферного воздуха // Фундаментальные исследования. М., 2017. № 8–2. С. 325–330.

УДК 504.5.631.476

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ И ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ

Хандалова А. А., Гринчик О. В., студенты

Научный руководитель Кляусова Ю. В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье рассматривается важность экологического мониторинга в выявлении и предотвращении природных катастроф. Также обсуждаются стратегии защиты населения, включая планирование эвакуации и программы обучения, которые способствуют повышению готовности граждан к реагированию на стихийные бедствия. Подчеркивается необходимость интеграции методов сбора и анализа данных, а также сотрудничества между государственными органами, научными учреждениями и населением для создания безопасной среды.

Ключевые слова: экологический мониторинг, природные катастрофы, системы раннего оповещения, защита населения, информирование населения, техногенные риски, сотрудничество.

Введение. Современные вызовы, стоящие перед человечеством, требуют от нас эффективных инструментов для защиты населения и предотвращения природных катастроф. Одним из ключевых механизмов, способствующих снижению рисков и предотвращению бедствий, является экологический мониторинг. В данном докладе мы рассмотрим, что такое экологический мониторинг, его основные методы и значимость для предупреждения природных катастроф и защиты населения.

Понятие и цели экологического мониторинга

Экологический мониторинг — это систематическое наблюдение за состоянием окружающей среды, его компонентами и процессами с целью

выявления изменений, оценки их последствий и разработки мер по предотвращению негативных воздействий. Он включает в себя сбор, анализ и интерпретацию данных о состоянии экосистем, климатических изменениях, загрязнении окружающей среды и других факторах, которые могут привести к природным катастрофам [1].

Цели экологического мониторинга:

- Оценка состояния окружающей среды.
- Выявление и анализ изменений в экосистемах.
- Прогнозирование природных катастроф.
- Разработка рекомендаций по охране окружающей среды.

Методы экологического мониторинга

Существует множество методов экологического мониторинга, которые можно классифицировать на несколько категорий [2]:

Полевые исследования:

Включают в себя регулярные наблюдения за состоянием экосистем, сбор проб воды, почвы и воздуха для лабораторного анализа.

Пример: регулярный мониторинг качества воды в реках и озерах позволяет выявлять загрязнения и оценивать состояние водных ресурсов. Например, в России проводятся исследования на реках Волга и Дон, где фиксируются уровни загрязнения фосфатами и нитратами.

Пример: В Беларуси осуществляется мониторинг качества воды в реках Днепр, Западная Двина и Неман. Например, в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды РБ регулярно фиксируются уровни загрязнения тяжелыми металлами и биогенными веществами.

Дистанционное зондирование:

Использование спутниковых технологий для получения данных о состоянии земельных ресурсов, растительности и климатических условиях [3].

Пример: спутники Sentinel-2 Европейского космического агентства предоставляют данные о состоянии растительности, что позволяет отслеживать изменения в экосистемах и предсказывать возможные пожары или другие природные катастрофы.

Пример: В Беларуси используются спутниковые данные Sentinel-2 и Landsat для оценки состояния лесных массивов Беловежской пушчи и Полесского государственного радиационно-экологического заповедника. Это помогает отслеживать динамику растительности и выявлять незаконные вырубки [4].

Моделирование:

Применение математических моделей для прогнозирования изменений в экосистемах и оценки рисков природных катастроф.

Пример: модели численного прогноза погоды (например, модели GFS) используются для предсказания экстремальных погодных условий, таких как ураганы или сильные дожди, что позволяет заранее предупредить население.

Пример: В Беларуси используется система прогнозирования загрязнения воздуха, основанная на данных Гидромета. Например, математические модели позволяют предсказывать распространение загрязняющих веществ из промышленных районов, таких как Новополоцк и Солигорск.

Информационные системы:

Создание баз данных и геоинформационных систем (ГИС), которые позволяют интегрировать и визуализировать данные мониторинга.

Пример: ГИС-платформы используются для отображения зон риска наводнений, что помогает местным властям в планировании эвакуации и распределении ресурсов.

Роль экологического мониторинга в предупреждении природных катастроф

Экологический мониторинг играет критическую роль в предупреждении различных природных катастроф. Рассмотрим несколько примеров:

Наводнения:

Системы мониторинга уровня рек и осадков позволяют предсказывать возможные наводнения. Использование гидрометеорологических данных в сочетании с моделированием потоков воды помогает заранее оповестить население о возможной угрозе [1].

Пример: В Нидерландах используется система мониторинга уровня воды в реках и каналов, которая позволяет заранее определять риски наводнений и своевременно информировать жителей.

Пример: В Беларуси регулярно ведется мониторинг уровня воды в реках Припять, Неман и Западная Двина. В период весеннего паводка Гидрометцентр Республики Беларусь анализирует данные о количестве осадков и снежном покрове, чтобы спрогнозировать возможные подтопления, особенно в Полесье.

Лесные пожары:

Мониторинг состояния лесов и климатических условий (температура, влажность) позволяет выявлять зоны повышенного риска возникновения пожаров. Дистанционное зондирование помогает оперативно обнаруживать очаги возгораний [2].

Пример: В Австралии используются спутниковые технологии для мониторинга лесных массивов, что позволяет быстро реагировать на возникновение пожаров. В 2020 году благодаря таким системам удалось оперативно локализовать несколько крупных возгораний.

Пример: В Беларуси для предупреждения лесных пожаров используются данные дистанционного зондирования, в том числе спутниковые снимки системы Sentinel-2. В летний период ведется усиленный контроль в таких лесных массивах, как Беловежская пуца и Национальный парк «Браславские озера», где высок риск возгораний из-за засухи [5].

Землетрясения:

Хотя предсказать точное время и место землетрясения невозможно, мониторинг сейсмической активности позволяет выявлять зоны с высокой вероятностью землетрясений и разрабатывать меры по защите населения.

Пример: В Японии действует разветвленная сеть сейсмометров, которая отслеживает активность тектонических плит. Это позволяет заранее предупредить население о возможных землетрясениях.

Пример: Беларусь не относится к сейсмоактивным регионам, однако в Гродненской и Брестской областях периодически фиксируются слабые подземные толчки, связанные с тектонической активностью соседних регионов. В Минске действует сейсмологическая станция, которая отслеживает возможные колебания земной коры и ведет наблюдения за геофизической обстановкой [4].

Защита населения через экологический мониторинг

Экологический мониторинг не только предупреждает о возможных катастрофах, но и способствует разработке стратегий по защите населения:

Информирование населения [6]:

Создание систем раннего оповещения и информирования граждан о потенциальных угрозах позволяет значительно снизить риски и обеспечить безопасность.

Пример: В США существует система оповещения о стихийных бедствиях (Wireless Emergency Alerts), которая информирует граждан о надвигающихся ураганах или торнадо через мобильные телефоны.

Пример: В Беларуси действует система оповещения о чрезвычайных ситуациях, включающая SMS-рассылки, радиовещание и телевещание. Например, во время сильных ураганов или паводков Министерство по чрезвычайным ситуациям (МЧС) рассылает экстренные предупреждения через мобильных операторов, информируя граждан о возможных угрозах.

Планирование эвакуации:

На основе данных мониторинга разрабатываются планы эвакуации для населения в зонах риска, что позволяет минимизировать потери в случае катастрофы [7].

Пример: В городах с высоким риском наводнений (например, Новая Орлеан) разработаны детализированные планы эвакуации, основанные на данных о уровнях воды и прогнозах погоды.

Пример: В Беларуси существуют планы эвакуации для населенных пунктов, расположенных вблизи зон возможных подтоплений, например, в поймах рек Припять и Сож. В Брестской области регулярно проводятся тренировки по эвакуации населения в случае угрозы паводка.

Образование и подготовка:

Программы по обучению населения основам безопасности при природных катастрофах помогают людям лучше реагировать на угрозы.

Пример: В Японии проводятся регулярные учения по эвакуации и обучающие программы для населения о том, как действовать во время землетрясений.

Пример: В Беларуси регулярно проводятся учения по гражданской обороне, в том числе по действиям при природных катастрофах. В школах и организациях проводятся тренировки по эвакуации при пожарах и подтоплениях. МЧС также организует информационные кампании, обучая граждан правильным действиям в случае возникновения ЧС.

Заключение

Экологический мониторинг является важнейшим инструментом в системе защиты населения от природных катастроф. Его эффективность зависит от интеграции различных методов сбора и анализа данных, а также от готовности общества к восприятию информации о рисках. Для успешного применения экологического мониторинга необходимо сотрудничество между государственными органами, научными учреждениями и населением. Только совместными усилиями возможно создать безопасную среду для жизни и минимизировать последствия природных катастроф.

