

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет
«МИСИС»

На правах рукописи

Шмелев Вячеслав Сергеевич

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫБОРА ПРИРОДООХРАННЫХ
МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ МОРСКИХ УГОЛЬНЫХ ТЕРМИНАЛОВ**

2.10.2. «Экологическая безопасность»

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:

д.э.н., профессор

Мясков Александр Викторович

Москва, 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ МОРСКИХ ПОРТОВ И СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ	13
1.1 Общая информация по развитию портовой инфраструктуры в РФ и мире и место в логистической цепочке.....	13
1.2 Технологии обработки грузов на угольных терминалах и вспомогательное производство.....	27
1.3 Источники негативного воздействия в морских угольных терминалах.	31
Выводы по главе 1	52
ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОКРАЩЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ НА УГОЛЬНЫХ ТЕРМИНАЛАХ.	53
2.1 Обзор существующих природоохранных мероприятий.....	53
2.2. Классификация мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия в морских угольных терминалах.	72
2.3 Существующие методы определения эффективности внедрения природоохранных мероприятий	87
Выводы по главе 2	91
ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ РАЦИОНАЛЬНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫБРАННЫХ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ	93
3.1 Выбор критерииев эффективности мероприятий.	93
3.2 Характеристика установленных критериев и определение балльных оценок.	105
3.3 Алгоритм оценки эффективности природоохранного мероприятия	127
Выводы по главе 3	132
ГЛАВА 4. ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЛОГИСТИКИ АО СУЭК.	133
4.1 Обзор природоохранной деятельности в АО «Дальтрансуголь».....	133
4.2 Анализ и классификация источников загрязнения атмосферного воздуха	138
4.3 Выбор и обоснование природоохранных мероприятий.....	150
Выводы по главе 4	154
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	156
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	157
ПРИЛОЖЕНИЯ	174

Введение.

Актуальность работы.

Развитие экономики и безопасности страны зависит от многих параметров, в том числе от укрепления позиций России на мировых экспортных рынках. Экспорт российских грузов является одним из важнейших драйверов роста всего топливно-энергетического комплекса страны.

Морские порты являются важной стратегической составляющей транспортной системы России, что обусловлено обработкой больше половины всех экспортных грузов страны. Около 65% процентов приходится на наливные грузы (нефть, газ и пр.) остальной же объем занимают генеральные или как принято называть насыпные грузы (уголь, минеральные удобрения, щебень и т.д.).

Несмотря на санкции в отношении России, доля РФ на мировом рынке угля выросла с 6 % в 2000 г. до 14,5 % в 2023 г. Добыча угля в последнее десятилетие продолжает расти и уже увеличилась на 31 % (с 314 до 438 млн. тонн), причём «локомотивом» этого роста были экспортные поставки, объём которых вырос на 89 %. По большей части экспорт угля осуществляется через морские портовые терминалы, которые являются ключевым звеном в схеме поставок. Обеспечение экспортного потенциала страны обеспечивается как за счет существующих мощностей морских терминалов, так и за счет строительства новых специализированных терминалов.

Наращивание мощностей по перевалке угля в портовых комплексах сопровождается ухудшением экологической обстановки на прилегающих селитебных территориях. Исторически сложилось так что, развивались морские порты и железнодорожная инфраструктура, а только потом вокруг этих объектов обустраивался жилой сектор для обслуживающего персонала, создавались города. По этой причине, со временем из-за роста объемов перевалки и роста населения городов, вопрос пыления с территории угольных портов привлек внимание руководства страны на самом высоком уровне. Неоднократно зафиксированы случаи причинения вреда окружающей среде при осуществлении длительности в морских портах в результате превышения допустимых концентраций

загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Для решения данного вопроса было предложено множество природоохранных мероприятий в том числе в рамках перехода на наилучшие доступные технологии. Активно разрабатываются меры экологической безопасности, то есть повышение степени защищенности жизненно важных аспектов природы и общества от реальной или потенциальной антропогенной угрозы.

Рост социальной напряженности в городах-портах и жалобы населения на ухудшение экологической обстановки, из-за угольной пыли, являются следствием того, что существующих подходов к обеспечению экологической безопасности в морских угольных портах недостаточно для устойчивого развития портовой структуры и окружающей территории. Неэффективное управление морскими портами приводит к ряду последствий:

- экологических – систематическое превышение нормативов качества атмосферного воздуха, что создает риски причинения вреда окружающей среде;
- социальных – доказанное негативное влияние мелкодисперсныхзвешенных веществ (PM2.5) на здоровье населения, включая риск развития заболеваний органов дыхания;
- экономических – репутационные риски и прямые финансовые потери предприятий, связанные как с возможной приостановкой деятельности, так и с затратами на ликвидацию последствий.

На вопрос организации работы промышленных предприятий в части обеспечения экологической безопасности обратил внимание Президент страны и в ходе ряда своих поручений, в частности послания Федеральному собранию в 2024 г. [1], высказал свои предложения по улучшению состояния окружающей среды в стране, в том числе, он заявил, что необходимо уменьшить в 2 раза объем вредных выбросов в атмосферу.

Одновременно с решением вопросов по улучшению состояния окружающей среды отраслевыми документами стратегического планирования в качестве одной из национальных целей и стратегических задач развития Российской Федерации определено увеличение мощностей морских портов Российской Федерации.

В мировой практике строительства промышленных предприятий получила распространение концепция «нулевого выброса» (далее КНВ), которая подтверждается многими научными исследованиями. КНВ основана на разработке и поэтапном внедрении природоохранных мероприятий, сокращающих валовый выброс загрязняющих веществ до уровня, максимально приближенного к нулю.

Данная концепция постепенно начинает внедряться и в морских портах. Для устойчивого развития портовой инфраструктуры внедрение подходов КНВ вкупе с современными способами осуществления производственного экологического контроля и моделированием потенциального ущерба окружающей среде, может стать одним из подходов к решению вопроса сокращения пыления морских угольных портов. Единых критериев для обеспечения так называемого «нулевого выброса» в портовой сфере на сегодняшний день не разработано, не проработан вопрос об эффективности предлагаемых природоохранных мероприятий.

В связи с отсутствием единого подхода к снижению антропогенного воздействия в морских портах, разработка единой методики выбора природоохранных мероприятий на основе экологических, производственных и экономических критериев эффективности является актуальной научно-практической задачей.

Степень разработанности темы обусловлена анализом широкого круга информационных источников. В качестве базы исследования использовались научные публикации в печатной и электронной форме, материалы сети Интернет, а также действующая нормативно-правовая и техническая документация, регламентирующая вопросы экологической безопасности [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9] (государственные [10, 11, 12, 13], отраслевые [14, 15, 16, 17] и корпоративные стандарты, федеральные нормы и правила).

Информационной базой исследования послужили официальные статистические данные морских портов [18, 19, 20, 21], Государственного комитета по статистике РФ [22], ЮНКТАД (UNCTAD) [23, 24], ресурсы сети Интернет (официальные сайты морских портов [25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32], информационно-

аналитических транспортных агентств [33, 34] и международных организаций [35, 36]).

Вопросам антропогенного воздействия хозяйственной деятельности в морских портах, загрязнения воздушного бассейна пылью каменного угля, нормативно-правового регулирования деятельности угольных компаний в части охраны окружающей среды и процессам обработки грузов в морских портах посвящены научные труды ряда российских и зарубежных ученых, среди них: Полянцев Ю.Д. [37, 38], Катанский А.А. [39], Артамонова М.Ю. [40] Емельянова А.Г. [41], Аксенова В.А. [42], Луканин А.В. [43] и Третьякова М.О. [44]. Формирование организационной структуры управления охраной окружающей среды в морских портах было рассмотрено Тарасовой В.Е. (на примере порта Находка) [45], Рюминой Е.В., Рюминым А.В. (ИПР РАН) [46]. Также важно отметить научные труды Назаровой Е.П. [47, 48, 49, 50, 51] Но, в результате всех этих исследований, не был выработан единый комплексный подход к выбору мероприятий, направленных на снижение антропогенной нагрузки в порту.

В области исследований приземных концентраций и содержания взвешенных частиц в атмосферном воздухе припортовых населенных пунктов [52, 53, 54, 55, 56].

Влияние пыления различных марок угля, меры по снижению и оценке антропогенного воздействия промышленных предприятий на окружающую среду, основные экологические проблемы добычи и обогащения угля, в том числе процессы осаждения угольной пыли были рассмотрены такими учеными как Мясков А.В. [57, 58, 59, 60], Эпштейн С.А. [61, 62, 63], Коссович Е.Л. [64], Коликов К.С. [65, 66] и другие.

Вопросами обеспечения промышленной и экологической безопасности в промышленности рассмотрены Филином А.Э. [67, 68, 69], Куликовой Е.Ю. [70, 71] и Овчинниковой Т.И. [72, 73, 74, 75], а в морских портах посвящены работы Бочкарева И.И., Быкова Д.В. [76], Екимова О.В., Литвина Т.А. [77].

Подходы, применяемые для разработки методики выбора природоохранных мероприятий, были рассмотрены в работах, посвященных концепции «нулевого выброса» Никишина А.Ю., Харитонова М.С., Никитакоса Н. [78, 79]. Стратегии по внедрению «концепции нулевого выброса» в открытом доступе размещены только иностранными портовыми компаниями, занимающимися разгрузочно-погрузочными работами контейнерных грузов [80, 81, 82, 83, 84]. Однако стратегии повышения экологической безопасности за счет снижения выбросов загрязняющих веществ в морских балкерных портах до минимальных значений не обобщены и практически не отражены в работах отечественных и зарубежных ученых.

Цель диссертационного исследования – разработка методики выбора природоохранных мероприятий для морских угольных терминалов на основе дифференцированного подхода к определению источников загрязнения, позволяющей на основе математического моделирования и матрицы сопряжения определить их взаимосвязи, для достижения максимального синергетического эффекта от реализуемых мероприятий, при оценке экологических, производственных и экономических критерий.

Основная научная идея заключается в обосновании системно-синергетического подхода к повышению экологической безопасности морских угольных терминалов. Данный подход основан на представлении терминала не как совокупности отдельных объектов, а как сложной системы, состоящей из неоднородных и взаимосвязанных источников загрязнения. Применение математического аппарата теории графов для анализа матрицы сопряжения «источник загрязнения – природоохранное мероприятие» позволяет впервые формализовать эти взаимосвязи и количественно оценить возникающий синергетический эффект от комплексного внедрения технологий по защите окружающей среды. Это, в свою очередь, составляет основу для разработки методики выбора наиболее эффективных природоохранных мероприятий, обеспечивающих максимальное снижение антропогенной нагрузки при одновременном повышении экономической эффективности и соблюдении производственных ограничений.

Основные задачи исследования.

1. Проанализировать существующую деятельность морских портов в мире и России, отечественные и зарубежные практики ведения погрузочно-разгрузочных работ в угольных терминалах на предмет особенностей обеспечения экологической безопасности.
2. Исследовать и обобщить существующие методики и технологии, применяемые для снижения негативного воздействия угольных терминалов на окружающую среду, включая наилучшие доступные технологии (НДТ).
3. На основе системного подхода определить и обосновать экологические, производственные и экономические критерии оценки эффективности природоохранных мероприятий, используемые для их оценки и выбора.
4. Разработать комплексную методику выбора природоохранных мероприятий на основе установленных критериев эффективности, применимую к различным морским угольным терминалам.
5. Осуществить опытно-промышленную апробацию предложенного подхода на базе действующего терминала и выполнить анализ достигнутых показателей эффективности в реальных условиях эксплуатации.

Объектом исследования является система управления экологической безопасностью в морских угольных терминалах.

Предметом исследования являются модели и алгоритмы выбора природоохранных мероприятий и технологических решений, направленных на сокращение антропогенной нагрузки на воздушный бассейн в районе осуществления хозяйственной деятельности морского угольного терминала.

Теоретической и методологической базой диссертационного исследования являются научные труды отечественных и зарубежных ученых в области изучения образования и распространения угольной пыли, практики внедрения пылеподавляющих технологий при осуществлении перевалки и хранении угля в морских портах и влияние деятельности угольных стивидоров на социально-экономическое состояние регионов присутствия порта.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.10.2. «Экологическая безопасность» (п.3 Научное обоснование, исследование, разработка прогнозно-аналитических систем, математических моделей и методик управления экологическим риском на антропогенных источниках негативного воздействия на окружающую среду; п.12 Разработка и совершенствование механизмов управления экологической безопасностью, в том числе совершенствование системы нормирования негативного воздействия антропогенных источников на окружающую среду).

Основные научные положения, выносимые на защиту:

1. Повышение уровня экологической безопасности угольного терминала необходимо осуществлять на основе определения неоднородных источников загрязнения, характеризующихся неравномерностью их воздействия на окружающую среду, что обуславливает необходимость применения комплексного подхода к определению природоохранных мероприятий для достижения максимального экологического эффекта.

2. Использование аппарата теории графов для построения матрицы сопряжения источников негативного воздействия и природоохранных мероприятий в экологических системах морских портов, целесообразно в условиях нечётких множеств, что позволяет спрогнозировать результативность природоохранных программ и выявить зависимость снижения объемов загрязняющих веществ от реализованных мероприятий.

3. Программу обеспечения экологической безопасности морского терминала необходимо осуществлять на основе предлагаемой методики выбора природоохранных мероприятий, учитывающей экологические, производственные и экономические критерии, и позволяющей учесть синергетический эффект от внедрения природоохранных технологий, проявляющийся в одновременном повышении экологической эффективности и экономической выгоды.

Научная новизна исследования:

1. Впервые для обоснования выбора и применения природоохраных мероприятий в действующем специализированном угольном морском порту были предложены критерии, основанные на комплексном анализе текущего уровня экологической безопасности, а также климатических и географических характеристик местоположения порта.

2. Выявлена взаимосвязь между внедрением природоохраных мероприятий и снижением валового выброса загрязняющих веществ от источников загрязнения атмосферного воздуха при обработке грузов в морском порту.

3. Осуществлена систематизация и визуализация источников выбросов загрязняющих веществ для разных типов перевалки угля, учитывающая источники как от основной хозяйственной деятельности, так и от вспомогательных производств, что позволяет унифицировать подходы к оценке загрязнения атмосферного воздуха в различных угольных портах.

4. Предложена классификация природоохраных мероприятий, применяемых в морских портах, осуществляющих хозяйственную деятельность по перевалке угля, учитывающая все существующие на данный момент технологии по снижению пыления и наилучшие доступные технологии, что, в свою очередь дополняет существующие подобные классификации.