Литература:

1. Баранов, А. И., Сидоров, П. В. (2020). Экологический мониторинг: теория и практика. Москва: Наука.
2. Иванова, Е. Н. (2019). Природные катастрофы и методы их прогнозирования. Санкт-Петербург: Издательство СПбГУ.
3. Смирнов, В. А., Кузнецова, Т. В. (2021). Роль дистанционного зондирования в экологическом мониторинге. Экология и жизнь, 12(3), 45-52.
4. Картирование поврежденных лесных насаждений и объектов лесохозяйственных мероприятий с использованием материалов космической съемки и ГИС-технологий // Электронная библиотека БГТУ. – 2022. – [Электронный ресурс]. – <https://elib.belstu.by/handle/123456789/24538>
5. Геоинформационное картографирование последствий лесных пожаров по данным спутников «Sentinel-2» и «Landsat-8» // Журналы БГУ. – 2023. – [Электронный ресурс]. – <https://journals.bsu.by/index.php/geography/article/view/6393>
6. European Space Agency. (2021). Sentinel-2 User Handbook.
7. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2020). Wireless Emergency Alerts (WEA).

ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И ЛЕСНЫХ ЗЕМЕЛЬ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Хлывнюк А.Р., магистрант

Научный руководитель Мешик О.П.

УО «Брестский государственный технический университет», Беларусь

В статье рассматривается распределение и динамика изменения сельскохозяйственных и лесных земель в Республике Беларусь. Анализируются ключевые факторы, влияющие на трансформацию земельных ресурсов.

Ключевые слова: земельные ресурсы, сельскохозяйственные земли, лесные земли.

В структуре земельных ресурсов Республики Беларусь по видам земель преобладают лесные и сельскохозяйственные земли, доля площади которых составляет соответственно 43,5 % и 38,7 % (рисунок 1) [1].



Рисунок 1 – Состав и структура земельных ресурсов
Республики Беларусь по видам земель, %

В республике большинство земель используется в сельскохозяйственных целях. На долю сельскохозяйственных организаций приходится 8672,1 тыс. га земель, что составляет 41,8 % от их общей площади. Организации, занимающиеся лесным хозяйством, занимают 8880,8 тыс. га земель, что составляет 42,8 %. Данные показатели свидетельствуют об устойчивом развитии государства, так как развитие сельского хозяйства определяет продовольственную безопасность страны, а лесохозяйственная деятельность обеспечивает деревообрабатывающие предприятия лесорастительными ресурсами и строительными материалами соответствующую отрасль экономики в необходимом объеме.

В динамике земельных ресурсов по типам угодий (рисунок 2) наблюдается устойчивая многолетняя тенденция: сокращение площади земель, используемых в сельском хозяйстве, и увеличение площади лесных угодий и земель, занятых древесно-кустарниковой растительностью [1].

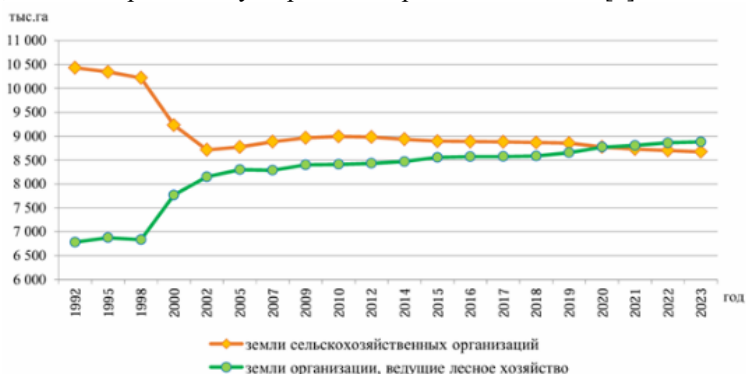


Рисунок 2 – Динамика площади земель сельскохозяйственных организаций и земель организации, ведущие лесное хозяйство

Процесс уменьшения сельскохозяйственных земель обусловлен в основном переводом малопродуктивных земель в категории, не предназначенные для сельскохозяйственного использования. Кроме того, происходит изъятие земель сельскохозяйственного назначения для иных целей. Если еще в 90-х годах прошлого века разница между землями организаций, ведущих лесное и сельское хозяйство составляла около 3800 тыс.га в пользу последних, то в начале 2020 годов эти площади сравнялись. Только за последние 30 лет лесистость территории Беларуси увеличилась на 8 %.

На построенной нами карте (рисунок 3) изображена доля сельскохозяйственных земель, которая иллюстрирует распределение и использование земельных ресурсов по регионам республики. На карте видны районы, где наибольшая доля сельскохозяйственных земель (более 60 %) сосредоточена в Несвижском, Копыльском, Зельвенском, Кореличском, Горецком, Берестовицком, Шкловском, Слуцком, Мстиславском, Жабинковском и Вороновском районах. Эти районы специализируются в основном на выращивании сахарной свеклы, зерновых культур, картофеля и льна. Несвижский район является одним из крупнейших производителей сельскохозяйственной продукции в Минской области, доля сельскохозяйственных земель составляет около 70 % от общей площади района. Район специализируется на выращивании зерновых культур, сахарной свеклы и кормов для скота. Благодаря благоприятным климатическим условиям и современным агротехнологиям, район демонстрирует высокие показатели урожайности зерновых и зернобобовых культур.

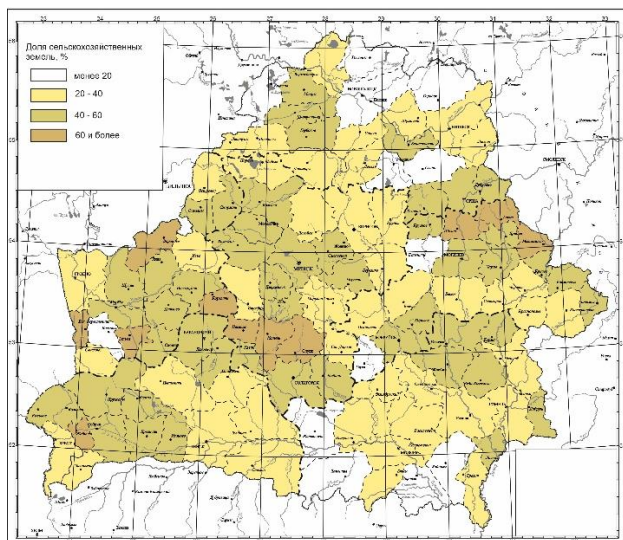


Рисунок 3 – Доля сельскохозяйственных земель, %

Согласно данным государственного лесного кадастра, площадь земель лесного фонда Республики, покрытых лесными насаждениями, составляет 8351,9 тыс. га. В структуре лесного фонда доминируют хвойные древостои.

Увеличение площади лесных угодий и территорий, покрытых древесно-кустарниковой растительностью, обусловлено благоприятными природными факторами, способствующими естественному произрастанию деревьев и кустарников. Также это связано с долгосрочной стратегией государства, направленной на озеленение песчаных участков, неиспользуемых земель и низкокачественных сельскохозяйственных угодий, а также на развитие лесного хозяйства в целом.

Лесные массивы на территории Республики Беларусь распределены неравномерно. Наибольшая лесистость наблюдается в Гомельской области, где данный показатель составляет 46,9 %. Наименьшая лесистость – в Гродненской области (36,0 %) и Брестской области (36,6 %). Для более наглядного представления на построенной нами карте (рисунок 4) показано распределение лесных земель в Беларуси. Наибольшая доля лесных земель сосредоточена в Наровлянском, Россонском, Лельчицком, Хойникском, Ельском, Осиповичском, Кличевском, Октябрьском и Ганцевичском районах (более 60 %).

На территории Наровлянского района сосредоточено 98,4 % лесного фонда. Преобладающими лесообразующими породами в данном регионе являются сосна обыкновенная, берёза повислая, дуб черешчатый и ольха чёрная. Лесной фонд Наровлянского района характеризуется наличием средне-

и крупноконтурных массивов, что создаёт благоприятные условия для формирования биологического разнообразия флоры и фауны.

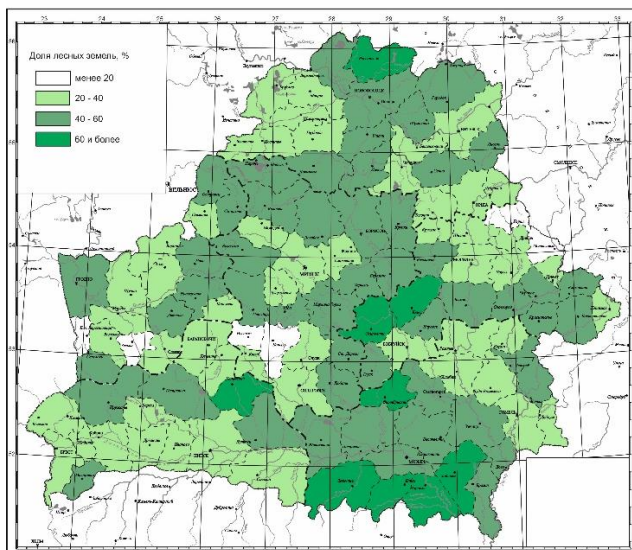


Рисунок 4 – Доля лесных земель, %

В итоге необходимо сказать, что в последние годы в Республике Беларусь наблюдается явная тенденция к уменьшению площади сельскохозяйственных земель и увеличению лесных земель. Это изменение происходит также в значительной степени за счет естественного зарастания неиспользуемых сельскохозяйственных угодий, что является следствием различных факторов. Такое перераспределение земельных ресурсов может иметь как положительные, так и отрицательные последствия. С одной стороны, увеличение лесных земель способствует улучшению экологической ситуации, повышению биологического разнообразия и улучшению качества воздуха. С другой стороны, сокращение площадей сельскохозяйственных угодий может негативно сказаться на продовольственной безопасности страны. Таким образом, важно находить баланс между сохранением природных экосистем и обеспечением продовольственной безопасности.