5. Обоснован инструментарий выбора природоохраных мероприятий, в котором применение методов анализа больших данных для обработки результатов позволяет выявлять взаимосвязи между внедренными мероприятиями и эффектом от снижения выбросов угольной пыли.

6. Разработана поэтапная методика определения и последующего выбора природоохраных мероприятий, учитывающая экологические, производственные и экономические характеристики и позволяющая принимать обоснованные решения по снижению объемов выбросов на основе системного подхода.

Теоретическая значимость результатов состоит в разработке комплексного подхода к выбору природоохраных мероприятий при перевалке угля на основе оценки экологически рациональных, технически и экономически

эффективных способов минимизации антропогенного воздействия хозяйственной деятельности морского порта на окружающую среду.

Практическая значимость диссертации:

1. Заключается в возможности принятия управленческих решений для перехода угольных стивидорных компаний на «Концепцию нулевого выброса», что особенно актуально в городах, где осуществляется перевалка угля в непосредственной близости к жилым и рекреационным зонам.

2. Определены ключевые экологические, производственные и экономические критерии выбора природоохранных мероприятий при перевалке угля в морских терминалах.

3. Разработана и применена методика выбора природоохранных мероприятий для действующего морского угольного порта – АО «Дальтрансуголь», что в свою очередь позволило выявить основные источники загрязнения атмосферы и определить эффективность предлагаемых мероприятий.

Методы исследования и достоверность результатов, рекомендации и технологии, представленные в работе, имеют теоретическое и практическое значение, и основаны на разработанных в работе методиках и критериях выбора природоохранных мероприятий.

Исследования по снижению образования пыли проводились качественным и количественным способом – при помощи расчетных методик и на основе датчиков контроля выбросов, расположенных на границах санитарно-защитной зоны.

Достоверность полученных результатов доказана применением общепринятых научных подходов к изучению антропогенного воздействия промышленных предприятий на окружающую среду, в частности определение взаимосвязей применения природоохранных мероприятий и снижения объемов выбросов; использованием действующей нормативной базы природоохранного и санитарно-эпидемиологического законодательства; современного математического аппарата обработки данных, в том числе с использованием программных комплексов (MS Excel «Анализ данных», SPSS); положительными результатами внедрения методики с использованием.

Для выполнения поставленных в работе задач применялись методы: научное обобщение, системный и факторный анализ, метод аналогий, метод баз знаний, метод косвенных измерений, метод экспертных оценок, теория принятие решений, теория графов и методы больших данных.

Апробация работы

Полученные результаты были представлены на следующих отечественных и зарубежных научных мероприятиях: на научных симпозиумах «Неделя горняка» НИТУ МИСИС (г. Москва, 2019-2022 гг.) и «Майнинг и охрана окружающей среды» (Сербия, 2017 г.), на научных семинарах, проводимых под эгидой Ассоциации морских торговых портов (г. Санкт-Петербург, 2019-2023 гг.), отдельные положения докладывались на Совете директоров АО «Дальтрансуголь» (2022-2023 гг.)

Публикации

По теме диссертационной работы опубликовано 7 печатных работ, в рецензируемых изданиях из перечня ВАК РФ. Опубликованные статьи входят в реферативные и библиографические базы данных РИНЦ и Scopus.

Структура и объем работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и приложений, содержит 50 рисунков, 48 таблиц, библиографический список научной литературы из 134 наименования.

Глава 1. Современное развитие морских портов и существующие подходы к решению экологических задач.

1.1 Общая информация по развитию портовой инфраструктуры в РФ и мире и место в логистической цепочке.

Рост мировой торговли является одним из ключевых факторов развития транспортной инфраструктуры. Доминирующим видом транспортировки для международной торговли остаются перевозки морским транспортом. Для удовлетворения потребностей в перевозки грузов во всем мире ведется строительство новых морских терминалов и реконструкция существующих портов, с целью увеличения мощности и повышения эффективности обработки грузов.

Морские порты бывают трех видов: пассажирские порты, рыбные порты и торговые порты.

Морской пассажирский порт - комплекс сооружений, расположенных на специально отведенных территориях и акваториях, и предназначенных для обслуживания пассажиров, использующих морской транспорт [85].

Морской рыбный порт - комплекс сооружений, расположенных на специально отведенных территориях и акваториях и предназначенных для осуществления комплексного обслуживания судов рыбопромыслового флота [85].

Морской торговый порт - комплекс сооружений, расположенных на специально отведенных территориях и акваториях, и предназначенных для обслуживания судов, осуществляющих перевозки определенных видов груза (леса, нефти и других) [85].

По состоянию на 2024 год, портов, участвующих не только в местном каботаже, но и в международных перевозках насчитывается примерно 2,2 тыс. Около 900 из них находится в Европе, более 500 — в Америке, около 400 — в Азии, остальные — в других частях света [92]. В России портовое хозяйство представляет собой 63 морских порта, около 300 терминалов, мощностью около 1,3 млрд т в год [86].

По состоянию на 2024 год общий объем перевозок морским транспортом составил более 11 млрд тонн грузов. Главной страной в морской торговле является

Китай на долю которого приходится около 40% всех грузов, транспортируемых морским видом транспорта (рис. 1.1)



Рисунок 1.1 Распределение мирового грузопотока по регионам

Промышленность Китая является одной из самых динамично развивающихся секторов мировой экономики. Промышленный потенциал Китая приносит около 50% ВВП государства, что привело к тому, что началу 21 века Китай стал главной мировой индустриальной сверхдержавой по объему промышленного производства.

Китай стал полноправным членом Всемирной торговой организации (ВТО) и все больше интегрируется в мировую экономику.

Начиная с 1990-х годов транспортировка более 90% зарубежных грузоперевозок китайских экспортно-импортных товаров осуществлялась морским транспортом. В 2024 г. морским транспортом КНР перевозилось 98% импортируемой железной руды, 91% сырой нефти, 92% импортируемого угля и 99% закупаемого зерна [87]. Такой высокий уровень связан с тем, что в 1990-х года Министерство Транспорта Китая приняло законопроект, направленный на ускоренное развитие торговых портов Поднебесной, что позволило увеличить пропускную способность портов на 80%.

Согласно данным на 2024 год, совокупная пропускная способность контейнерных портов Китая оценивается в миллиарды тонн грузов и сотни миллионов TEU (эквивалентов двадцатифутового контейнера) ежегодно.

Совокупно китайские прибрежные порты обрабатывают более 15 миллиардов тонн грузов ежегодно, включая нефть, уголь, руду, зерно и контейнерные грузы. Лидеры в этом списке расположены в восточной и южной частях страны, где сосредоточены основные промышленные зоны и экспортно-импортные операции. На рисунке 1.2 показаны 10 крупнейших портов мира. Как видно из данной схемы 7 из 10 крупнейших торговых портов мира расположены в КНР.



Рисунок 1.2 Крупнейшие мировые порты

Морские торговые порты разделяются по типу грузов, которые они обрабатывают и бывают двух видов: порты обрабатывающие генеральные грузы и балкерные порты (рис.1.3).



Рисунок 1.3 Виды мировых портов

Перегрузка навалочных грузов происходит в свободной форме с применением такой техники, как грейферы, ковши и насосы. Эти грузы перевозятся морем без тары, навалом, размещаясь в трюмах специализированных судов — балкеров. К номенклатуре таких грузов относятся уголь, зерно, железная руда, сахар, фосфаты, сера и щебень. Транспортировка может осуществляться как полными судовыми партиями, так и в отдельных трюмах. Учет количества груза ведется по массе, которую часто вычисляют методом драфт-сюрвея (по изменению осадки судна). Главные физические свойства навалочных грузов — это сыпучесть, склонность к слеживанию и возможность смещения в процессе перевозки, что характерно, например, для руды и зерна.

Наливные грузы включают в себя сырую нефть, нефтепродукты, растительные масла, спирт, химические материалы и сжиженный природный газ. В свою очередь, нефтепродукты делятся на: светлые, тёмные, масла. Светлые нефтепродукты — бензин, дизельное топливо, керосин. Тёмные нефтепродукты — считаются все виды мазутов, они содержат тяжёлые осадки переработки нефти. Сжиженные газы (под давлением, охлаждённые, комбинированные).

В 2024 году структура мировых сухих грузоперевозок показала значительное преобладание основных навалочных грузов — железной руды, зерна и угля, на долю которых пришлось более 40% от общего объема. В то же время контейнерная торговля и перевозки мелких навалочных грузов составили 24,0% и 25,8% соответственно (Таблица 1.1), а оставшаяся часть объема пришлась на другие виды сухих грузов [87].

Таблица 1.1 Мировые объемы грузов, транспортируемых морским транспортом

	Танкерные перевозки	Генеральные насыпные грузы	Прочие грузы	Всего
2024	3 530	4 250	4 470	12 255
2023	3 480	4 124	4 412	12 015
2022	3 510	3 971	4 350	11 834
2021	3 420	3 830	4 283	11 531
2020	2 918	3 181	4 696	10 658
2019	3 163	3 218	4 559	11 071
2018	3201	3215	4603	11 019
2017	3 146	3 151	4 419	10 716
2016	3 058	3 009	4 228	10 295
2015	2 932	2 930	4 161	10 023
2014	2 825	2 964	4 054	9 843
2013	2 828	2 734	3 951	9 513
2012	2 840	2 564	3 791	9 195
2011	2 785	2 364	3 626	8 775
2010	2 752	2 232	3 423	8 407
2009	2 641	1 998	3 218	7 857
2008	2 742	1 911	3 578	8 231
2007	2 747	1 811	3 478	8 036
2006	2 698	1 676	3 328	7 702
2005	2 422	1 579	3 108	7 109
2000	2 163	1 186	2 635	5 984
1990	1 755	988	1 265	4 008
1980	1 871	608	1 225	3 704
1970	1 440	448	717	2 605

В 2024 году доля танкерных перевозок (нефть, газ, химические вещества) в общем объеме морской торговли составила 27,8%, что значительно ниже показателя пятидесятилетней давности, достигавшего 55%. Эта тенденция берет начало в 1980-х годах, когда нефтяные кризисы привели к ограничению потребления топлива, тогда как объемы транспортировки крупных насыпных грузов (угля, зерна, руды) выросли более чем наполовину. Лидером по темпам роста стали контейнерные перевозки: в период с 1980 по 2019 год они увеличивались в среднем на 8,0% ежегодно. Трансформацию структуры торговли усилили развитие трубопроводного транспорта и глобализация производственных процессов, начавшаяся в середине 1990-х годов.

Морской транспорт остается фундаментом мировой торговли, обеспечивая перемещение более четырех пятых всех товаров. Преодолев спад 2018–2020 годов,

вызванный пандемией и экономической нестабильностью, отрасль вышла на новые показатели: к 2024 году объем перевозок достиг 12,5 млрд тонн, превысив рекорд 2018 года. В структуре грузов лидируют генеральные насыпные грузы (50,8%), за ними следуют танкерные и прочие, включая контейнерные. В европейском регионе, где насчитывается 550 портов, важную роль в логистике играют порты Европейской части России. При этом дальневосточные порты РФ, чей грузооборот в 2024 году превысил 210 млн тонн, рассматриваются отдельно от европейской портовой статистики.

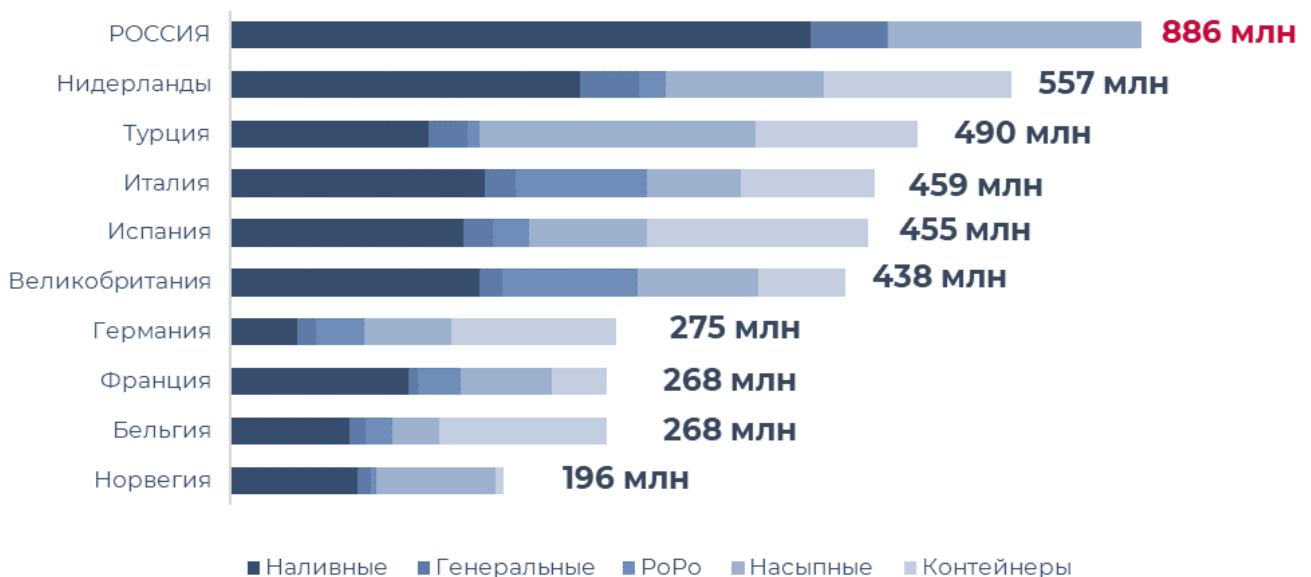


Рисунок 1.4 Динамика объема портов ЕС

Как это следует из рисунка 1.4, Россия является первой страной по экспорту грузов путем морских перевозок. На втором месте Нидерланды. 80% грузооборота страны приходится на порт Роттердама - крупнейший европейский порт. Из 5,5 миллиардов тонн грузов на них приходится 13% всего грузооборота. Далее по объемам перевалки следует Турция (525 миллионов тонн), Италия (485 миллионов тонн) и Испания (475 миллион тонн). На эти 5 стран приходится больше половины грузооборота всего Европейского союза (рисунок 1.5).

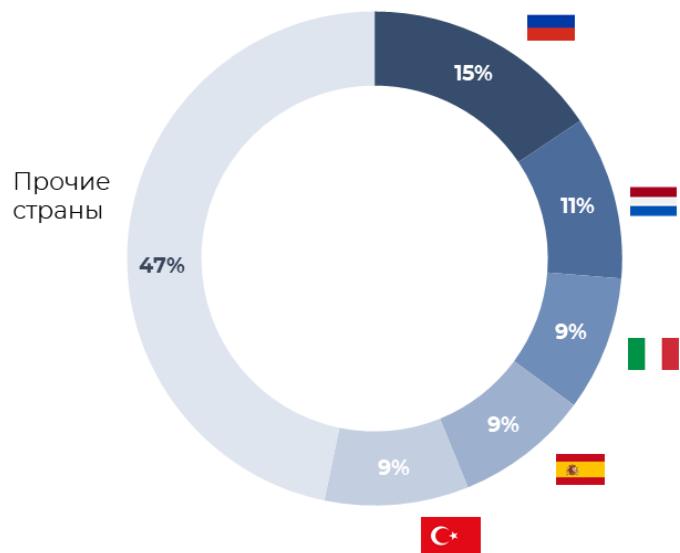


Рисунок 1.5 Объемы портов ЕС

На рисунке 1.6 приведены данные по 10-ти крупнейшим морским гаваням Европейского союза. Как это видно, Новороссийский порт (165 млн тонн) - крупнейший порт РФ - находится на 3 месте, уступая таким портам как Роттердам и Антверпен. Также в рейтинге топ-портов ЕС есть еще один российский порт – Порт Усть-Луга.



Рисунок 1.6 Крупнейшие морские порты Европы

Основу грузооборота ЕС составляют наливные грузы более 38%, насыпные грузы составляют 23%, а контейнеры около 26% (рисунок 1.7).

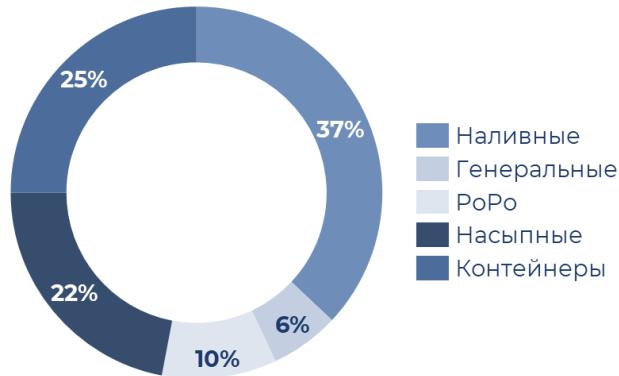


Рисунок 1.7 Распределение грузов в ЕС

Современное состояние портового хозяйства Российской Федерации характеризуется наличием разветвленной инфраструктуры, включающей свыше 950 портовых комплексов в 67 морских портах. Их общая мощность превышает 850 млн тонн, а протяженность причальной линии составляет порядка 155 тыс. погонных метров. Масштаб данной системы обеспечивает ее стратегическую значимость для роста национальной экономики и обслуживания экспортных грузопотоков. Это находит отражение в международных рейтингах, где по объему перевалки грузов Россия занимает 2-е место в Европе и 28-е в мире. Схематическое расположение 15 крупнейших отечественных портов отображено на рисунке 1.8.

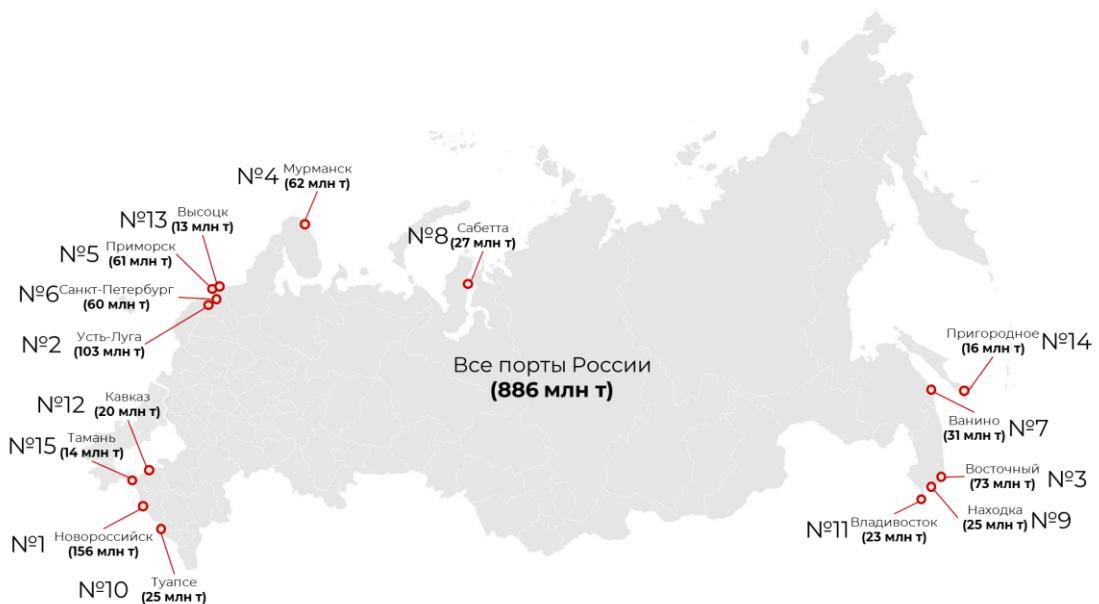


Рисунок 1.8 Крупнейшие порты Российской Федерации

В России за 2024 год было перевалено 886 млн т, из них большая часть была отгружена на экспорт. Устойчивый рост российской стивидорной отрасли, прослеживающийся с конца 1990-х годов, обеспечил увеличение суммарного объема перевалки в морских портах на 32% за десятилетний период с 2014 по 2024 год. Ключевым фактором этой положительной тенденции выступает наращивание экспортных поставок сырья, вследствие чего на долю экспортно-импортных и транзитных грузопотоков по результатам 2024 года пришлось 89% (рисунок 1.9).



Рисунок 1.9 Сравнение экспортных и импортных перевозок в 2014 и 2024 гг.

Одновременно с этим прослеживается тенденция к увеличению значимости перевозок внутреннего плавания (каботажа). Их удельный вес в общей структуре грузооборота за период с 2014 по 2024 год увеличился с 8% до 11%, что преимущественно обусловлено интенсификацией каботажной транспортировки нефти, добываемой в арктическом регионе.

Существенный вклад в увеличение грузооборота российских морских портов внесло практически полное прекращение использования зарубежных портовых мощностей для транзита отечественных экспортных грузов. Вследствие введения санкционных ограничений и целенаправленной переориентации транспортных коридоров, транзитный поток через порты государств Балтии и Украины, достигавший в 2011 году 104 млн тонн, к 2024 году сократился до практически нулевых отметок. Высвободившиеся объемы грузов были перенаправлены на

отечественные портовые комплексы, главным образом в Дальневосточном, а также в Балтийском и Азово-Черноморском бассейнах [80].

Структура грузопотоков в портовом хозяйстве России характеризуется выраженной региональной специализацией, которая обусловлена географией расположения производственных центров и основных экспортных направлений. Вследствие этого наблюдается территориальная концентрация перевалки отдельных видов грузов: основной объем угля обрабатывается в портовых комплексах Дальневосточного бассейна, тогда как перевалка контейнеров и минеральных удобрений преимущественно локализована в портах Балтики. В свою очередь, порты Азово-Черноморского бассейна специализируются на экспорте зерновых культур и металлургической продукции.

По итогам 2024 года наблюдался значительный рост перевалки в Дальневосточном бассейне (до 285,4 млн т), что связано с переориентацией экспортных потоков на азиатские рынки. Азово-Черноморский бассейн показал умеренный рост до 295,8 млн т, несмотря на геополитические ограничения. Объем перевалки грузов в портах Балтийского бассейна составил 220,6 млн т, а Каспийский бассейн увеличил показатели до 6,2 млн т.

В 2024 году больше половины всего грузооборота России составляли наливные грузы. Больше всего нефти и нефтепродуктов перегрузили. Далее по объему идут насыпные грузы.

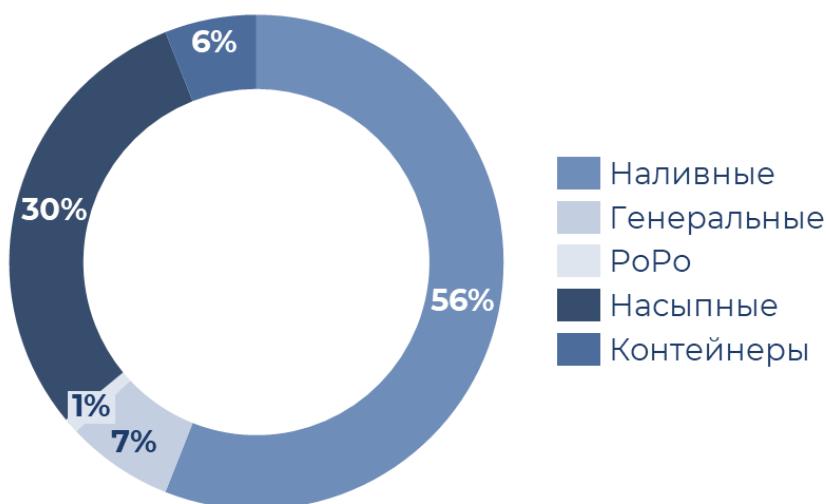


Рисунок 1.10 Структура перевалки грузов в морских портах России по итогам 2023 года, % от суммарного объема перевалки грузов в натуральном выражении

Уголь является основным насыпным грузом РФ и составляет почти 70% от общего грузооборота, и около 30% мирового грузооборота насыпных грузов (рисунок 1.11).

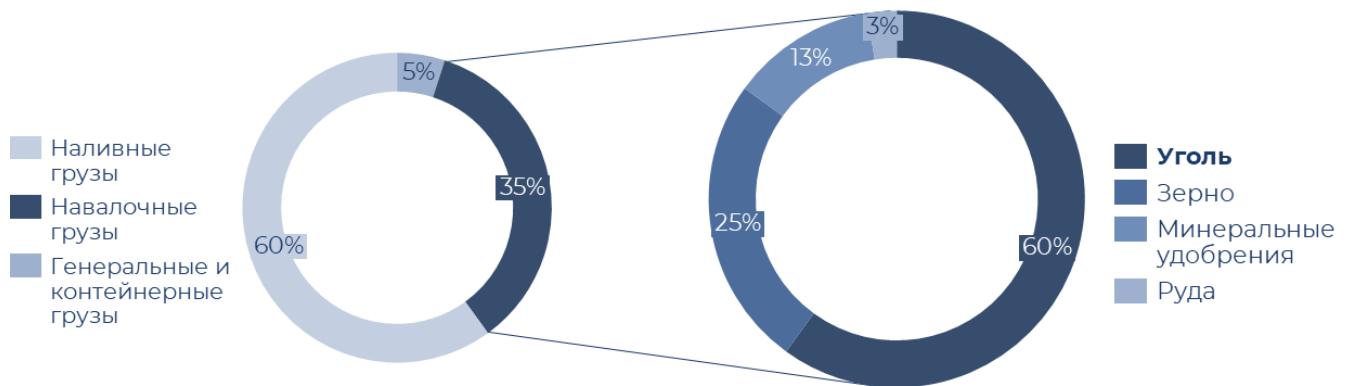


Рисунок 1.11 Структура перевалки насыпных грузов в морских портах России по итогам 2024 года, % от суммарного объема перевалки грузов в натуральном выражении

В 2024 году прирост мировой добычи угля составил 2,8%, а мировое потребление увеличилось на 1,8%. Крупнейшим мировым производителем и импортером остается Китай, производящий 46% и потребляющий более половины угля в мире. Причина в высокой доле угольной генерации: около 65% электроэнергии в Китае вырабатывается из угля [81].

Российская Федерация занимает второе место в мире по запасам угля (15,2% мировых запасов), шестое место по объемам ежегодной добычи (3,8%), четвертое место по экспорту (14,2%) и обеспечивает 13,5% мировой торговли энергетическими и до 7,2% коксующимися углями. По данным справочных материалов к расширенному заседанию коллегии Федеральной таможенной службы Российской Федерации доходы России от экспорта угля в 2024 г. составили 19,2 млрд. долл. [82].

Большая часть отгрузки угля на экспорт (72% в 2024 г.) осуществляется через морские портовые терминалы, которые являются ключевым звеном в схеме поставок, при этом доля дальневосточных портов значительно возросла.

Российская федерация является 6-й страной по объемам производства угля и 4-й по объемам экспорта. 1.2.

Таблица 1.2 Крупнейшие страны-производители и экспортёры в 2024 году

Место в добыче	Страна	Доля в мировой добыче (%)	Место по экспорту	Доля в мировом экспорте (%)
1	Китай	~50	1	~20-25
2	Индия	~12	2	~15-20
3	США	~10	3	~15-18
4	Индонезия	~8	-	-
5	Австралия	~6	-	-
6	Россия	3.8	4	14.2

Приоритетным направлением погрузки и экспорта угля остаются рынки Азиатско-Тихоокеанского региона на фоне реализации программы развития Восточного полигона, а также строительства новых угольных терминалов на Дальнем Востоке. По итогам 2024 года объем транспортировки российского угля в восточном направлении достиг рекордных показателей, превысив первоначальные планы благодаря активной переориентации экспортных потоков.

Все угольные терминалы можно разделить на два основных вида:

- универсальные - порты, принимающие и обрабатывающие все виды грузов - генеральные, наливные, насыпные, навалочные и др. Порты универсального типа преобладают в экономически развитых странах с многопрофильным хозяйством, да и в целом их подавляющее большинство (осуществляют перевалку различных грузов, включая уголь);
- специализированные (осуществляют только перевалку угля):
 - Применяющие наилучшие доступные технологии (далее – НДТ) (имеют специализированное технологическое и природоохранное оборудование (вагоноопрокидователи, оросительные, пылеподавляющие установки)).
 - Не применяющие НДТ.

Российские порты по-прежнему значительно уступают по объемам грузооборота мировым лидерам отрасли. В пятерку самых крупных угольных портов мира по состоянию на 2024 год входят:

1. Терминал Циньхуандао - Китай (свыше 220 млн т)
2. Угольный терминал Кураганг - Австралия (около 130 млн т)
3. Порт Гладстон – Австралия (около 110 млн т)

4. Угольный терминал Ричардс-Бей - Южная Африка (около 95 млн т)
5. Терминал Пуэрто-Боливар – Колумбия (около 70 млн т)

Крупнейшие угольные терминалы России по итогам 2024 года:

1. Порт Усть-Луга – около 50 млн т (с учетом развития мощностей)
2. Порт Восточный – около 38 млн т (значительный рост за счет переориентации потоков)
3. Порт Ванино – около 35 млн т (активное развитие дальневосточного направления)
4. Порт Тамань – около 28 млн т (с учетом ограничений на западном направлении)

Необходимо отметить существенную трансформацию структуры российских угольных портов в 2022-2024 годах, связанную с переориентацией экспортных потоков с западного направления на восточное и южное [83]. Дальневосточные порты значительно нарастили свои мощности и долю в общем экспорте российского угля, что отражает стратегические изменения в географии российских угольных поставок.