Литература:

1. Мониторинг земель// Главный информационно-аналитический центр Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь. – <https://www.nsmos.by/sites/default/files/2024-06/1-monitoring-zemel.pdf> (Дата обращения: 10.03.2025).

ЭКОЛОГИЧНЫЕ МЕТОДЫ ДУБЛЕНИЯ КОЖИ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО И СИНТЕТИЧЕСКОГО СЫРЬЯ

**Храповицкая М.С., учащийся, УО «Национальный детский технопарк»
Научный руководитель Леонкова Д.С.
Белорусский государственный университет, Беларусь**

В работе усовершенствованы известные методы растительного и титанового дубления, которые ранее не применялись на предприятиях кожевенного производства в Республике Беларусь. Описанные способы позволяют получить образцы, которые соответствует ГОСТам о качестве кожи, а также они являются экологически безопасными для окружающей среды.

Ключевые слова: дубление; дубильные вещества; титановое дубление, растительное дубление, кожа.

В Республике Беларусь функционирует 4 предприятия кожевенной промышленности. В качестве основного реагента используются соединения трёхвалентного хрома, которые являются эффективными и дешёвыми, но токсичными для окружающей среды, загрязняя сточные воды и остатки кожи, что делает невозможным переработку отходов кожевенного производства [1].

Таким образом, разработка экологичных методов дубления на основе растительного и синтетического сырья является актуальной научной задачей, которая поспособствует развитию кожевенного производства.

Одними из альтернативных методов дубления является растительное и титановое дубление. Принцип растительного дубления заключается во взаимодействии подготовленной кожи с таннинами, содержащимися в растительном сырье. Мы использовали в качестве растительного сырья кору дуба и ивы, так как они являются отходами на предприятиях фармацевтической и деревообрабатывающей промышленности. Принцип титанового дубления заключается во взаимодействии подготовленной кожи с ионами титана(III). Ранее данный вид дубления рассматривался лишь с применением титанилсульфата [2]. На территории Республики Беларусь функционирует множество предприятий, отходами которых является губка титана.

Подготовительный процесс состоит из нескольких стадий: отмачивание, золение, обеззоливание и пикелевание. Во время отмачивания из кожи вымываются все лишние соли, применяемые для её консервации. Далее идёт стадия золения, где необходимо избавиться от волосяного покрова и обесцветить кожу. Обеззоливание проводят, чтобы нейтрализовать реагенты, используемые на стадии золения. Пикелевание используется для размягчения и разрыхления волокон кожи, для лучшего проникновения дубящих веществ в толщу дермы и связывания с коллагеном кожи [3]. Распространёнными реагентами для обеззоливания и пикелевания является

соляная и серная кислоты. Для зольения невозможно заменить неорганические реагенты на органические и безопасные, в отличие от обеззоливания и пикелевания, где можно найти альтернативу из органических и экологически безопасных соединений.

На первых этапах образцы подготовленной кожи отмачивались в течение суток. Далее были помещены в раствор негашеной извести, где прошёл процесс зольения. Масса негашеной извести составляла 10% от массы голья. По прошествии 10 суток со шкурок были сняты волоски и с помощью ножа срезаны лишняя кожа и жир.

На стадиях обеззоливания и пикелевания мы заменили серную и соляную кислоты на молочную кислоту. Молочная кислота - является органической кислотой, которая обладает природными антимикробными свойствами, является безопасной для человека и окружающей среды.

Посредством промывания под проточной водой и обработки слабокислым раствором молочной кислоты было произведено обеззоливание образцов, что прекратило процесс зольения. Далее шкурки помещались в раствор хлорида натрия и молочной кислоты с концентрацией 50 и 20 г/см³ соответственно и температурой 35 °С. Образцы кожи находились в приготовленном растворе в течение 16 часов. Заключительным этапом подготовительного процесса является пролежка в течение 24 часов.

Для растительного дубления использовали измельчённую кору дуба, ивы, предварительно замачивая их в воде и смешивая с 55 граммами хлорида натрия. Растворы кипятились в течение 20 минут, и затем отфильтровывались. Образцы помещались в охлаждённый до комнатной температуры раствор, чтобы не испортить кожу. Процесс дубления продолжался на протяжении 3,5 недели.

Для титанового дубления гольё помещали в ёмкость, наливали воду с температурой 23-26°С. Затем вводили титановый дубитель, титанилсульфат (III), при его расходе 20-30% от массы голья (4-6% в пересчёте на диоксид титана), сульфат аммония в количестве 4-6% от массы голья и комплексообразующий агент, молочную кислоту 0,5-2,0% от массы голья. Дубление продолжалось в течение 18-20 часов.

Для сравнения с образцами растительного и титанового дубления проводилось хромовое дубление по известным методикам [4]. В качестве дубящего соединения хрома использовали его хлорид с концентрацией 150-170 г/дм³. Объём пикеля должен быть равен объёму раствора солей хрома. Через 3-4 часа после начала дубления при полном прокрасе среза (голубо-зелёный цвет) заливается 5-10% раствор карбоната натрия в количестве 0,3% от массы сырья. Раствор заливается медленно, чтобы не произошло отложения гидроксида хрома на лицевой поверхности шкурок. Через 6-8 часов определяют продубленность кожи. Весь процесс длится не более суток.

После дубления следовала пролежка в течение суток, крашение посредством отмачивания в отварах красящих растений, жиrowание с помощью жировочной смеси на основе глицерина и яичного желтка и сушка образцов.

Полученные образцы были проверены на соответствие ГОСТам об отдушистости, хрупкости и ломкости [5, 6], о содержании золы, водовымываемых веществ и рН хлоркаалиевой вытяжки [7,8,9]. Результаты отображены в сравнительных таблицах (Табл. 1-3).

Таблица 1 – Сравнение полученной массы золы с допустимыми значениями.

Образцы	Массовая доля золы, %	Допустимая доля, %, не более
Растительное дубление (ива)	0,22	0,6
Растительное дубление (зелёный чай)	0,26	
Хромовое дубление	0,5	
Титановое дубление	0,46	

Таблица 2 – Сравнения полученных долей общих, неорганических и органических водовымываемых веществ с допустимыми значениями.

Образцы	Доля неорганических водовымываемых в-в, %	Доля органических водовымываемых в-в, %	Допустимое кол-во общих водовымываемых в-в, %, не более
Растительное дубление (ива)	0,08	0,20	4,0
Растительное дубление (зелёный чай)	0,13	0,24	
Хромовое дубление	0,27	0,01	
Титановое дубление	1,0	1,38	

Таблица 3 – Сравнение водородного показателя полученных образцов с допустимыми значениями.

Образцы	Значения рН	Допустимые значения рН
Растительное дубление (ива)	4,94	4,0-5,0
Растительное дубление (зелёный чай)	4,82	
Хромовое дубление	4,07	
Титановое дубление	3,60	

Сделаем вывод, что полученные образцы кожи полностью соответствует предъявляемым требованиям.

Литература:

1. Кравченя Г.Н. Направления и возможности переработки отходов кожевенного производства / Г.Н. Кравченя, Е.И. Кордикова, А.В. Спиглазов // Труды БГУ - выпуск 2, №2- 2017 - с. 220-226.
2. Sharphouse J.H. Studies on the fixation of titanium straight and combination tanning systems – PART V / J.H. Sharphouse // Society of Leather Technologists Chemists- vol. 69, № 2 - 1985 - p. 29-43.
3. Beghetto V. The Leather Industry: A Chemistry Insight Part I: an Overview of the Industrial Process / V. Beghetto, A. Zancanaro, A. Scrivantia, U. Matteolia, G. Pozzab // Edizioni Ca' Foscari - vol. 8 - 2013- p. 13-21.
4. Covington A.D. Tanning Chemistry. The Science of Leather / A.D. Covington - Cambridge, RSC Publishing - 2009 - p. 483.
5. Кожа / Методы испытания на отдушистость: межгосударственный стандарт ГОСТ 938.31-78 - СССР, комитет по стандартам СССР - 1980 - с. 133.
6. Кожа / Методы испытания на ломкость и хрупкость: межгосударственный стандарт ГОСТ 938.30-78 - СССР, комитет по стандартам СССР - 1979 - с. 128.
7. Кожа / Метод определения содержания золы: межгосударственный стандарт ГОСТ 938.2-67 - СССР, комитет по стандартам СССР - 1967 - с. 38.
8. Кожа / Метод определения водовываемых веществ: межгосударственный стандарт ГОСТ 938.6-68 - СССР, комитет по стандартам СССР - 1986 - с. 52.
9. Кожа / Метод определения pH хлоркалевой вытяжки: межгосударственный стандарт ГОСТ 938.8-69 - СССР, комитет по стандартам СССР - 1969 - с. 62.

УДК 621.311.25

ВНЕДРЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Хританьков М.Р., студент

Научный руководитель Кляусова Ю.В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Статья посвящена вопросам устойчивого развития, в частности, поиску баланса между использованием природных ресурсов для социально-экономического прогресса и сохранением экосистем. Рассматриваются основные виды возобновляемых источников энергии ВИЭ, такие как ветроэнергетика и солнечная энергетика, их потенциал и преимущества.