Всего же в России перевалка угля ведется в 40 портах, 79 стивидорными компаниями. Для наглядности их географического расположения, все угольные терминалы РФ расположены на карте (рисунок 1.12) подготовленной Институтом проблем естественных монополий [84].

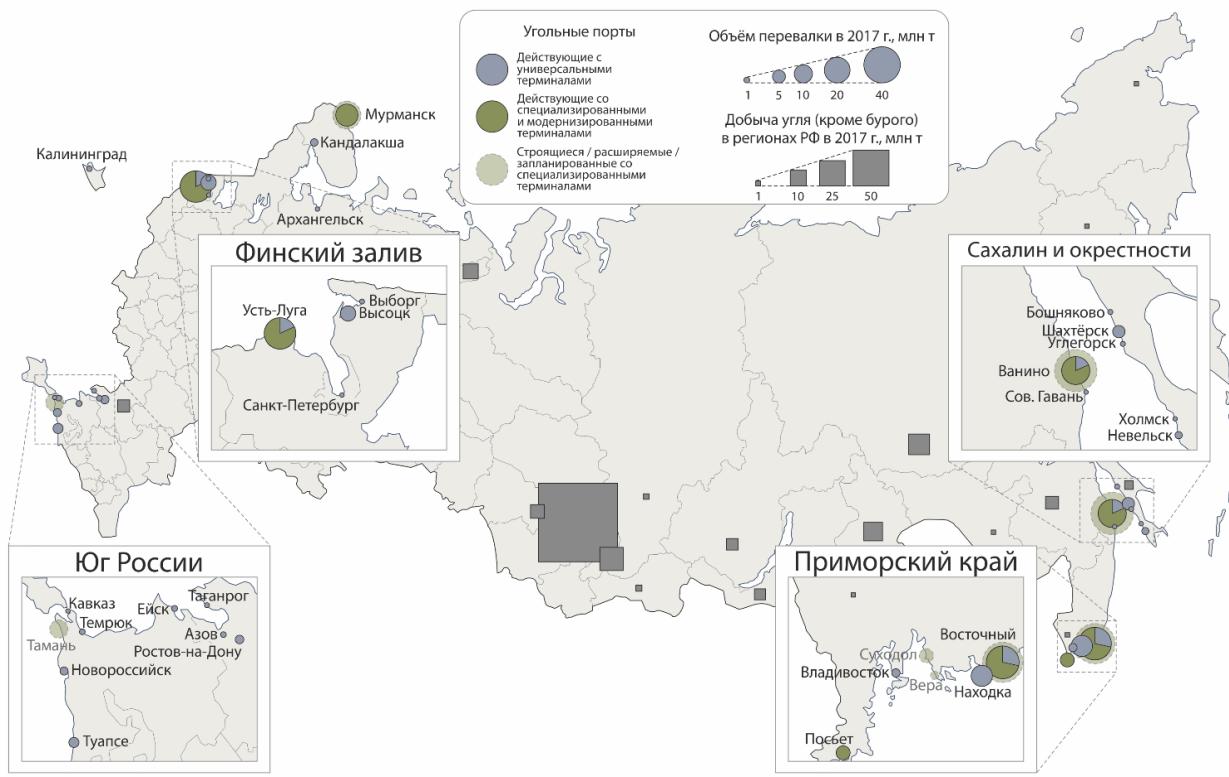


Рисунок 1.12 Угольные терминалы РФ

По факту проведенного в работе исследования выявлено, что большое количество стивидорных компаний сосредоточено на Дальнем Востоке, что на прямую связано с развитием восточного полигона. Но, к сожалению, ситуация с угольной пылью на Дальнем Востоке остается довольно серьезной. Угольные стивидоры постоянно проверяются со стороны органов государственного надзора по причине недобросовестной работы некоторого числа портов, которые по разным причинам не могут соблюдать экологические нормы.

1.2 Технологии обработки грузов на угольных терминалах и вспомогательное производство.

Технология обработки грузов в специализированных и универсальных портах состоит из 4 основных этапов: Разгрузка угля, хранение угля, обработка груза, судовая операция.

Таблица 1.3 Сравнение технологий перевалки угля

Специализированная перевалка	Этап	Универсальная перевалка
Резка и дробление смерзшегося угля в полувагонах	Разгрузка полувагонов	Разморозка смерзшегося угля в полувагонах
Разгрузка вагонов в вагоноопрокидователе (ВО)		Выгрузка груза из полувагонов, при помощи порталовых кранов,
Перемещения груза по средством конвейерных лент до ДСК		Формирование складских штабелей
Дробление и сортировка внутри здания (ДСК)		Привидение угля в транспортабельное состояние, сортировка, дробление
Пересыпка угля с конвейера на конвейер внутри здания (ПС)	Обработка груза	Перемещение груза при помощи грейферов
Пересыпка угля на складские площадки при помощи стакер-реклаймеров		Хранение угля
Хранение угля		Перемещение угля между грузовыми фронтами
Перемещение угля между грузовыми фронтами	Хранение угля	Формирование и разборка штабелей угля
Формирование и разборка штабелей угля		Погрузка угля на судно порталальным краном оборудованным грейфером
Погрузка угля в трюм судопогрузочной машиной (СПМ)	Судовая операция	

Как видно из таблицы 1.3 процесс основное различие в процессе перевалки в разных видах портов заключается в технологии обработки груза, но для дальнейшего анализа необходимо рассмотреть процесс перевалки подробнее.

Универсальный тип перевалки.

1 этап: Логистическая цепочка начинается с прибытия груза в порт железнодорожным транспортом. Поскольку угольная масса в пути подвержена смерзанию, что существенно осложняет дальнейшие операции, обязательной

процедурой (как в специализированных, так и в универсальных терминалах) является прохождение вагонами станций размораживания (тепляков). После восстановления сыпучести происходит выгрузка содержимого полувагонов посредством порталых кранов с грейферными захватами или иной перегрузочной техники. Выгруженное сырье размещается на первичном складе, который называют «грязным», так как на этой стадии уголь еще не прошел необходимую обработку и не готов к морской транспортировке [85].

2 этап: Следующая фаза заключается в доведении физико-химических свойств груза до контрактных требований (транспортабельного состояния). Для этого задействуются специализированные очистные комплексы, оснащенные магнитными сепараторами. Данное оборудование позволяет не только извлечь посторонние предметы и металлический мусор, попавший в массу при перевозке, но и произвести обогащение сырья. Эта процедура критически важна, особенно если конечный потребитель планирует использовать уголь для нужд теплоэлектроцентралей. После завершения процедуру очистки и подготовки уголь перемещается на так называемый «чистый склад».

3 этап: Процесс накопления судовой партии осуществляется на открытых складских площадях, зонированных определенным образом. Склады делятся на тыловые и прикордонные. В тыловой зоне складируется необработанное сырье, которое еще ожидает очистки и подготовки [85]. В прикордонной зоне (на кордоне причала) формируются штабели из уже кондиционного угля, полностью готового к погрузке на балкер.

4 этап: Финальная стадия — погрузка угля в трюмы судна. Операция выполняется с использованием порталых кранов, оснащенных грейферами. Забор груза производится из подготовленного штабеля, находящегося на причальном фронте. Оператор крана перемещает грейфер в просвет трюма, опускает его, производит захват угольной массы и переносит её внутрь судна, обеспечивая загрузку согласно грузовому плану [83].

Специализированный тип перевалки. В отличие от универсальных схем, работа специализированных угольных портов представляет собой более сложную

цепочку, которая может включать до 10 операций (подробно описаны в таблице 1.2).

1 этап: Начальная фаза во многом аналогична процессам в универсальных портах и стартует с захода состава в тепляки для размораживания. Однако здесь технологический процесс дополняется механическим рыхлением (резкой и дроблением) массива угля непосредственно в кузове. Восстановление сыпучести — критически важное условие для следующей операции: разгрузки в вагоноопрокидывателе (ВО). Это гарантирует, что при переворачивании полувлагона груз полностью, без остатка, высыпается на приемные конвейерные линии.

2 этап: Из приемного бункера сырье направляется в дробильно-сортировочный комплекс (ДСК). На этом участке производится дополнительное измельчение фракций и их сепарация. После обработки уголь через систему пересыпных станций (ПС) распределяется по маршруту. Характерной чертой специализированных портов является полная автоматизация перемещения груза: транспортировка осуществляется исключительно посредством ленточных конвейеров и стакер-реклаймеров (укладчиков-заборщиков).

3 этап: Организация складского хранения (штабелирование, зонирование) осуществляется согласно тем же нормативам и принципам, которые применяются при универсальном методе перевалки.

4 этап: Непосредственная погрузка на морское судно выполняется с помощью высокопроизводительных судопогрузочных машин (СПМ), что отличает этот метод от крановой погрузки.

Для наглядного сравнения компоновки оборудования и инфраструктуры универсальных и специализированных морских терминалов следует обратиться к схемам, представленным на рисунках 1.13 и 1.14.

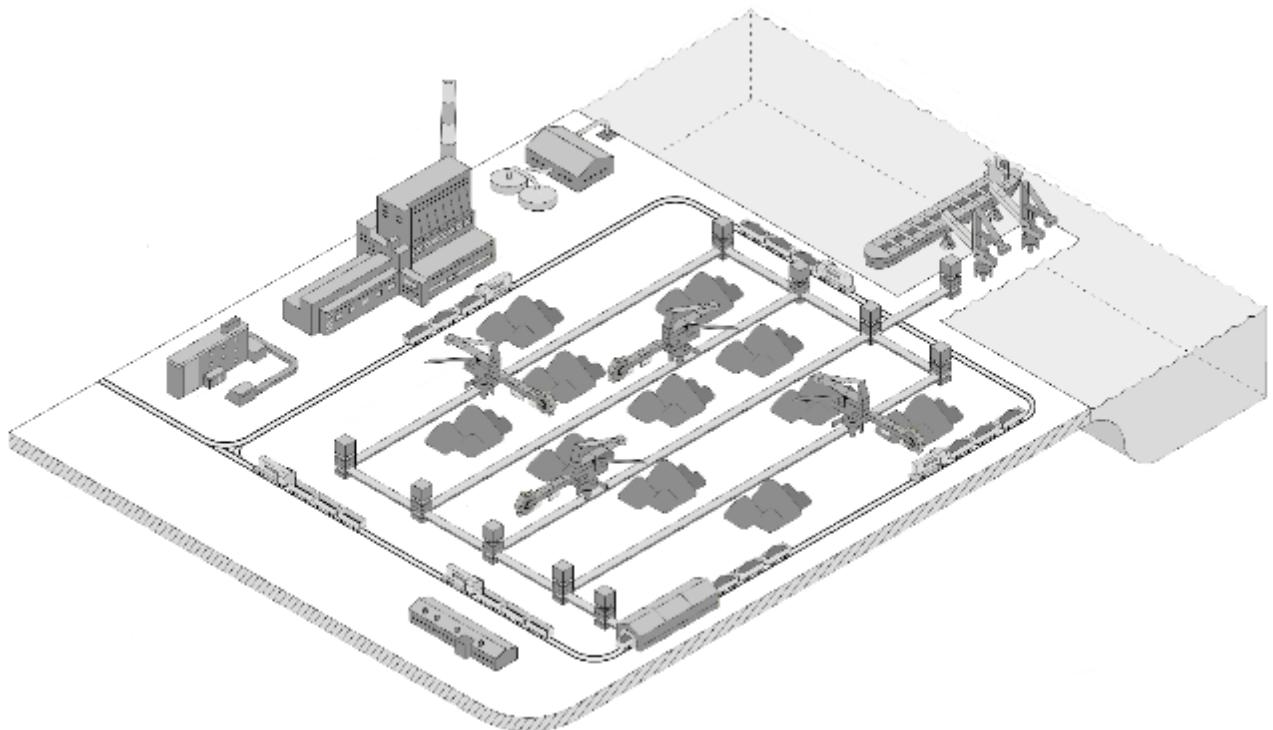


Рисунок 1.13 Схема специализированного угольного терминала

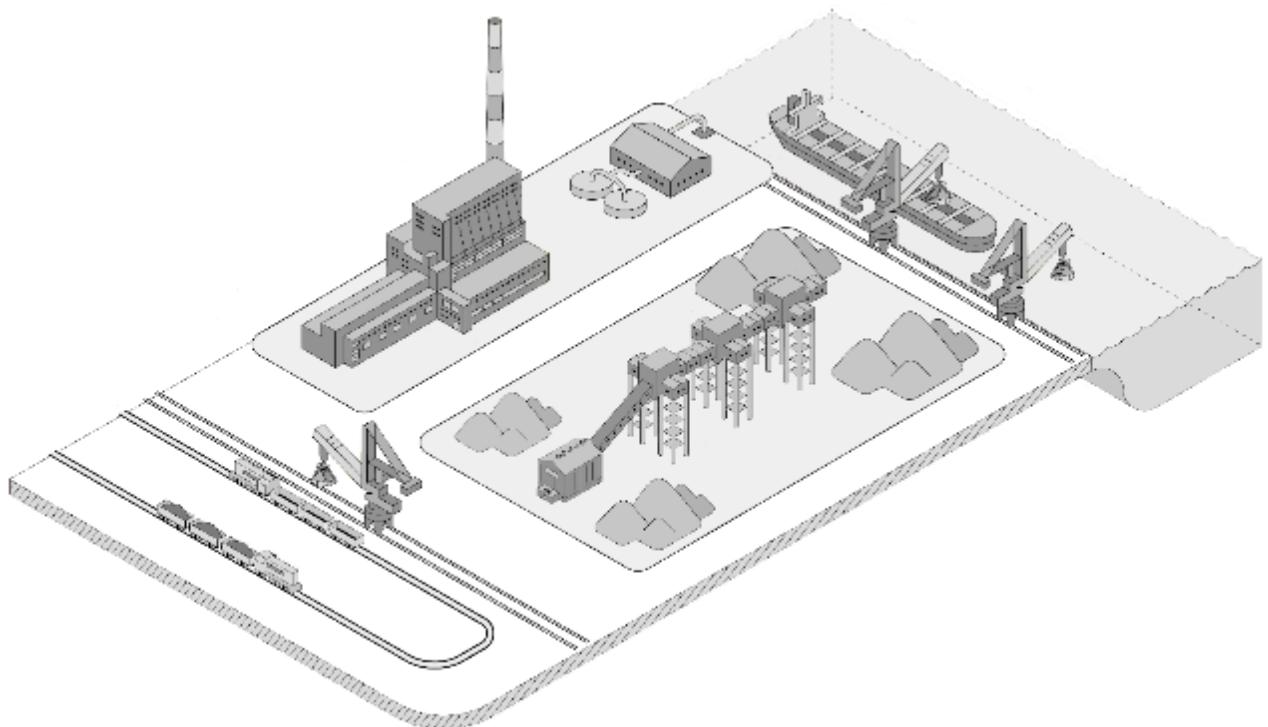


Рисунок 1.14 Схема универсального угольного терминала

1.3 Источники негативного воздействия в морских угольных терминалах.

Несмотря на то что транспортировка грузов водным транспортом считается одной из самых безопасных с точки зрения воздействия на окружающую среду, как и любая производственная деятельность, перегрузка и хранение грузов в морских портах сопровождаются негативным влиянием на окружающую среду.

Наиболее опасными считаются нефть и продукты её переработки, а также навалочные сыпучие грузы, такие как уголь и руда, содержащие тяжёлые металлы и другие соединения, представляющие угрозу для экосистем [92]. Опасными принято считать грузы, в составе которых присутствуют вещества, способные при попадании в окружающую среду оказывать негативное влияние на её биологические ресурсы. Эти вещества могут вызывать отравление и гибель организмов, а также представлять угрозу для здоровья человека, приводя к интоксикации или заболеваниям в случае незащищённого контакта с ними [86].

Проблемы, связанные с попаданием наливных грузов в водную среду чаще всего связаны с аварийными сбросами, чрезвычайными ситуациями, либо недостаточной эффективностью работы очистных сооружений. Чаще всего причинами таких инцидентов является нарушение требований промышленной безопасности и порядка выполнения работ.

В морских терминалах, занимающихся перегрузкой насыпных грузов, в частности угля, основной проблемой является загрязнение атмосферного воздуха при перевалке пылящих сыпучих грузов.

В исследованиях атмосферной среды, как правило, принимают аэродинамический эквивалент общего количества взвешенных в воздухе частиц диаметром меньше 100 мкм в качестве универсального показателя загрязнения при оценке качества атмосферного воздуха. Длительное время взвешенные в атмосфере вещества с диаметром частиц менее 10 мкм именуются взвешенной пылью. Поскольку данные частицы пыли способны проходить через дыхательную систему и попадать внутрь организма человека, они также именуются «вдыхаемыми частицами PM10». Они являются одним из компонентов атмосферного загрязнения

с самым сложным составом и наибольшим негативным влиянием на здоровье человека. Данный компонент является одним из основных показателей при мониторинге качества атмосферного воздуха. Что касается сверхмелких частиц с эквивалентным диаметром менее 2,5 мкм, поскольку они способны проникать внутрь легочных альвеол человека и накапливаться в них, то именуются они «дыхательными частицами PM2.5». Если говорить о загрязнении атмосферного воздуха портовых городов, расположенных на морском побережье, непосредственным источником такого загрязнения является пыль, которая распространяется и переносится ветрами в атмосферной среде.

Пыление может стать причиной развития пневмокониозы – группа неопухолевых интерстициальных заболеваний легких, вызванных вдыханием и накоплением частиц неорганической пыли в легких, характеризующихся хроническим диффузным асептическим воспалением и образованием легочного фиброза [86].

На территории РФ в период с 2014 по 2024 год доля патологий, спровоцированных воздействием промышленных аэрозолей, варьировалась в диапазоне 15,9 – 17,6% от общего числа профессиональных заболеваний.

Основной массив диагнозов (свыше 60%), связанных с аэрозольным фактором, этиологически обусловлен влиянием фиброгенной пыли. В нозологической структуре преобладают хронические пылевые бронхиты, на которые приходится 24,3%, далее следуют пневмокониозы (18,4%) и хроническая обструктивная болезнь легких (17,5%).

Согласно статистике, представленной в Государственных докладах о санэпидблагополучии [87], за рассматриваемую пятилетку удельный вес пневмокониозов внутри группы «пылевых» заболеваний был нестабилен: показатели менялись от максимума в 25,9% в 2017 году до снижения к 18,4% в 2019 году. Если рассматривать общую структуру всей профпатологии, то частота выявления пневмокониозов составляет от 2,96% до 4,30%.

Актуальные медицинские трактовки определяют пневмокониоз как хронический воспалительный процесс диффузного характера, протекающий в

легочной ткани. Патогенез заболевания характеризуется структурной перестройкой (альтерацией) органа и прогрессирующим фиброзом, возникающим вследствие длительного профессионального контакта с пылевыми частицами [88, 89, 90].

Максимальные показатели профессионального риска возникновения пневмокониозов фиксируются среди персонала предприятий горнорудного и перерабатывающего секторов, металлургии, а также в сфере капитального строительства и индустрии выпуска стройматериалов.

Специфика и интенсивность патологического ответа легочной ткани на ингаляционное воздействие пылевых агентов детерминированы двумя ключевыми категориями условий:

- Параметры экспозиции: уровень концентрации взвешенных частиц в рабочей зоне и временной фактор (продолжительность профессионального стажа).
- Биологические особенности: индивидуальная восприимчивость организма к аэрозолям и наличие эндогенных предпосылок, способствующих фиброзированию.

Вероятность манифестации пневмокониоза напрямую зависит от совокупности обстоятельств: наличия контакта с вредным фактором, величины суммарной пылевой нагрузки (критической массы накопленной неорганической пыли), фактора табакокурения, а также генетически обусловленной склонности к формированию легочного фиброза [88].

Открытые угольные хранилища являются неорганизованным источником загрязнения атмосферного воздуха и характеризуются неопределенной интенсивностью источника пыли. Поэтому, выявление закономерностей образования пыли на открытых источниках пыли имеет огромное значение для решения вопросов загрязнения атмосферы городами частицами пыли, поднимающейся с таких открытых источников.

Основным источником образования пыли являются открытые хранилища сыпучих грузов. В рамках технологического процесса хранения каменного угля интенсивность пылевыделения обусловлена совокупностью факторов:

конфигурацией штабеля, степенью поверхностного увлажнения угля, а также метеорологическими условиями.

Масштабы эмиссии и последующей дисперсии твердых частиц обусловлены не только физико-механическими параметрами самого сырья (гранулометрический состав, плотность, влагосодержание), но и текущей метеорологической обстановкой. Аэродинамические показатели играют решающую роль: скорость ветрового потока коррелирует с объемом поднимаемой взвеси и дальностью ее переноса от источника, в то время как вектор ветра определяет траекторию распространения загрязнителей по прилегающей территории. Атмосферные осадки, напротив, выполняют функцию естественного механизма подавления пыли, снижая уровень загрязнения воздуха.

Нерациональная деятельность по перевалке угля в морских портах не редко становится причиной жалоб со стороны жителей припортовых городов, выставления штрафов и ущербов [90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97]. Но иногда органы надзора прибегают к самой суровой, на данный момент мере – приостановке деятельности. В таблице 1.4 представлены данные по критичным нарушениям морских портов (преимущественно за пыление угля).

Таблица 1.4 Приостановки деятельности портов 2017 – 2023

№	Наименование порта	Год приостановки	Кол-во дней	Нарушение
1	АО «Порт Ванино»	2020	Штраф	Просыпь угля на складе; локальное пыление
2	ПАО «Новороссийский морской торговый порт»	2017	Обжаловано	Пирс загрязнен отходами, что повлек. загрязнение акватории
3	ОАО «Терминал Астафьев»	2017	60	Нарушения обязательных норм и правил в области ПБ
4	АО «Порт Восточные ворота – Приморский завод»	2018	10	Несоответствие с проектом СЗЗ (прев. г/о и перевалка пр. груз.)
5	ООО «Судоремонтный комплекс – Приморский завод»	2018	Штраф	Загрязнение акватории нефтепродуктами
6	АО «Порт Восточные ворота – Приморский завод»	2018	Штраф	Перевалка без разрешения
7	АО «Приморский завод»	2018	Штраф	Загрязнение акватории нефтепродуктами
8	ООО «Геомар»	2019	Штраф	Просыпь угля на ж/д путях вне склада
9	ООО «Порт Ливадия»	2019	14	Отсутствует ПВЭ и СЭЗ; прев. ПДК

Классификация источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу предполагает их разделение на две основные категории: организованные и неорганизованные. Организованными считаются источники, выбросы от которых локализованы и поступают в воздушную среду через специально оборудованные газоотводящие устройства (трубы, воздуховоды), что создает техническую возможность для их оснащения аппаратами газоочистки и пылеулавливания. В отличие от них, неорганизованные источники представляют собой диффузные или площадные выбросы, возникающие в ходе технологических процессов, не имеющих фиксированных точек отвода, например, при складских операциях и перемещении грузов. Есть ряд негативных особенностей неорганизованных источников выбросов:

1. Такие источники выбросов намного сложнее контролировать
2. Зависимы от погодных условий
3. Требуют применения природоохранных мероприятий, для снижения распространение в атмосферном воздухе

Увеличение интенсивности грузовых работ, судоходства в портах существенным образом влияет на экологическую обстановку. Основными загрязняющими веществами на территории морских терминалов зон являются парниковые газы, углекислый газ (CO_2), метан (CH_4), закись азота (N_2O), оксид азота (NO_x), твердые частицы и оксиды серы (SO_x) [98].

Данное разделение на группы справедливо как для универсальных портов, так и для специализированных. Источники выбросов возникающие от процессов работы порта схожи при разных типах перевалки.

Для комплексного анализа проблемы пыления в морских угольных портах, рассмотрение каждого источника выбросов будет непосредственно связано с конкретным технологическим этапом.

Как рассматривалось в главе 1.2 есть 4 основных этапа перевалки угля в порту: Разгрузка вагонов, Обработка груза, Хранение и Судовая операция. Помимо этих 4 этапов в порту также есть вспомогательное производство, которое отвечает за удовлетворение и обслуживание потребностей порта. Для дальнейшего анализа

применимости природоохранных мероприятий в морском угольном порту необходимо оценить вклад в общий валовый выброс источников выбросов на каждом технологическом этапе, рассмотренном в параграфе 1.2.

Для начала были рассмотрены источники пыления характерные определенному типу перевалки, что позволило разделить все источники пыления на две группы: источники пыления от перевалки и источники пыления от работы порта.

Характеристика источников загрязнения атмосферного воздуха на специализированном угольном терминале.

Ниже на рисунке 1.15 представлена принципиальная производственная схема портового специализированного угольного терминала с указанием расположения организованных и неорганизованных источников пыления. В данную технологическую схему включены только те объекты и оборудование, которые потенциально являются источниками выделения угольной пыли при перемещении и хранении угля [14].

Примем обозначение источников загрязнения атмосферы:

- ИУ – источник загрязнения атмосферного воздуха в универсальном порту
- ИС – источник загрязнения атмосферного воздуха в специализированном порту

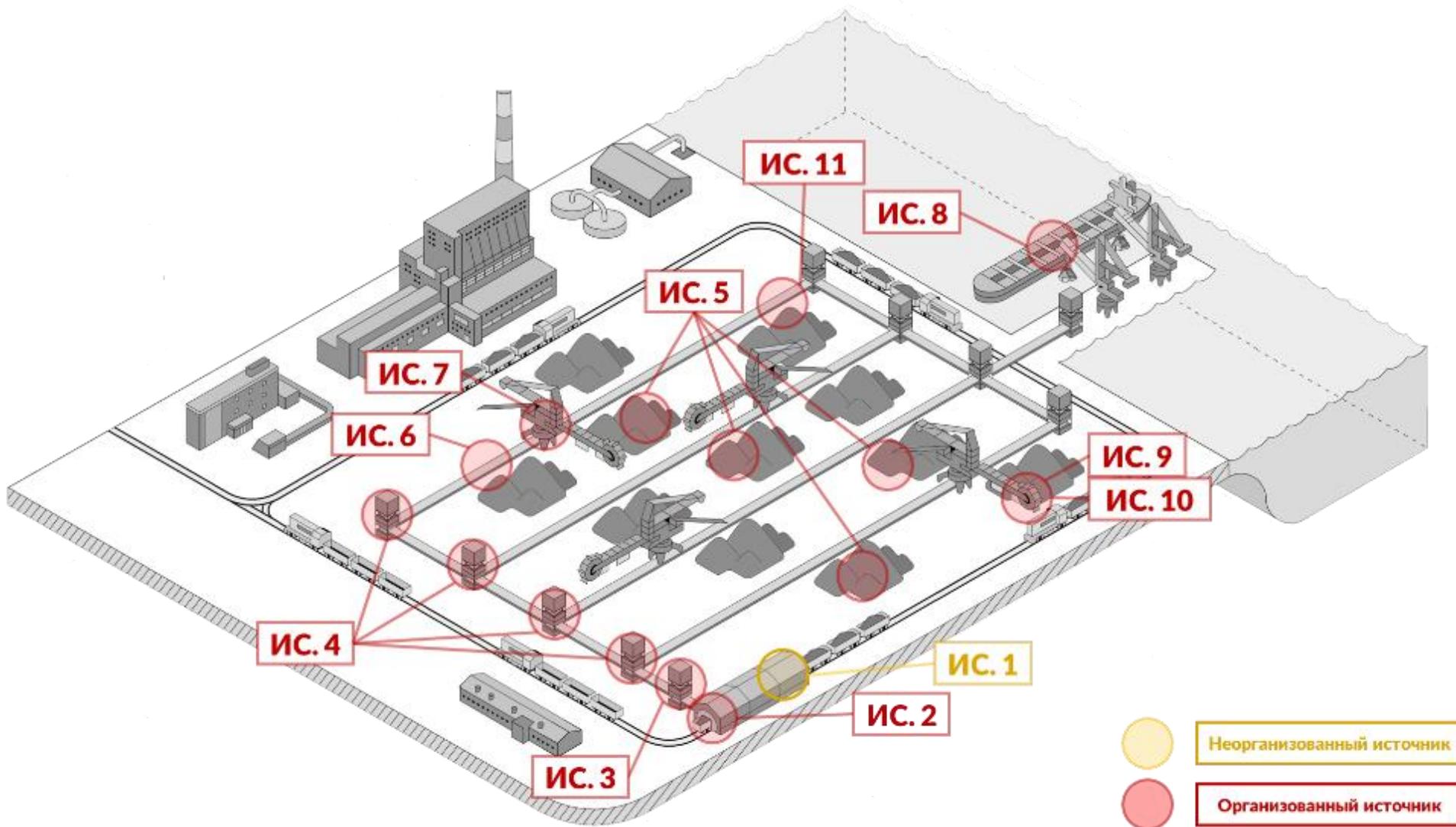


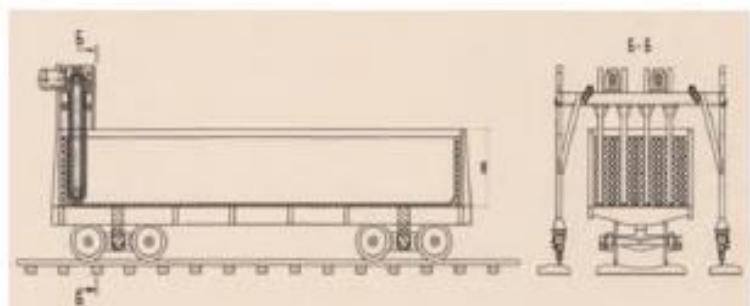
Рисунок 1.15 Визуализация источников загрязнения атмосферы для условий специализированного угольного терминала.