Ключевые слова: устойчивое развитие, энергетика, энергоэффективность, ветроэнергетика, солнечная энергетика.

Основой устойчивого развития является поиск и нахождения баланса между использованием природных ресурсов для социально-экономического прогресса и сохранением экосистем, которые играют важнейшую роль в благополучии и жизнеобеспечении людей. Достижение такого баланса — сложная задача, не имеющая простых решений. Однако важно понимать, как экологические системы поддерживают жизнедеятельность человека, а также кто выигрывает или теряет в результате изменений, вызванных вмешательством в процессы развития. Игнорирование экологических аспектов приведет к ухудшению состояния окружающей среды и нарушит гармонию взаимодействия человека с природой. Кроме того, с экономической точки зрения, проекты, учитывающие природные закономерности, оказываются более успешными по сравнению с теми, где экологические последствия не принимаются во внимание.

Изменения в экологической сфере для поддержки социально-экономического развития необходимы, но как их реализовать, уменьшив негативное воздействие на природу? Решение заключается в трансформации ключевых экономических отраслей, которые в рамках устойчивого развития должны адаптироваться с учетом экологических требований. Одним из примеров таких отраслей является энергетика, где в контексте устойчивого развития акцент смещается в сторону энергосбережения [1].

В наше время наиболее важными задачами считается повышение энергоэффективности для обеспечения устойчивого развития Беларуси. Это связано с высоким уровне энергоемкости производств во всех главных секторах экономики. Снижение энергоемкости производств является важным пунктом в сохранении восполняемых ископаемых природных ресурсов, улучшение экологической ситуации и повышения качества жизни. Для решения этих вопросов можно посмотреть на опыт других стран. Если в Беларуси процент возобновляемых источников энергии составляет 8-10 %, то, например в Ирландии 70 %. Основными примерами возобновляемыми источниками энергии являются ветроэлектростанции, солнечные батареи, гидроэнергия и т.д. В Ирландии ветреная энергетика составляет 32 % от общей энергетической системы, но надо учитывать, что скорость ветров в Ирландии в 2 и более раз больше, чем в Беларуси (рисунок 1) [2].

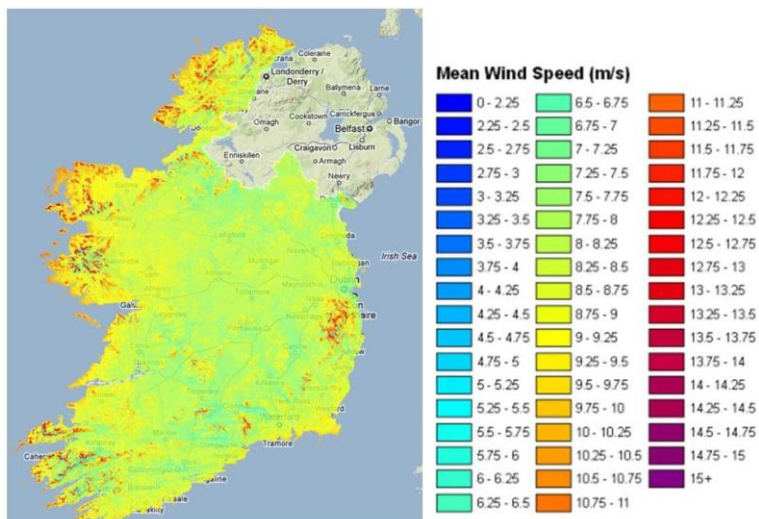


Рисунок 1 – Скорость ветров в Ирландии

В Беларуси имеется 112 ветроэнергетических установок мощностью 127,4 МВт. Если посмотреть карту скорости ветров в Беларуси (рисунок 2), то наиболее благоприятные области для установки ветроэнергетических установок являются Гродненская, Минская и Могилевская. На данный момент наибольшее количество ветроэнергетических установок находится в Могилевской области, а самая мощная в Витебской. Для развития ветроэнергетики государство в 2015 начало закупать электроэнергию с ветроэнергетических установок с коэффициентом 1,3, что стимулировало людей активно искать места для установки ветроэнергетических установок и вкладывать средства для их строительства, монтажа и обслуживания. Данная инициатива помогла обнаружить потенциальных 1800 площадок для ветроэнергетических установок [3].

Также одним из основных пунктов в развитии возобновляемых источников энергии является солнечная энергетика. Наше государство в 2015 начало стимулировать развитие солнечной энергетике и сделало коэффициент закупа энергии от солнечных батарей равным 3. Главными преимуществами солнечной энергии являются: абсолютная неисчерпаемость, гарантированная самой природой. В Беларуси количество ясных дней колеблется от 30 до 40 дней зависит от местности. Общее солнечное сияние продолжается где-то 1800 часов в году, половину времени приходится на май, июнь и июль.

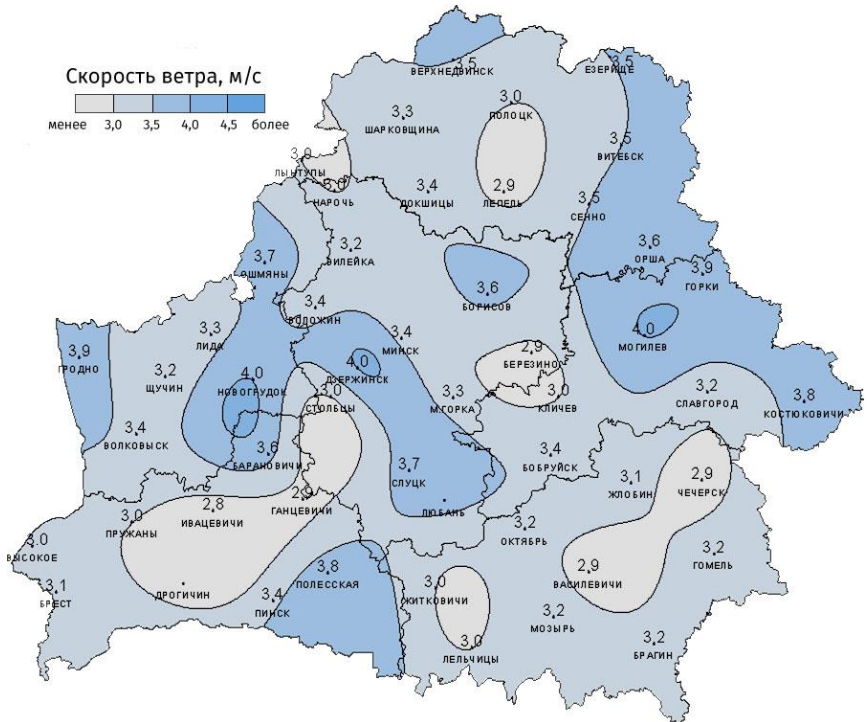


Рисунок 2 – Скорость ветров в Беларуси

Несмотря на такое небольшое количество солнечных дней перспективы для солнечной энергетики в нашей стране имеются. Даже в облачную погоду солнечные батареи поглощают достаточное количество солнечных лучей чтобы вырабатывать энергию. В пример можно привести Солар II- крупнейшая в Беларуси солнечная электростанция. Солнечная электростанция занимает площадь более 41 гектара и состоит из примерно 84 164 солнечных панелей. Она расположена в деревне Соболи на юге Беларуси, в Брагинском районе, который является самым южным районом страны. Фотоэлектрические модули соединены 730 километрами кабеля. Для преобразования постоянного тока установлено 617 инверторов с напряжением 0,4 кВ. Десять трансформаторных подстанций повышают напряжение до 20 кВ. Единственный трансформатор компании Siemens увеличивает напряжение до 110 кВ и передаёт электроэнергию по линии протяжённостью 4,5 км, которая заканчивается высоковольтной подстанцией «Брагин» [4].

Ключевой особенностью этой электростанции является её расположение на территории, пострадавшей от аварии на Чернобыльской АЭС. Таким

образом, земли, малопригодные для сельского хозяйства, становятся полезными для производства электроэнергии.

К сожалению, нельзя резко перевести всю энергетику на возобновляемые источники энергии, ведь это требует преобразование всей энергетической системы, но можно делать постепенные шаги в развитии данной сферы, и брать пример из других стран которые более продвинулись в данной сфере.

Литература:

1. Renewable Energy Support Policies in Europe. Climate policy info hub URL: climatepolicyinfohub.eu/renewable-energy-support-policies-europe (date accessed: 10.03.2025).

2. Электроэнергетика Беларуси: https://ru.wikipedia.org/wiki/Электроэнергетика_Беларуси (дата обращения 10.03.2025).

3. Ветроэнергетика Беларуси: состояние и перспективы развития: https://energobelarus.by/articles/alternativnaya_energetika/vetroenergetika_belarusi_sostoyanie_i_perspektivy_razvitiya/ (дата обращения 10.03.2025).

4. Солнечная энергетика в Беларуси: https://energobelarus.by/articles/alternativnaya_energetika/kak_v_belarusi_razvivayetsya_solnechnaya_energetika/ (дата обращения 10.03.2025).