ИС.1. Резка и дробление смерзшегося угля в полувагонах

Ранее в работе было отмечено, что уголь, поступающий в порт, нередко прибывает в смерзшемся состоянии, что затрудняет его дальнейшую перевалку и обработку. Для устранения данной проблемы применяются системы механического восстановления сыпучести и подготовки смерзшего угля, размещённого в железнодорожных полувагонах. Такие системы включают в себя различные комплексы – резательные, бурильные и иные устройства (рисунок 1.16).



Бурильная установка для
рыхления угля в вагоне



Установка для рыхления угля типа СМРК (самоходный
резательный комплекс)

Рисунок 1.16 Системы механического восстановления сыпучести угля в вагоне

В некоторых терминалах прежде чем приступить к резке и дроблению смерзшегося угля, полуваагоны загоняют в тоннели, оснащённые отопительными приборами – установки оттаивания, что в свою очередь значительно повышает эффективность процесса разгрузки вагонов. Но, такие установки также являются источником загрязнения атмосферы, в результате работы которых выделяются продукты сгорания: оксид и диоксид азота, оксид углерода, бензапирен.

ИС.2. Разгрузка вагонов в вагоноопрокидователе

Начальным этапом технологического цикла в специализированном угольном порту является выгрузка угля из полуваагонов на роторных вагоноопрокидывателях (рисунок 1.17). Данная операция является значимым источником неорганизованного пылевыделения, особенно при отсутствии или неэффективной работе систем аспирации и орошения. После выгрузки материал проходит

предварительное измельчение на дробильно-фрезерных машинах и через приемные бункеры подается на конвейерную линию [14].

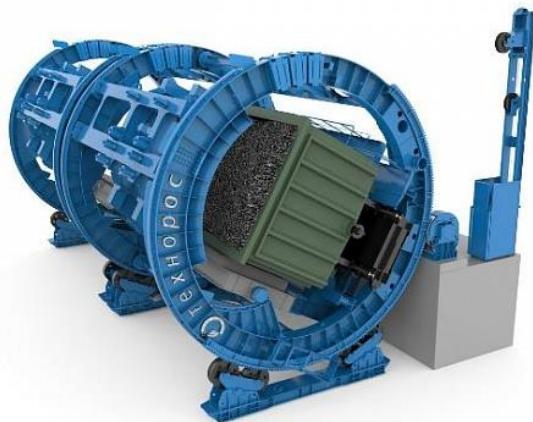


Рисунок 1.17 Роторный вагоноопрокидователь

ИС.3. Перемещение груза. Дробление и сортировка внутри здания (ДСК)

Предпогрузочная подготовка угля в порту преследует две цели: удаление инородных включений и корректировку гранулометрического состава до контрактных значений (например, 0–50 мм). Данные операции выполняются на дробильно-сортировочных комплексах (ДСК) (рисунок 1.18), работа которых является неорганизованного источником пылевыделения. Выброс пыли сопровождает процессы дробления, грохочения и пересыпки материала в конвейерной цепи [14].

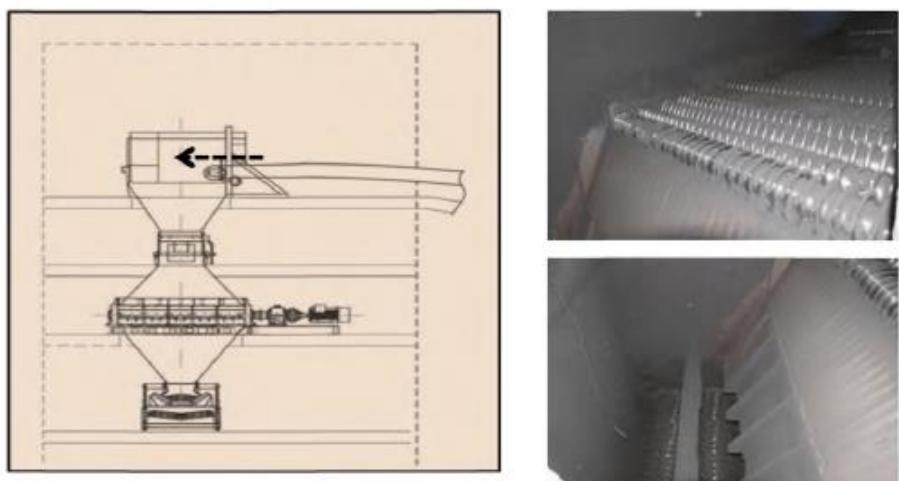


Рисунок 1.18 Дробильно-сортировочная установка

ИС.4. Пересыпка угля

Транспортировка угля от вагоноопрокидывателя к складу осуществляется системой конвейерных линий. Основным источником пылевыделения в этой технологической цепи являются узлы пересыпки, где происходит передача материала между конвейерами.

ИС.5. Открытые штабели угля на складе (СКЛ)

Процесс хранения угля на открытых складах является ключевым источником неорганизованной пылевой эмиссии в порту. Независимо от того, используется ли универсальная или специализированная технология, пыление возникает при работе перегрузочного оборудования и, в первую очередь, в результате ветровой эрозии поверхности штабелей.

Интенсивность ветровой эрозии определяется скоростью воздушного потока и влажностью материала. Исследования показывают, что аэродинамический унос затрагивает преимущественно частицы размером менее 200 мкм. При этом основная их масса выпадает из потока в пределах санитарно-защитной зоны, а на значительные расстояния распространяются только наиболее летучие фракции (менее 10 мкм). Более крупные частицы остаются на поверхности, способствуя постепенному уплотнению и огрублению поверхностного слоя штабеля, что повышает его ветроустойчивость.

ИС.6. Перемещение угля между грузовыми фронтами

Технологическая цепь специализированного угольного терминала инициируется на узле разгрузки полувагонов. На данном этапе, осуществляемом посредством роторных вагоноопрокидывателей, генерируется интенсивный неорганизованный выброс пыли, минимизация которого напрямую зависит от эффективности систем аспирации и гидроорошения. Выгруженный материал далее подвергается первичному дроблению на фрезерных установках и через накопительные бункера поступает на магистральный конвейер [14].

ИС.7. Формирование и разборка штабелей угля.

Для выполнения операций по укладке и отгрузке угля на складах применяются стакер-реклаймеры (СтР) — машины, перемещающиеся по рельсовым путям вдоль штабелей (рисунок 1.19). Процессы штабелирования и рекламиации, выполняемые данным оборудованием, являются главным неорганизованным источником пыления в порту [14].

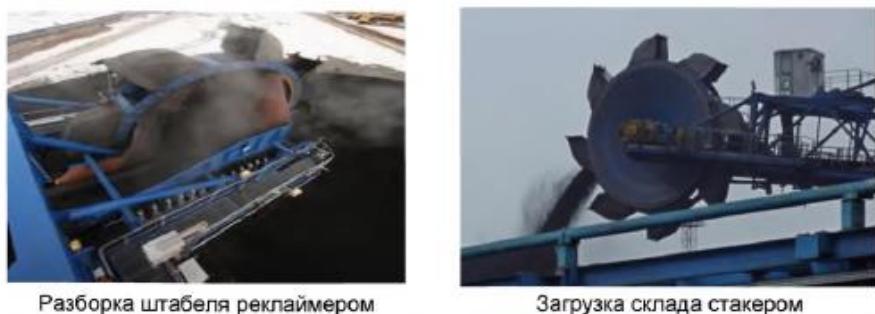


Рисунок 1.19 СГФ при загрузке склада стакерами

ИС.8. Погрузка угля на судно судопогрузочной машиной (СПМ)

Структура морского грузового фронта (МГФ), также именуемого причальным перегрузочным комплексом, объединяет в единую технологическую цепь гидротехнический объект (причальную стенку), оборудование для загрузки судов (СПМ) и сопряженную с ним ветку конвейерного транспорта.

Необходимо учитывать, что данный участок транспортировки может выступать генератором неорганизованных пылевых выбросов. Это происходит в тех случаях, когда конструктивное исполнение линии представляет собой открытую эстакаду, не оборудованную защитным кожухом или галереей (пример приведен на рисунке 1.20).

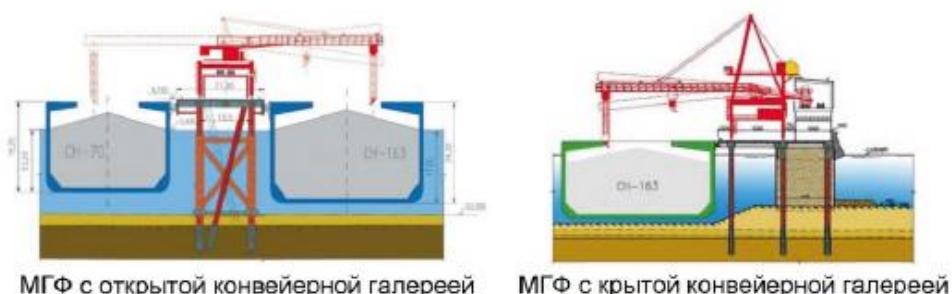


Рисунок 1.20 Морской грузовой фронт

Однако доминирующим источником выбросов на данном узле является сам процесс загрузки судна. Интенсивное пылеобразование (рисунок 1.21) возникает в момент свободной пересыпки материала со стрелы СПМ в открытый трюм. Особенно значительный выброс при перевалке неувлажненных марок угля с высокой производительностью [14].



Рисунок 1.21 Пыление при погрузке угля

Характеристика источников пыления универсального морского порта

Универсальный перегрузочный терминал характеризуется комплексом стационарных неорганизованных источников эмиссии угольной пыли, локализованных в следующих производственных зонах (рисунок 1.22):

- Морской грузовой фронт (МГФ), оснащенный грейферными порталыми кранами.
- Открытые складские площадки (СКЛ) для временного накопления груза.
- Складские грузовые фронты (СГФ), где задействованы краны (КРН), гидравлические перегружатели (ГП), автопогрузчики (КАП), а также мобильное оборудование — конвейеры (ТКС) и дробильно-сортировочные комплексы (ДСК) [14].
- Железнодорожный грузовой фронт (ЖГФ), где разгрузка вагонов осуществляется грейферными кранами и перегружателями [14].

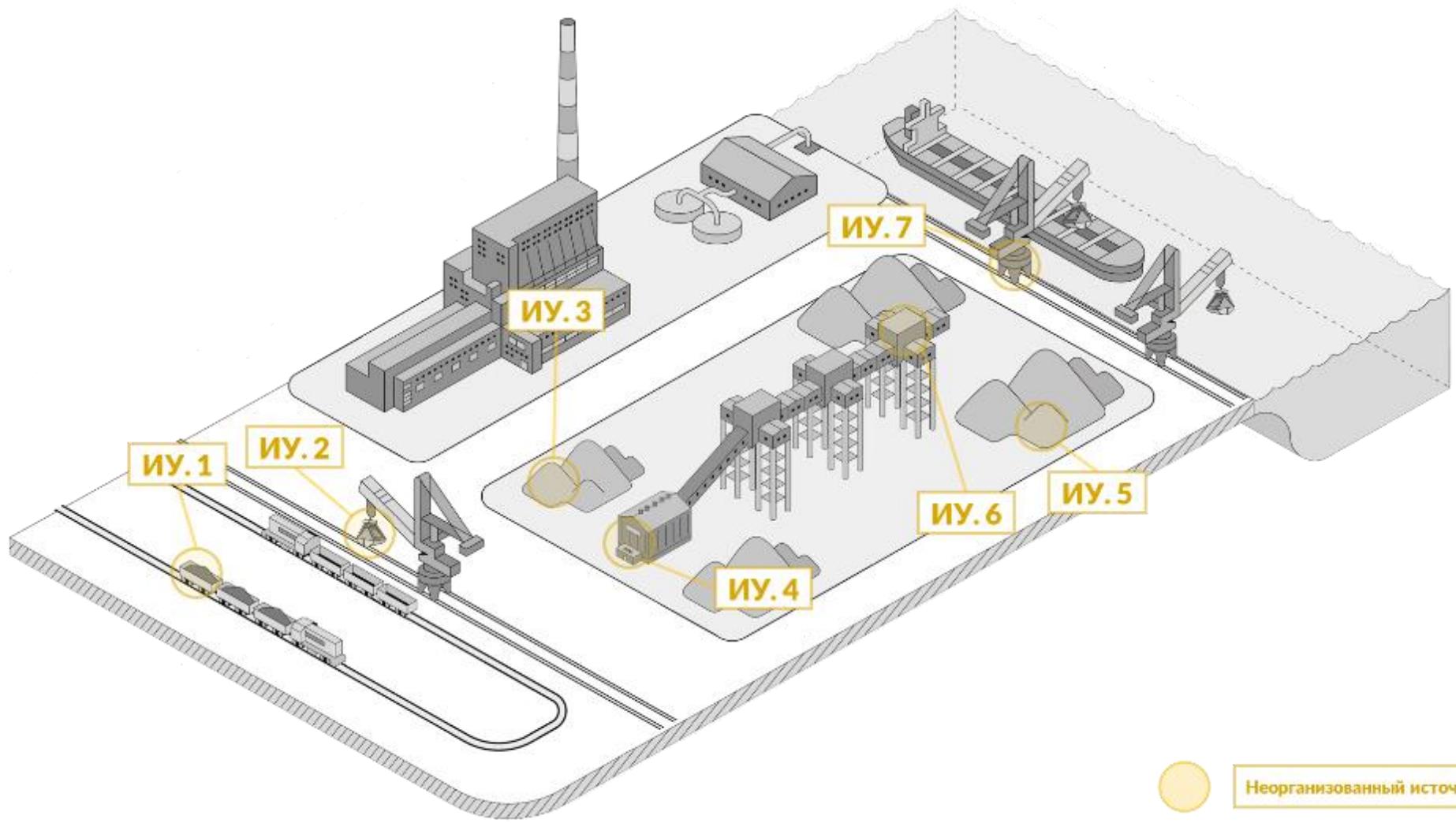


Рисунок 1.22 Основные источники пыления на универсальном терминале

ИУ.1 Разморозка смерзшегося угля в полувагонах

Этап разморозки угля полностью повторяет разморозку полувагонов при специализированной перевалке, но необходимо отметить, что большинство универсальных терминалов не имеют собственных установок при разморозке полувагонов и фактически уголь приходится «разламывать» вручную.