УДК 621.313

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСАДКА БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Хролович Д.М., магистрант

Научный руководитель Кляусова Ю.В.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье приводятся различные варианты использования осадка биогазовых установок (дигестата) в качестве сырья для улучшения развития сельского хозяйства, так же рассматриваются недостатки и преимущества данных вариантов использования.

Ключевые слова: дигестат, сельское хозяйство, биоудобрения, биосурфактанты, биопестициды.

В современном мире сельское хозяйство сталкивается с рядом различных проблем, включая ухудшение качества почв, рост населения и растущую потребность в устойчивых и экологически безопасных методах ведения аграрного производства. Перспективным решением этих проблем является использование органических отходов в качестве сырья для производства

биоудобрений, биосурфактантов и биопестицидов. В частности, биоудобрения из дигестата и различные биопродукты на его основе открывают новые горизонты для устойчивого развития сельского хозяйства. Это способствует повышению урожайности и улучшению состояния экосистемы. Однако, несмотря на многообещающие перспективы, использование этих продуктов связано с рядом проблем и ограничений, которые требуют дальнейшего исследования и разработки технологий.

Одним из ключевых направлений в агрономии является использование биоудобрений, полученных из органических отходов. Дигестат является продуктом биогазового производства [1]. Он представляет собой источник богатых питательных веществ (азот, фосфор и калий), которые необходимы растениям для роста и развития. Биоудобрения не увеличивают содержание нитратов в продуктах и почве, поддерживая при этом высокую урожайность. После сбраживания содержание питательных веществ в дигестате увеличивается на 15 % по сравнению со свежим навозом или птичьим пометом. При этом в полученном удобрении отсутствуют гельминты и болезнетворные бактерии, семена сорных трав [1]. Однако, несмотря на его многочисленные преимущества, такие как снижение загрязнения окружающей среды и улучшение структуры почвы, использование дигестата в качестве удобрения сопровождается рядом проблем.

Первая проблема заключается в высоком содержании аммиака и других азотистых соединений в некоторых видах дигестата. Высокая концентрация аммиака в удобрении может вызвать ожоги на растениях и нарушить их нормальное развитие [2]. Для минимизации этих рисков требуется дополнительная доработка и стабилизация дигестата с целью снижения концентрации вредных веществ.

Еще одной значимой проблемой является неприятный запах. Это может создать неудобства для сельскохозяйственных производителей и ограничить использование таких удобрений вблизи населенных пунктов.

Кроме того, использование биоудобрений из дигестата требует соблюдения стандартов безопасности, так как внесение большого количества дигестата может загрязнить почву и водоемы. Необходимо точно контролировать дозировку удобрений и учитывать особенности конкретных сельскохозяйственных культур.

Несмотря на указанные проблемы, биоудобрения из дигестата имеют значительный потенциал для развития сельского хозяйства. Развитие технологий переработки органических отходов и улучшение методов стабилизации дигестата позволяют существенно повысить эффективность таких удобрений. Кроме того, биоудобрения на основе дигестата улучшают структуру почвы, увеличивая содержание органических веществ и водоудерживающую способность, а также позволяют снизить затраты на

приобретение химических удобрений. Это показывает, что в будущем биоудобрения на основе дигестата могли бы заменить часть неорганических макроэлементных удобрений, используемых в настоящее время по всему миру.

Другим перспективным направлением является производство биосурфактантов из отходов биогазовых установок. Биосурфактанты нашли широкое применение в биоремедиации, сельском хозяйстве, пищевой промышленности и других отраслях [3]. Биосурфактанты представляют собой поверхностно-активные вещества, получаемые с помощью микроорганизмов в процессе их метаболической активности. Использование дигестата в качестве субстрата для производства этих веществ позволяет значительно сократить затраты на производство и уменьшить количество отходов.

Одним из важных направлений является использование биосурфактантов для биоремедиации, особенно для очистки загрязненных водоемов от тяжелых металлов и нефтепродуктов. Биосурфактанты, выделяемые микроорганизмами, имеют способность эмульгировать загрязняющие вещества, улучшая процессы их удаления из окружающей среды.

Производство биопестицидов из отходов биогазовых установок также является перспективной областью. Биопестициды — это природные или синтетически созданные вещества, которые применяются для контроля вредителей и болезней растений. В отличие от химических пестицидов, биопестициды представляют собой более безопасные альтернативы, которые оказывают минимальное влияние на экосистему и полезные организмы.

Основной проблемой при получении биопестицидов из различных сельскохозяйственных отходов является необходимость соблюдения строгих стандартов и норм для регистрации новых пестицидов. Этот процесс может быть длительным и затратным, а также требует постоянных исследований для выявления наиболее эффективных и безопасных компонентов. Однако, несмотря на эти вызовы, использование биопестицидов из отходов представляет собой важное направление для устойчивого сельского хозяйства.

Процесс получения биопестицидов из дигестата включает несколько ключевых этапов. На первом этапе производится сбор и подготовка дигестата, который может быть отфильтрован для удаления крупных частиц и загрязнителей. Далее из дигестата изолируются микроорганизмы, обладающие антагонистическими свойствами против патогенов растений. Изолированные микроорганизмы культивируются для увеличения их численности.

После изоляции активных компонентов, таких как антимикробные или инсектицидные метаболиты, проводится их экстракция с помощью различных методов, таких как центрифугирование и фильтрация. Затем разрабатываются эффективные формулы для биопестицидов, которые проходят испытания на эффективность против различных патогенов и вредителей.

Таким образом, использование отходов биогазовых установок для производства биоудобрений, биосурфактантов и биопестицидов представляет собой перспективное направление для устойчивого развития сельского хозяйства. Преимущества этих продуктов включают снижение загрязнения окружающей среды, повышение урожайности и сокращение использования химических удобрений и пестицидов.

Литература:

1. Иовик Л.Н., Кляусова Ю.В., Цыганова А.А., Бельская Г.В. Агроэкологические аспекты получения и использования органического осадка биогазовых технологий. Земледелие и растениеводство. 2024;(3):29-32.

2. Афанасьев Р.А., Мёрзлая Г.Б. Методические рекомендации по эффективности нетрадиционных органических и органоминеральных удобрений. М.: Агроконсалт, 2000.

3. Рудакова М.А., Галицкая П.Ю., Селивановская С.Ю. Биосурфактанты: современные тренды применения // Экологические науки. 2021. Т. 163, кн. 2. С. 177–208.

УДК 621.355.5

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ГАЛЬВАНИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Шардыко Е.П., магистрант

Научный руководитель Хрипович А.А.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье проведен анализ мероприятий по минимизации гальванического производства на окружающую среду, повторному использованию химических веществ в технологическом процессе нанесения покрытий.

Ключевые слова:

Гальваническое производство, сточные воды, окружающая среда, очистка сточных вод.

Водопотребление – аспект, который влияет на потребление ресурсов. Технологии, применяющиеся на всех этапах производственного процесса, влияют на количество, качество и форму образующихся отходов. В электрохимическом производстве вода используется на хозяйственно-бытовые, противопожарные и технологические нужды [1, 2].

Сточные воды образуются при физико-химической обработке, промывке и охлаждении деталей. Большая часть воды (до 95%) используется на промывные операции, удельный расход зависит от обрабатываемой поверхности.

По содержанию загрязнителей сточные воды гальванического производства относятся к высокоопасным (кадмий, свинец) и опасным веществам (нефтепродукты, поверхностно активные вещества, медь).

В зависимости от основного загрязнителя сточные воды можно разделить на [3]:

- кислотные, образующиеся из кислотных электролитов в результате процессов кислотного травления, гидридной обработки титана, тонирования гальванических покрытий.

- щелочные, образующиеся в результате процессов химического и электрохимического обезжиривания, фосфатирования, химического оксидирования.

- цианосодержащие, образующиеся в результате нанесения цинка, меди, кадмия.

- хромосодержащие, образующиеся в результате хромирования, хроматирования.

- фторидсодержащие, образующиеся в результате травления, оловянирования.

Для уменьшения воздействия на окружающую среду со стороны производственных процессов главным мероприятием является замена высокоопасных веществ в составах растворов и электролитов на менее опасные. Самые опасные электролиты это шестивалентный хром, кадмий, свинец и цианиды. Электроосаждение цинковых сплавов с никелем, кобальтом, железом и оловом из щелочных безцианидных электролитов позволяет получать качественные покрытия и полностью исключить использование цианидов и кадмия в технологическом процессе. Замена хроматирования (покрытие с шестивалентным хромом) на хромирование (покрытие с трехвалентным хромом) снижает токсическую нагрузку на окружающую среду.

Улавливание загрязнителей и повторное использование в технологическом процессе не только снижает поступление поллютантов в гидросферу, но и уменьшает затраты предприятия на реагенты и утилизацию отходов. Чтобы уменьшить концентрацию химических веществ в промывных водах следует установить непроточные ванны улавливания. Электролит возвращается в основную технологическую ванну для восполнения потерь выброса и испарения, при этом загрязненность сточных вод снижается в 2 раза [4]. Размещение в ваннах устройств, позволяющих выделять ионы металлов и анионы солей и возвращать их в технологическую ванну, позволяет снизить в десятки раз нагрузку на очистные сооружения. Чтобы снизить вынос раствора нужно установить наклонные щиты между основной и промывной ванной, а также увеличить время стекания. В результате, вынос электролита снизится до 85%.

Самым распространенным методом очистки гальванических сточных вод стал реагентный способ в сочетании с механическим. Этот метод позволяет перевести соединения металлов в осадок и отделить его от очищенной воды. Современные физико-химические способы очистки позволяют удалять загрязнители из сточных вод более эффективно. Среди таких методов можно выделить биосорбционный (роль сорбента выполняет обработанный активный ил), метод ферроферритизации, электроосаждение тяжелых металлов, обратнoосмотическую ультрафильтрацию, а также выпаривание сточных вод с инфракрасным нагревом.

Литература:

1. Свод правил Внутренний водопровод и канализация зданий : СП 30.13330.2020. – введ. 01.07.2021. – Москва : Росстандарт, 2020. – 96 с.
2. СНиП 31-03-2001 Производственные здания : СП 56.13330.2021. – введ. 27.12.2021. – Москва : Росстандарт, 2021. – 67 с.
3. СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: СП 31.13330.2021; введ. 28.01.2022. – Москва : Росстандарт, 2022. – 203 с.
4. Бюро наилучших доступных технологий - https://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=2280&etkstructure_id=1872- (Дата обращения 10.04.2025)

УДК 504.3.054

РАСЧЕТ ПРИЗЕМНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ КОМПОНЕНТОВ ВЫБРОСОВ, ПОСТУПАЮЩИХ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ОТ АВТОТРАНСПОРТА НА ЛОКАЛЬНОМ УЧАСТКЕ АВТОМАГИСТРАЛИ Г.КАЗАНИ

Шилкина И.А., бакалавр¹

Научный руководитель¹ Шагидуллин А.Р.,²

¹ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» (г. Казань, Россия)

²Институт проблем экологии и недропользования. Академии наук Республики Татарстан

В настоящей статье приведены результаты расчета уровней загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта на ул. Островского в г.Казань. Проведены расчеты ожидаемых максимальных разовых концентраций компонентов выбросов в зоне действия автомагистрали.

Ключевые слова: автотранспорт, выбросы в атмосферу, компоненты, максимальная разовая концентрация.

На сегодняшний день на территории большинства крупных городов, для которых основной объем выбросов приходится на передвижные источники загрязнения (объем выбросов достигает 80%) не проводятся систематические наблюдения за качеством воздуха в районе действия автомагистралей. Данные стационарных постов наблюдения не позволяют выделить вклад автотранспортной составляющей в формируемый уровень загрязнения. Необходимость регулярных исследований содержания компонентов выбросов от автотранспорта усугубляется тем, что в отличие от стационарных источников, выбросы передвижных, без разбавления воздушными массами, сразу поступают в зону дыхания человека, создавая локальные высокие уровни загрязнения. Развитие системы экспериментального мониторинга в зонах действия автомагистралей затруднено ввиду импульсного характера транспортных потоков в городах, при котором движение с постоянной скоростью может прерываться или тормозиться, после чего следует набор скорости [1-3]. Поэтому представляется целесообразным использовать расчетные методы определения концентраций в зоне влияния автомагистрали.

В рамках настоящего исследования была поставлена задача определения уровня загрязнения воздуха выбросами автотранспорта, участвующего в дорожном движении на участке ул. Островского в г. Казань. Для определения количества выбросов вредных веществ, поступающих на том или ином участке улично-дорожной сети с выхлопами автотранспорта, используется «Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха» [4], разработанная для выполнения инвентаризации выбросов при проведении сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха.

Согласно данной методике, определение выбросов основывается на данных наблюдений за интенсивностью движения автотранспорта (количеством проездов за установленный временной промежуток в 20 мин) с выделением 5 отдельных категорий: легковые автомобили, автофургоны и микроавтобусы массой до 3,5 тонн, грузовые автомобили от 3,5 до 12 тонн, грузовые автомобили свыше 12 тонн, автобусы более 3,5 тонн.

Для определения максимальных разовых концентраций вредных веществ наблюдения проводятся в периоды максимальной транспортной нагрузки.

Следующим этапом, на основе полученных данных наблюдений, с учетом представленных в методике пробеговых выбросов (удельных значений выбросов загрязняющих веществ на единицу длины автодороги для каждой категории транспорта) и протяженности исследуемого участка пути, проводится расчет количества выбрасываемых загрязняющих веществ.

Методика позволяет рассчитывать выбросы для следующих вредных веществ (групп веществ): углерода оксид (CO), азота оксид (NO), азота диоксид (NO₂), взвешенные мелкодисперсные частицы PM_{2,5}, бензин, керосин, серы

диоксид (SO_2), формальдегид (CH_2O), бензапирен ($\text{C}_{20}\text{H}_{12}$, установлены только среднегодовые ПДК), метан (CH_4).

Дальнейшим этапом является проведение расчета рассеивания загрязняющих атмосферный воздух веществ, который позволяет собственно установить ожидаемые концентрации вредных веществ, формируемых на прилегающих к автодороге территориях выбросами автотранспорта.

Расчеты рассеивания проводились с использованием программного обеспечения УПРЗА «Эколог» (4.70). Программа реализует методику расчета рассеивания загрязняющих веществ [2].

Расчеты выполнялись с полным перебором метеорологических условий в пределах климатической характеристики г. Казань для определения максимальных разовых концентраций. Таким образом, дальнейшие результаты детализированы для веществ, имеющих установленные максимальные разовые предельно допустимые концентрации [3].

После изучения расположения исследуемого участка дороги и находящейся под его влиянием городской застройки, были определены параметры расчетной сетки для проведения расчетов распределения концентраций (полей концентраций). Расчеты проводились для прямоугольника 500*500 м. Шаг расчетной сетки выбран равным 20 м. Также были определены характерные точки размещения ближайших к проезжей части строений. Расчеты проводились с детализацией максимальных концентраций в точках, указанных в табл. 1.

Таблица 1- Расчетные точки для детализации максимальных разовых концентраций

Код	Координаты в системе координат МСК-16 (зона 2), м		Высота расчета, м	Комментарий
	X	Y		
1	1305172,00	475700,50	2	Жилой дом, ул.Островского, д.16
2	1305093,50	475862,00	2	Жилой дом, ул. Островского, д. 9
3	1305071,00	475830,50	2	Жилой дом, ул. Островского, д. 8/1
4	1305003,00	475942,50	2	Жилой дом, ул. Островского, д. 1
5	1305332,00	475654,00	2	Жилой дом, ул. Островского, д. 27

Полученное в результате расчетов распределение концентраций вредных веществ в выбранных расчетных точках указано в табл. 2. Для оценки степени негативного воздействия полученных абсолютных концентраций вредных веществ использовались установленные максимальные разовые предельно допустимые концентрации.

Таблица 2 - Распределение концентраций вредных веществ в выбранных расчетных точках

Код вещества	Наименование вещества	Распределение концентраций, доли ПДК	Распределение концентраций, мг/м ³
0010	Взвешенные частицы PM _{2,5}	0,0056-0,0144	8,902E-04-0,002
0301	Азота диоксид (Двуокись азота; пероксид азота)	0,1965-0,4817	0,039-0,096
0304	Азот (II) оксид (Азот монооксид)	0,0160-0,0392	0,006-0,016
0330	Сера диоксид	0,0010-0,0030	5,205E-04-0,001
0337	Углерода оксид (Углерод окись; углерод моноокись; угарный газ)	0,0154-0,0433	0,077-0,216
0410	Метан	5,9874E-05-0,0002	0,003-0,009
1325	Формальдегид (Муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид)	0,0023-0,0065	1,136E-04-3,255E-04
2704	Бензин (нефтяной, малосернистый) (в пересчете на углерод)	0,0039-0,0111	0,019-0,056
2732	Керосин (Керосин прямой перегонки; керосин дезодорированный)	0,0010-0,0023	0,001-0,003
6204	Азота диоксид, серы диоксид	0,1234-0,3029	-

Как видно из данных таблицы 2, максимальные разовые концентрации для следующих веществ: оксида углерода (код 0337), оксида азота(II) (код 0304), взвешенных частиц PM_{2,5} (код 0010), бензина (код 2704), керосина (код

2732), диоксида серы (код 0330), формальдегида (код 1325) и метана (код 0410) не превышают 0,1 ПДК (10% от предельно допустимого уровня).

Для группы веществ 6204 (диоксид азота и диоксид серы) суммарный уровень загрязнения достигает 0,1234–0,3029 ПДК, что соответствует 12–30% от предельно допустимых значений. При этом наибольшие концентрации наблюдаются для диоксида азота (код 0301) — до 0,4817 ПДК (0,096 мг/м³). В периоды пиковой транспортной нагрузки и неблагоприятных метеорологических условий локальные значения концентраций диоксида азота могут приближаться к 1 ПДК [4].

Исследование показало, что выбросы автотранспорта на участке ул. Островского в Казани создают повышенные концентрации диоксида азота (до 0,48 ПДК) и его комбинации с диоксидом серы (до 0,3 ПДК). Остальные загрязняющие вещества не превышают 0,1 ПДК. В периоды пиковых нагрузок уровни загрязнения могут приближаться к предельно допустимым, что требует регулярного мониторинга и мер по снижению выбросов.