ИУ.2 Выгрузка груза из полувагонов, при помощи порталых кранов

При универсальной перевалке, в отличие от специализированной, основные грузовые операции осуществляются с помощью грейферных кранов и фронтальных погрузчиков. Именно работа этого оборудования, перемещающего уголь из вагонов на открытые склады, является основным неорганизованным источником пылевыделения. Выбросы пыли происходят в ходе всего рабочего цикла: при заборе, перемещении и выгрузке материала [14].

ИУ.3 Формирование складских штабелей и ИУ.4 Приведение угля в транспортабельное состояние

Ключевым требованием к технологии перевалки является приведение груза в кондиционное состояние перед его погрузкой на судно. Для этого практически весь объем экспортного угля подвергается подготовке, включающей очистку от инородных включений (в первую очередь, металла) и корректировку фракционного состава путем дробления и сортировки (рисунок 1.23). Данные операции производятся на мобильных дробильно-сортировочных комплексах (ДСК), работа которых является существенным неорганизованным источником пылевыделения.



Рисунок 1.23 Операции по приведению угля в транспортабельное состояние на ДСК могут сопровождаться обильным пылением

ИУ.5 Открытые складские площадки (СКЛ)

Склады угля представляют из себя открытые площадки, расположенные в тыловых и прикордонных зонах терминала. В тыловых зонах хранится уголь, не прошедший очистку и другую необходимую подготовку для приведения в транспортабельное состояние. В прикордонных зонах склада перед погрузкой на судно формируется судовая партия угля, приведенного в транспортабельное состояние.

Штабели склада открытого хранения угля (рисунок 1.24) являются источниками пыления (ИУ.4) в основном из-за ветровой эрозии.



Рисунок 1.24 Уголь в складских штабелях

ИУ.6 Перемещение угля и формирование штабелей

Уголь поступает в приёмный бункер установки с помощью ковшового погрузчика. На начальном этапе уголь направляется на ленточный транспортер, под которым размещён магнитный сепаратор. Металлические примеси, попадающие вместе с углём, притягиваются к магниту и автоматически сбрасываются в специальный ковш для сбора мусора. После этого уголь с транспортера установки перемещается в приёмный бункер сортировочного устройства [17].

Приведённый в транспортабельное состояние уголь передаётся на радиальный конвейер, а затем – на телескопический конвейер. Последний транспортирует уголь на склад накордонной зоны причала, предназначенный для временного хранения материала перед погрузкой на судно.

ИУ.7 Погрузка угля на судно порталым краном оборудованным грейфером

Судопогрузочные операции осуществляются с применением порталовых кранов, оснащенных грейферными захватами. Груз перемещается в трюм непосредственно из штабелей временного хранения, сформированных в прикордонной зоне (на рабочей площадке) причала.

Прочие источники выбросов в морском порту

В морском угольном порту, помимо источников выбросов, напрямую связанных с переработкой угля, существуют и дополнительные источники, не имеющие прямого отношения к углю. Эти источники могут быть связаны с функционированием вспомогательного оборудования, транспортной инфраструктуры и сопутствующих процессов [99].

ИП.1 Остатки угля на твердых покрытиях

На покрытиях дорог, производственных проездов и площадок в процессе перевалки угля через универсальный терминал скапливаются просыпи угля и

угольная пыль (рисунок 1.25). Эти портовые объекты являются неорганизованными площадными источниками пыления.



Рисунок 1.25 Пыление территории от неочищенных покрытий

Остатки угля и угольной пыли на покрытиях дорог, проездов и площадок угольных терминалов (рисунок 1.26) являются мощным неорганизованным площадным источником пыления при воздействии ветра и движущегося транспорта.



Рисунок 1.26 Скопления пыли на покрытиях дорог

ИП.2 Работа маневровых тепловозов

Железнодорожные операции на терминале являются значимым передвижным источником загрязнения атмосферы. Его возникновение обусловлено дисбалансом между скоростью прибытия составов и пропускной способностью разгрузочных комплексов, что приводит к необходимости длительных маневровых операций и простоя тепловозов с работающими двигателями.

Эксплуатация маневрового железнодорожного транспорта с дизельными силовыми установками неизбежно ведет к поступлению в атмосферу продуктов сгорания топлива, среди которых присутствуют сажа, углеводороды, оксид

углерода, а также диоксиды азота и серы. В ходе проведения инвентаризации источников негативного воздействия в расчет принимаются абсолютно все фазы функционирования двигателей.

ИП.3 Выбросы от стоянки судов у порта и на рейде

Крупный угольный морской терминал России в среднем обрабатывает более 350 транспортных судов в год. Во время того, как ведутся разгрузочно-погрузочные работы, производится ремонт, как правило транспортное судно использует собственные дизель-генераторы для обеспечения энергией команды судна. В данном случае расходуется топливо и, соответственно, в атмосферу выбрасываются загрязняющие вещества, что может привести к ухудшению экологической обстановки в близлежащих районах. В среднем за время стоянки транспортного судна в порту в атмосферу выбрасывается около 15 тонн загрязняющих веществ, среди которых SO_2 , CO и NO_x [92].

ИП.4 Производственный комплекс энергоснабжения

Производственный комплекс энергоснабжения (ПКЭ) обеспечивает порт водоснабжением, канализацией, энерго- и теплоснабжением. В состав ПКЭ входят котельная порта и мазутное хозяйство. В зависимости от региона расположения порта, котельная может работать круглогодично, либо только зимой. Чаще всего строятся мазутные котельные, основные выбросы от которых — это Диоксид азота, оксид азота, углерод (сажа) и пр.

ИП.5 Работа буксиров

Работа буксиров в морских портах является источником загрязнения атмосферы, поскольку эти суда обычно оснащены мощными двигателями внутреннего сгорания, работающими на жидким топливом, чаще всего на дизельном. Этот вид деятельности играет важную роль в поддержании операций портового хозяйства, но с экологической точки зрения создает определённые проблемы из-за выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

ИП. 6 Прочие источники выбросов

Под прочими источниками выбросов в морском порту понимаются:

- Строительно-ремонтные работы в порту- периодическое проведение строительных и ремонтных работ, таких как расширение складских мощностей, реконструкция пирсов или обслуживание оборудования, может служить источником пыли, паров растворителей, ударно-шумовых нагрузок и других загрязнений.
- Отходы от жизнедеятельности персонала - порты, как места с высокой концентрацией рабочих и административных процессов, становятся источником бытовых отходов, в том числе загрязнений воздуха из-за сжигания мусора или загнивания органических отходов.
- Выбросы от вспомогательных промышленных объектов - на территории портов могут быть небольшие промышленные или инженерные объекты, идущие в связке с основными портовыми функциями, например, очистные сооружения, которые при переработке сточных вод могут выделять летучие соединения (например, метан, сероводород) в атмосферу.
- Проведенный анализ текущей обработки угля в морских портах показал, что все источники выбросов в угольном порту можно разделить на 5 блоков (Таблица 1.5).

Таблица 1.5 Основные источники выбросов в угольных терминалах

Номер источника	Специализированная перевалка	Этап	Универсальная перевалка	Номер источника
ИС. 1	Резка и дробление смерзшегося угля в полувагонах	Разгрузка полувагонов	Разморозка смерзшегося угля в полувагонах	ИУ. 1
ИС. 2	Разгрузка вагонов в вагоноопрокидователе (ВО)		Выгрузка груза из полувагонов, при помощи порталовых кранов	ИУ. 2
ИС. 3	Перемещения груза по средством конвейерных лент до ДСК	Обработка груза	Формирование складских штабелей	ИУ. 3
	Дробление и сортировка внутри здания (ДСК)		Привидение угля в транспортабельное состояние, сортировка, дробление	ИУ. 4
ИС. 4	Пересыпка угля с конвейера на конвейер внутри здания (ПС)	Хранение угля	Открытые складские площадки	ИУ. 5
	Пересыпка угля на складские площадки при помощи стакер-реклаймеров		Перемещение угля между грузовыми фронтами	ИУ. 6
ИС. 5	Открытые складские площадки		Формирование и разборка штабелей угля	
ИС. 6	Перемещение угля между грузовыми фронтами	Судовая операция	Погрузка угля на судно порталым краном оборудованным грейфером	ИУ. 7
ИС. 7	Формирование и разборка штабелей угля		Остатки угля на твердых покрытиях	
ИС. 8	Погрузка угля на судно судопогрузочной машиной	Прочие	Работа маневровых тепловозов	ИП. 1
ИП. 1	Остатки угля на твердых покрытиях		Выбросы от стоянки судов у порта и на рейде	ИП. 2
ИП. 2	Работа маневровых тепловозов		Производственный комплекс энергоснабжения	ИП. 3
ИП. 3	Выбросы от стоянки судов у порта и на рейде		Работа буксиров	ИП. 4
ИП. 4	Производственный комплекс энергоснабжения		Прочие	ИП. 5
ИП. 5	Работа буксиров			ИП. 6
ИП. 6	Прочие			

Также проведенный анализ, и экспертная оценка позволили определить вклад каждого из этапов перевалки в общий валовый выброс порта, как для универсального, так и для специализированного порта. Основной вклад в валовый выброс угольного терминала составляют источники выбросов задействованные на этапе хранения угля. Классификацию выбросов в морском угольном порту можно представить в виде схемы (Рисунок 1.27).

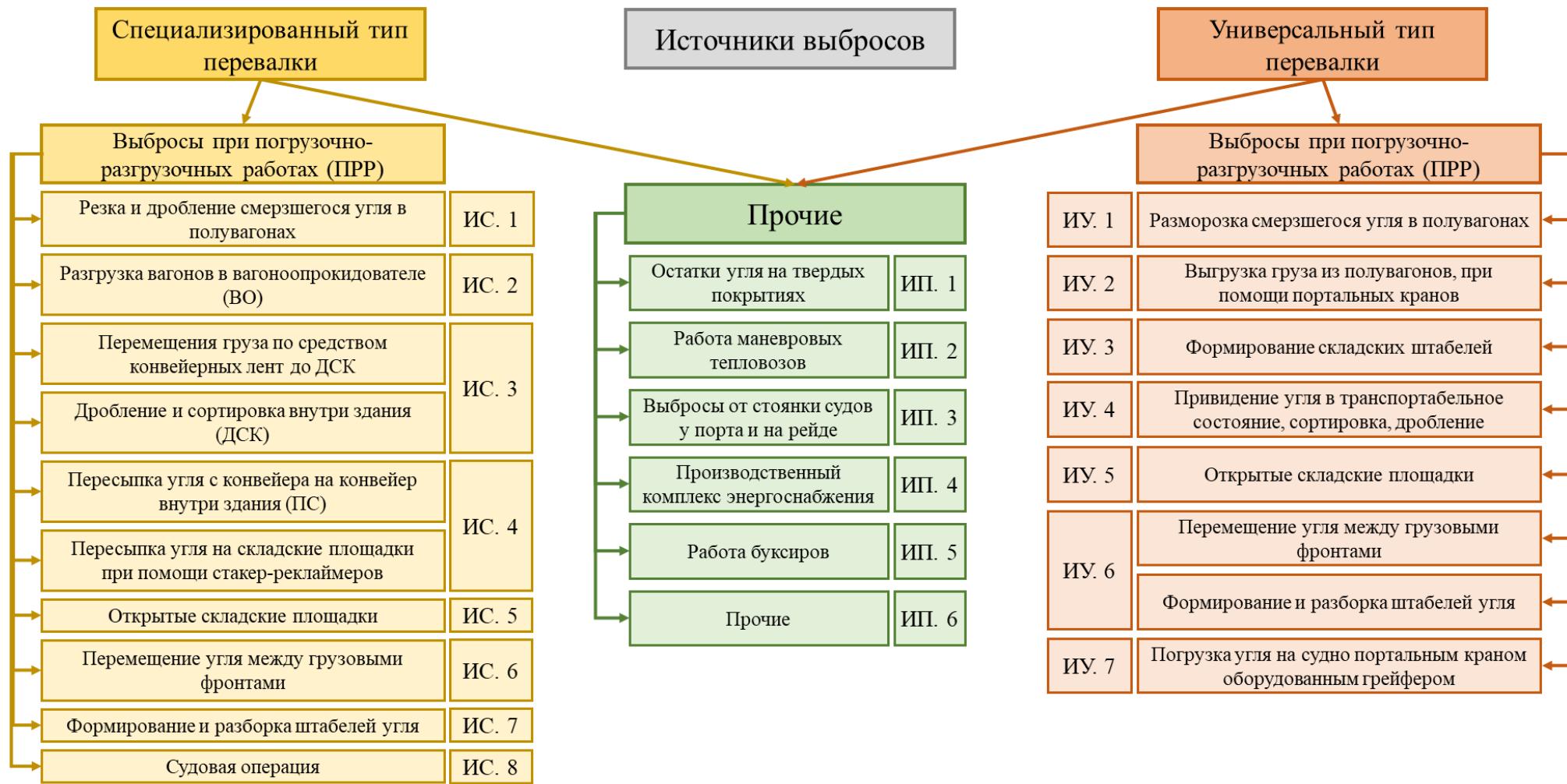


Рисунок 1.27 Классификация источников выбросов в угольном порту

Выводы по главе 1

1. Анализ состояния мирового и российского рынка грузоперевозок показал, что, несмотря на незначительную долю России в мировом грузообороте (около 1%), морской транспорт остается безальтернативным каналом для экспорта стратегических сырьевых ресурсов. Уголь, составляющий 24% от общего грузооборота портов РФ, продемонстрировал высокую устойчивость к внешнему санкционному давлению и глобальным трендам декарбонизации, сохранив объемы экспорта, более 70% которого осуществляется морским путем.
2. Установлено, что интенсификация экспортных отгрузок угля коррелирует с ростом антропогенной нагрузки на припортовые территории и усилением социальной напряженности в городах присутствия терминалов. Анализ данных ведомственного контроля и жалоб населения подтверждает, что действующие меры экологической безопасности зачастую недостаточны, что приводит к нарушениям санитарно-эпидемиологических нормативов в жилых и рекреационных зонах.
3. Выявлено, что ключевой экологической проблемой угольных портов является превалирование неорганизованных источников выбросов (открытые склады, узлы пересыпки), интенсивность пыления которых критически зависит от климатических и географических факторов (ветровой режим, влажность). Это требует особых подходов к выбору природоохранных мероприятий, отличных от методов борьбы с организованными источниками.
4. Ключевым научным итогом главы стала проведенная систематизация источников пылеобразования в зависимости от типа терминала и этапа технологического процесса. Данная классификация позволяет унифицировать подходы к оценке загрязнения и служит базисом для разработки методики выбора природоохранных мероприятий в последующих главах.