Литература:

1. Донченко В. В., Кунин Ю. И., Казьмин Д. М. Транспортные проблемы городов и механизмы их решения // Научный вестник автомобильного транспорта. — М.: ОАО «НИИАТ», 2012.

2. Шагидуллин А. Р., Магдеева А. Р., Гилязова А. Ф., Тунакова Ю.А., Шагидуллин Р. Р. Количественная оценка выбросов автотранспорта в атмосферный воздух г.Казани //Сб. тр. Международной научной конференции «Химия и инженерная экология»-XVII Материалы конференции. Сборник статей. Казань, 2017 , С. 145-148.

3. Шагидуллин А.Р., Тунакова Ю.А., Шагидуллин Р.Р., Кузнецова О.Н. Оценка уровня загрязнения воздушного бассейна г.Казани выбросами стационарных и передвижных источников загрязнения (Сообщение 1) // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 8. С. 231-233.

4. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха (утверждена приказом Минприроды России от 27 ноября 2019 года № 804)

5. Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе (утверждены приказом Минприроды России от 06.06.2017 № 273)

6. Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 №2).

ВОЗМОЖНОСТЬ ЭКОЛОГИЗАЦИИ СИНТЕЗА β -ДИКЕТОНАТОВ ОДНОВАЛЕНТНЫХ МЕТАЛЛОВ НА БАЗЕ КОМБИНАТОРНО- ГРАФОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕТОДОВ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ

¹Шинкарёв К. А., магистрант

*Научные руководители*² Костюк Н.Н., Меженцев А.А.

¹Белорусский государственный университет, Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, Беларусь

На базе комбинаторно-графового моделирования был создан симулятор методов синтеза β -дикетонатов одновалентных металлов. При расчете оптимального пути синтеза хелата также заложена возможность выбора наиболее экологически эффективного метода. Оптимизация экологичности метода синтеза базируется на требованиях и параметрах зелёной химии.

Ключевые слова: хемоинформатика, хелат, β -дикетонат, одновалентные металлы, экологизация, зелёная химия, летучесть, граф, моделирование

В настоящее время нашли широкое применение методы математического моделирования химических процессов. Это связано с тем, что проведение химического эксперимента требует, как правило, реактивов, дорогостоящего оборудования и квалифицированных кадров. Кроме высокой стоимости самого химического эксперимента, при его реализации образуются побочные продукты, которые нуждаются в утилизации. Проблемакратно возрастает при масштабировании химических процессов. С увеличением выпуска целевого продукта, соответственно, растёт объём побочных веществ или, проще говоря, отходов. Попутная наработка отходов в случае промышленного производства значительно обостряет проблему их утилизации. Ярким примером такой ситуации может служить деятельность Гомельского химического комбината. В результате его многолетней работы скопилось огромное количество фосфогипса. По оценкам специалистов, общая масса фосфогипса превышает 14 миллионов тонн [1], что в свою очередь представляет собой потенциальную экологическую опасность регионального уровня.

В связи с этим, одним из направлений современного развития химии является максимальная экологизация процессов получения новых веществ. Требования по экологизации химических процессов сформулированы в рамках «зелёной химии». К ним относятся в первую очередь Е-фактор и атомная эффективность, а также 14 дополнительных критериев [2]. Экологическая оптимизация реальных химических процессов в рамках зелёной химии может быть сопряжена с моделированием химических процессов.

Решение проблемы отходов химических производств лежит в плоскости, в первую очередь, оптимизации химического эксперимента. Частью оптимизации может служить математическое моделирование методов получения востребованных веществ [3], получаемых из отходов или иного сырья ещё на стадии организации производства. С этой целью нами осуществлена попытка создания симулятора синтеза хелатных соединений на базе β -дикетонатов одновалентных металлов.

Хелаты металлов были выбраны в качестве химических соединений для создания симулятора ввиду широкой востребованности данного класса соединений в научной деятельности и промышленности в настоящее время. Так, например, в промышленном масштабе β -дикетонаты переходных металлов используются для получения металлсодержащих покрытий на фасонных деталях. Как показано в работе [4], для осуществления CVD-процессов используются галогениды металлов, ареновые и карбонильные соединения металлов, а также β -дикетонаты металлов. Галогениды большинства переходных металлов содержат в своём составе кристаллогидратную воду, а безводные крайне неустойчивы на воздухе, так как поглощают влагу. Карбонильные и ареновые соединения металлов также являются не устойчивыми к влаге воздуха, причём карбонильные соединения могут просто разлагаться кислородом воздуха. Наиболее устойчивыми на воздухе, в отличие от всех перечисленных соединений, являются хелаты металлов, что и обуславливает их выбор в лабораторной практике и промышленном производстве.

В качестве решения комплексной задачи нами был создан симулятор синтеза β -дикетонаты металлов. Для максимального приближения работы симулятора к реальным химическим процессам, которые осуществляются в лабораториях институтов или цехах предприятия, в качестве исходных соединений пользователь может закладывать имеющиеся в его распоряжении исходные химические реагенты.

Симулятор синтеза хелатных соединений на основе β -дикетонатов металлов реализован на базе графового моделирования, так как любой химический синтез подразумевает некоторые состояния веществ и переходы между ними, что удобно представить в виде вершин и рёбер соответственно.

Все вершины графа можно разбить на 2 большие равные по количеству группы. К первой группе относятся вершины типа k , w , f , q . Они представляют собой неполные уравнения и схемы реакций получения β -дикетонатов металлов, будем называть их вершинами-реакциями. Второй тип вершин представляет собой целевой продукт – β -дикетонат металла. С химической точки зрения сложение двух вершин (k или $q + v$) даёт полноценное уравнение или схему реакции. Также каждый реагент любой реакции представляет вершины, которые назовём вершинами-источниками.

Заметим, что в некоторых реакциях хелаты также являются реагентами, а значит и вершинами-источниками.

Вершины типа k, w, f, q и вершины типа v связаны между собой рёбрами типа $e_1 - e_{46}$. Вес рёбер вычисляется исходя из следующих критериев:

1) препаративная состоятельность синтеза (ПСС). Данный критерий свидетельствует о степени сложности и продуктивности реакции;

2) зелёная химия (ЗХ) отражает степень экологичности используемой реакции;

3) синтез ультрачистых веществ (СУВ) характеризует возможность получения высокочистых соединений;

4) исключение гидролиза и гидратации целевого продукта (ИГГ) отражает фактическую необходимость получения безводных хелатов.

Каждая вершина-источник смежна с соответствующими вершинами-реакциями. Соединяющие их рёбра, являются рёбрами типа e_{46} , у которых все четыре вышеперечисленных критерия равны нулю.

Все рёбра графа являются направленными: от вершин-источников к вершинам-реакциям и от вершин-реакций к вершинам-продуктам, причём для конкретно взятой вершины-реакции, согласно построению, не может быть ситуации, когда одна из вершин-источников, совпадает с вершиной-продуктом, то есть мы имеем дело с простым ориентированным графом.

Получить хелат металла с заданным лигандом с помощью выбранного реагента оптимальным путём означает, что нужно найти путь между двумя данными химическими соединениями, который имеет минимальное количество рёбер и максимальный вес.

Для нахождения оптимального пути синтеза из вещества А в вещество В использовался алгоритм Дейкстры.

Для работы с графом в СУБД PostgreSQL была создана база данных. Поскольку объём данных велик, таблицы заполнялись автоматически с помощью вспомогательной программы на языке C#. Граф описывается списком рёбер, каждое из которых определяется двумя вершинами (источником и реакцией). Вершины разделены на две отдельные таблицы, так как источники и реакции имеют различные свойства. Также была создана таблица типов рёбер. В итоге граф представлен четырьмя таблицами.

Симулятор был реализован в виде программы на C# с интерфейсом, созданным с использованием технологии WPF.

Оптимизация химического эксперимента позволяет находить пути наиболее экономного получения химических целевых продуктов с уменьшением затрат на производство и минимизацией генерации побочных продуктов. Важным направлением оптимизации методов получения химических веществ, особенно на стадии проектирования процессов, является их математическое моделирование. На базе комбинаторно-графового подхода

нами были смоделированы процессы получения широко востребованных β -дикетонатов одновалентных металлов. Виртуальные синтезы могут быть осуществлены с учётом возможности получения ультрачистых соединений, а также параметров зелёной химии. Созданный симулятор может быть использован как в лабораторной практике НИИ и университетов, так и на предприятиях химической промышленности, которые осуществляют промышленный синтез хелатов.

Литература:

1. Зык В.В., Воробьёв Н.И. Извлечение РЗЭ из фосфогипса // Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии: Тезисы доклада третьей научно-технической конференции – Гродно, 1998. – С.247-248.

2. Костюк Н.Н., Дик Т.А. Оценка методов синтеза хелатов переходных металлов в соответствии с параметрами зеленой химии // Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии: Материалы международной научно-технической конференции – Минск, 26-28 ноября 2014 г., ч. 2, с. 188-190.

3. Введение в хемоинформатику: 5. Информатика химических реакций: учеб. пособие / И.И. Баскин, Т.И. Маджидов, А.А. Варнек. – Казань, Москва, Страсбург, 2020. – 238 с.

4. Сыркин, В.Г. CVD-метод. Химическая парофазная металлизация / В.Г. Сыркин - М.: Наука, 2000.- 496 с.

УДК 004.42:622.2

ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА ГЕОМИКС

Шкурганова М.А., студент

Научный руководитель Стасевич В.И.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В данной статье рассматривается Цифровая платформа ГЕОМИКС, особое внимание уделяется описанию модулей платформы и их предназначению, а также предложены варианты внедрения продуктов программы на горнодобывающие предприятия Беларуси.

Ключевые слова: горно-геологические информационные системы, цифровая платформа, ГЕОМИКС, модуль, эффективное планирование горных работ.

Развитие инновационных технологий предоставляет новые возможности для оптимизации процессов в различных отраслях, включая горнодобывающую промышленность. В настоящее время эффективное планирование горных работ возможно при использовании горно-геологических информационных систем (далее – ГИС). В последние годы на предприятиях Республики Беларусь и

Российской Федерации использовались программные продукты иностранных компаний: Orisa, Esri. Однако известные политические и экономические факторы стали препятствием для дальнейшего использования программных продуктов, которые практически ушли с нашего рынка. Остро встал вопрос об их замене отечественными продуктами, которые не уступают по функциональным возможностям импортным.

В настоящее время для дальнейшего применения на горных предприятиях практический интерес представляют MINEFRAME, Golden Software Serfer, ГЕОМИКС. Вышеуказанные продукты имеют как преимущества, так и недостатки. По нашему мнению, наиболее эффективным для внутреннего рынка является ГЕОМИКС, который появился на рынке с 2005 года. По отзывам специалистов:

ГЕОМИКС – горно-геологическая информационная система для комплексного решения задач горнодобывающего производства. Это полностью независимая цифровая платформа на основе передовых российских технологий. Разработчиком системы является институт ВЮГЕМ, входящий в состав РТ-Инжинеринг – профильного Холдинга гос.корпорации «Ростех» в горнодобывающей отрасли. ГЕОМИКС ориентирован на разработку твердых полезных ископаемых любых типов, строит реалистичные модели месторождений и горных выработок, обеспечивает эффективное планирование горных работ и контроль качества руды на основе моделирования реальных взрывов.

Система ГЕОМИКС состоит из 7 специализированных модулей:

1) Модуль *Оптимизация* предназначен для анализа и выбора оптимального сценария освоения месторождения.

2) *Геологоструктурный* модуль позволяет автоматизировать расчет устойчивости уступов и бортов карьера и создавать геомеханическую модель месторождения.

3) Модуль *Планирование* позволяет осуществлять многовариантный анализ и выбирать оптимальный сценарий развития горных работ с оценкой запасов по степени подготовленности.

4) Модуль *Маркшейдерия* позволяет автоматизировать такие ключевые задачи, как создание цифровых моделей и шахт, расчет объема горной массы и формирование маркшейдерской отчетности.

5) *Геологический* модуль формирует 3D моделями месторождения, выполняется оценка и подсчет запасов полезного ископаемого.

6) *Буровзрывной* модуль автоматизирует процесс составления проекта на массовый взрыв, повышает качество взрывной подготовки горной массы, формируя конструкции зарядов с учетом энергоемкости бурения, а также прогнозирует качество дробления горной массы и последствия взрывных работ.

7) *Моделирование взрывов* – это уникальная и не имеющая аналогов цифровая технология оценки взрывного разрушения горных пород. Система

позволяет проводить численные эксперименты без реальных взрывов, прогнозировать содержание полезного компонента во взорванной горной массе, предупреждать внештатные ситуации до проведения взрывных работ.

Цифровая платформа ГЕОМИКС уже более 25 лет активно применяется для решения эффективности ведения горных работ. За это время заказчиками и партнерами системы стали такие компании, как «ЕвроХим», «Металлинвест», «РУСАЛ», «ЕВРАЗ» и многие другие. Она может стать достойной заменой программным продуктам от Orica с возможностью программирования детонаторов.

Для успешного внедрения Цифровой платформы ГЕОМИКС необходимо:

1) Популяризация данного продукта среди горнодобывающих предприятий.

2) Внедрение в учебный процесс учебных заведений, ведущих подготовку данного программного продукта.

БНТУ собирается закупать данную цифровую платформу в скором времени, а в НДТП уже используется ГЕОМИКС.

Литература:

1. Анистратов К.Ю., Наговицын О.В., Наговицын Г.О., Васильева М.О. Формирование цифровой модели угольного месторождения в горно-геологической информационной системе МАЙНФРЭЙМ / Горный институт Кольского научного центра Российской академии наук, г. Апатиты, Российская Федерация // Горная Промышленность №3 / 2024 стр. 64-69

2. ГЕОМИКС: горно-геологическая информационная система [Электронный ресурс]. URL: <https://geomix.ru/> (дата обращения: 07.04.2025).

3. Игнатов Ю.М. Геоинформационные системы в горном деле // КузГТУ им. Т.Ф.Горбачева, Кемерово, 2012 г., 204 с.

4. Морозова Т.П. Перспективы применения в горной промышленности российский систем цифрового проектирования: ГИС «Геомикс» и Mineframe // Инновации и инвестиции» №5.2022.

УДК 691.332

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕНОГИПСА

Шульц А.М., студент

Научный руководитель Горбунова В.А.

Белорусский национальный технический университет

Получены образцы пеногипса низкой плотности 500-800 кг/м³, армированные отходами углеволокна, при поризации гипса использовали карбонатный шлам (отход водоподготовки ТЭС).

Ключевые слова: гипс, пеногипс, углеволокно, карбонатный шлам, плотность, прочность.

Целью работы было получить образцы пеногипса низкой плотности на основе низкомарочного гипса Г4, в качестве армирующего компонента использовали углеволокно (отход производства кевлара), для поризации - карбонатный шлам водоподготовки ТЭС. Предварительно изучили влияние армирующего углеволокна на прочностные характеристики непоризованного гипсового изделия [1]. В качестве армирующего наполнителя использовали углеволокно (отход производства кевлара), предварительно нарезанное, длиной 2-5 мм. С целью выбора оптимального количества армирующего компонента, были изготовлены балки с различной массовой долей углеволокна в составе гипсового вяжущего и определены прочность на сжатие и изгиб (табл.1).

Таблица 1- Механические характеристики армированного углеволокном гипса

Масс. доля углеволокна %	Прочность на сжатие, Мпа	Прочность на изгиб, МПа
0,3	10,9	5,86
0,5	10,0	5,16
1	3,75	7,68

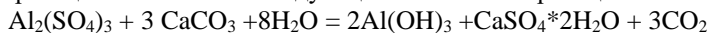
Как видно из таблицы, микроармирование углеволокном (до 1масс.%) гипса марки Г-4 повышает его механическую прочность в 2-2,5 раза, однако прочность на сжатие при введении 1 (масс%) углеволокна снижается, но при этом нарастает прочность на изгиб. Для поризации гипсовой армированной смеси использовался мелкодисперсный карбонат кальция (отход водоподготовки), сульфат алюминия технический, дигидрофосфат аммония. Для замедления сроков схватывания вводилась лимонная кислота, для ускорения схватывания – дигидрат сульфата кальция. Все компоненты поризующей добавки вводились в кристаллическом виде в сухую гипсовую массу с армирующим углеволокном, вся смесь тщательно перетиралась и затворялась водой. Введение комплексной кислотной добавки (сульфат алюминия и дигидрофосфат аммония) в кристаллическом виде в сухой гипс, а не с водой затворения, позволяет создать более равномерное порообразование по объему и регулировать время газообразования в системе.

Получены поризованные армированные углеволокном гипсовые образцы на базе следующих составов (масс%):

Состав 1: Гипс Г-4 -85, Карбонат кальция (отход водоподготовки) – 6, Дигидрофосфат аммония – 4, Сульфат алюминия – 4, нарезанное углеволокно

(отход производства кевлара) -1, лимонная кислота – 0,08 водогипсовое соотношение В/Г – 0,75.

Состав 2: Гипс Г-4 -84, карбонат кальция (отход водоподготовки) – 6, сульфат алюминия – 6, нарезанное углеволокно (отход производства кевлара) - 2, дигидрат сульфата кальция – 2, водогипсовое соотношение В/Г – 0,75. В основе поризации гипса лежат следующие химические реакции:



Полученные образцы газогипса имеют хорошо сформированную достаточно прочную структуру с замкнутыми мелкими и средними порами, усредненная плотность полученных образцов – 500-800 кг/м³.

Вывод: введение в структуру гипса 0,3-1% мас. нарезанного углеволокна позволяет повысить прочность на сжатие и изгиб в 2-2,5 раза; при введении в качестве газообразующего компонента карбонатного шлама водоподготовки в армированную углеволокном гипсовую массу (1 масс%) получены достаточно прочные изделия низкой плотности 500-800 кг/м³.

Литература:

1. Завадская Л.В. Влияние микроармирующих добавок на свойства газогипса // Фундаментальные исследования. -2011.-№12 (часть 4)-С.770-772.