Глава 2. Методические основы сокращения вредных выбросов на угольных терминалах.

2.1 Обзор существующих природоохранных мероприятий

Необходимость соблюдения строгих экологических нормативов на границах санитарно-защитных зон является ключевым условием для развития портовой инфраструктуры вблизи населенных пунктов. Эта задача становится особенно актуальной в контексте перевалки угля, которая сопряжена с интенсивным пылеобразованием. Основным источником загрязнения атмосферы, как это было рассмотрено в главе 1, являются открытые угольные склады, где технологические операции по хранению и перегрузке осуществляются в незащищенных от атмосферного воздействия условиях. Постоянная генерация пыли под действием перегрузочной техники и ветровой эрозии приводит к значительным финансовым потерям сырья и вызывает серьезное загрязнение окружающей среды.

В рамках поиска решений данной проблемы в первой главе анализируются два подхода к перевалке: универсальный и специализированный. Преобладает точка зрения, что специализированные терминалы, использующие большее количество закрытых конвейерных систем и пересыпных станций, оказывают меньшее антропогенное воздействие и ближе к достижению целевых показателей по «нулевой эмиссии». Однако сложность контроля пылеобразования на открытых площадках, в отличие от складов закрытого типа, значительно выше из-за их прямой зависимости от метеорологических факторов [100].

Осуществление перевалки угля без природоохранных мероприятий приводит к тому, что угольная масса при перегрузке начинает пылить, что негативно сказывается на растительном и животном мире и создает угрозу здоровью людей, проживающих в населенных пунктах, расположенных в непосредственной близи от морских портов [59, 92].

Поэтому угольные терминалы, осуществляющие транспортировку, перевалку и хранение пылящих грузов, обязаны осуществлять мероприятия по минимизации воздействия деятельности порта на экологию и здоровье людей.

Минимизация пылевой эмиссии на угольных терминалах достигается путем применения различных технологий и методов, адаптированных к конкретным производственным условиям. Для систематизации и идентификации наиболее эффективных решений был разработан информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 46-2019, ключевые положения и рекомендованные мероприятия которого рассматриваются в рамках настоящего исследования [93]. Следует отметить, что многие отечественные стивидорные компании уже осуществляют планомерную реализацию комплексных программ по технологическому переоснащению своих производств в соответствии с принципами наилучших доступных технологий (НДТ).

В настоящее время существует большое количество различных мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия на том или ином этапе разгрузочно-погрузочных работ. Все эти мероприятия делятся на три группы:

- мероприятия, направленные на снижение негативного воздействия при хранении угля,
- мероприятия, направленные на снижение негативного воздействия при перевалке угля
- организационно-технические мероприятия

Самым распространенным и эффективным подходом к оснащению терминала, осуществляющего перевалку угля - стало оснащение терминалов закрытыми перевалочными узлами (ЗПУ), что позволяет перейти на защищенную перевалку угля [58].

При оснащении угольного порта ЗПУ все основные этапы перегрузки угля в порту, будь то универсальный или специализированный порт, производятся в укрытых сооружениях с применением современного оборудования, а выбросы угольной пыли от открытых угольных складов сокращаются и минимизируются за счет природоохранных мероприятий. Наиболее эффективные мероприятия представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 Соответствие природоохранных мероприятий соответствующих производственных этапов

Технологический этап	Природоохранное мероприятие	Эффективность мероприятия	НДТ
Хранение угля	Туманообразующие пушки	60%	НДТ В-3
	Аспирационные установки	60%	НДТ В-4
	Пыле-ветрозащитные экраны	90%	НДТ В-8
	Увеличение высоты подпорных стенок	65%	НДТ В-6
	Применение поверхностно-активных веществ	75%	НДТ В-2
Транспортировка	Полное укрытие конвейерных лент	80%	НДТ В-9
	Пылеподавление на конвейерных лентах	40%	НДТ В-2
Судовая операция	Грейферы увеличенного объема	85%	НДТ В-9
	Уменьшение высоты опускания грейфера	85%	НДТ В-9
Территория порта	Орошение автотранспортом	50%	НДТ В-3
	Уборка территорий при помощи вакуумных пылесосов	75%	НДТ В-7

Эффективность мероприятий определена по результатам экспертной оценки мирового опыта применения природоохранных мероприятий в рамках «Программы улучшения состояния окружающей среды – Изучения передового опыта в области контроля над твердыми частицами вещества» проведенного австралийским портом Кембла [80].

По результатам изучения комплекса природоохранных мер, реализуемых на угольных терминалах, представляется возможным систематизировать их по пяти ключевым направлениям:

- Создание искусственных и естественных барьеров
- Пылеподавляющие технологии
- Организационно-технические мероприятия
- Технологические мероприятия
- Мероприятия, направленные на повышение энергоэффективности и сокращения сопутствующих выбросов. Рассмотрим каждую группу мероприятий в отдельности [128].

Создание барьеров.

Данная группа разделяется на три основных мероприятия:

- Высаживание защитных лесных насаждений по периметру производственных зон терминала
- Установка локальных ветрозащитных конструкций
- Строительство пылеветрозащитных экранов (ПВЭ).
- Применение мобильных укрытий трюмов [128].

Высаживание защитных лесных насаждений по периметру производственных зон терминала

Одним из ключевых мероприятий по снижению воздействия неорганизованных источников выбросов, таких как площадки открытого хранения (ИС.5, ИУ.5), является создание защитных лесополос, что кодифицировано в справочнике НДТ как технология В-1 [14]. Эти «естественные» барьеры, широко применяемые в мировой портовой практике, изменяют аэродинамику воздушного потока. В зависимости от ветровых условий и своей структуры, они выполняют ветрозащитную или пылезащитную роль. По своей конструкции, которая определяется наличием и распределением просветов, лесополосы подразделяются на плотные (непродуваемые), ажурные и продуваемые. Таблица 2.2 содержит ориентировочные характеристики, иллюстрирующие различную степень ветропроницаемости для каждого из этих типов [14].

Таблица 2.2 Характеристика конструкций полос

Характеристика конструкций полос					
Конструкция	Схема	Площадь просветов %		Ветропроницаемость %	
		Междуду стволами	В кronах	Междуду стволами	В кронах
Не продуваемая		0-10	0-10	Менее 30	Менее 30
Продуваемая		Более 60	0-10	Более 70	Более 30
Ажурная		15-30	15-35	30-70	30-70

Эффективность лесозащитных насаждений как средства снижения ветровой нагрузки и объема выбросов определяется совокупностью факторов, ключевым из которых является их конструкция. По степени ветропроницаемости выделяют три основных типа конструкций: непродуваемые (плотные), ажурные и продуваемые. Выбор конкретного типа обусловлен климатическими особенностями региона и целевым назначением полосы: так, продуваемые конструкции оптимальны для районов с высоким снегопереносом, ажурные – для сухостепных зон, а плотные – для максимальной защиты стационарных объектов [14].

Функциональность насаждений также зависит от их видового состава. Он формируется из главных лесообразующих пород, выполняющих основную барьерную функцию, а также сопутствующих деревьев и кустарников, которые уплотняют вертикальный профиль, улучшают рост основных пород и выполняют почвозащитную роль. Состав подбирается исходя из региональных почвенно-климатических условий.

Механизм пылезащитного действия зеленых массивов заключается в изменении аэродинамических характеристик воздушного потока. При его замедлении до 60-70% взвешенных частиц осаждается под действием гравитации. Дополнительный эффект достигается за счет прямого соприкосновения пыли с поверхностью листьев, ветвей и стволов, а также благодаря нисходящим потокам воздуха, возникающим из-за разницы температур. Эффективность ветрозащиты, которая может достигать снижения скорости ветра на 50-80%, напрямую зависит от высоты насаждений, их плотности и угла расположения относительно доминирующих ветров.

Несмотря на доказанную эффективность, практическое применение лесозащитных полос в промышленных зонах, в том числе в портах, ограничено. К сдерживающим факторам относятся: высокая капиталоемкость, длительные сроки создания, низкая эксплуатационная гибкость и значительные затраты на содержание. Вследствие этих недостатков, в современной практике для борьбы

с пылью большее распространение получили инженерные сооружения, в частности, ветропылезащитные экраны.

Установка локальных ветрозащитных конструкций

Для сокращения пыления неорганизованных источников в совокупности с другими методами используются:

- Устройства для полного предотвращения выбросов угольной пыли в атмосферу от конвейерных лент (крытые галереи);
- устройства в виде вертикальных защитных стенок сокращения выбросов угольной пыли в атмосферу от конвейерных лент (необходимо отметить, что помимо полезной экологической функции, подпорные стенки на складе угля позволяют существенно увеличить вместимость склада);
- подпорные стенки для штабелей угля на складе (рисунок 2.1).
- защитные кожухи, укрытия, боковые ограждения;



Рисунок 2.1 Подпорные стенки для штабелей угля на складе

Пылеветрозащитные экраны терминалов (ПВЭ)

Ветропылезащитные экраны (ПВЭ) являются одним из наиболее эффективных инженерных решений для минимизации пылеобразования на открытых угольных складах. Их основной принцип действия заключается не в полной блокировке ветра, а в управлении воздушным потоком. Это приводит к снижению его скорости, падению кинетической энергии и устраниению турбулентных вихрей, которые являются главной причиной подъема пыли. В отличие от сплошной стены, создающей за собой зону разряжения и

турбулентности, перфорированный экран позволяет части потока проходить сквозь него, стабилизируя давление и предотвращая вихреобразование за защищаемым штабелем [14].

Конструктивно ПВЭ состоят из фундамента, несущих опор (как правило, стальных) и ключевого элемента — ветрозащитного полотна. Полотно проектируется с определенным, рассчитанным на основе аэродинамических принципов коэффициентом пористости (эффективным считается $\varepsilon \approx 40\%$), который достигается за счет перфорации. В качестве материалов используются как жесткие панели (из оцинкованной стали, стеклопластика), так и гибкие высокопрочные полимерные или тканевые сетки.

Эффективность данной технологии подтверждена как лабораторными испытаниями в аэродинамической трубе, так и многолетней практикой. Установка ПВЭ способна снизить среднюю скорость ветра на 60% и более, а концентрацию пыли — на 65–95%. Проектирование экранов — сложный процесс, включающий математическое моделирование с учетом климата, рельефа и расположения источников пыления. Благодаря высокой доказанной эффективности, которая для двухрядных систем достигает 75–95%, эта технология получила широкое распространение на промышленных объектах по всему миру (Канада, Китай, Япония) и является наилучшей доступной технологией для защиты от пыли.

Применение мобильных укрытий трюмов

Для снижения эмиссии пыли непосредственно в ходе судопогрузочных операций предлагается использование барьерных технологий, таких как передвижные укрытия трюмов. Подобный подход реализован в системе “ECOloading” бразильской компании ETEC [102]. Это гибкое укрытие с пневматическими элементами, которое закрепляется на палубе магнитами, создавая изолированное пространство (рисунок 2.2). Несмотря на перспективность, широкому внедрению данного решения в морских угольных портах препятствуют определенные производственные трудности.



Рисунок 2.2 Мобильные укрытия трюмов

Применение пылеподавляющих технологий

Технологии пылеподавления, регламентированные справочником НДТ-46-2019, являются ключевым элементом обеспечения экологической безопасности в угольных портах. Их можно классифицировать по двум основным принципам действия: предотвращение подъема пыли и ее поглощение из воздушной среды. В основе обеих технологий лежит физический принцип: для максимальной эффективности размер распыляемых капель должен быть сопоставим с размером частиц пыли, что обеспечивает их коагуляцию и последующее осаждение.

1. Технологии предотвращения пыления (превентивное увлажнение).

Целью данного подхода является повышение влажности поверхности угольных штабелей для предотвращения ветровой эрозии. Для этого применяются:

Системы орошения: Стационарные и мобильные дождевальные установки создают капли размером 100–500 мкм, смачивая поверхность угля. Распыление может быть гидравлическим (под высоким давлением воды) или воздушным (с использованием сжатого воздуха) (рисунок 2.3).

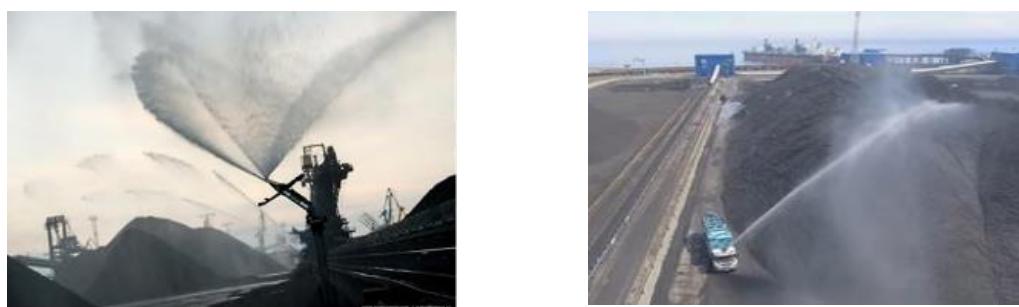


Рисунок 2.3 Распыление воды стационарными и мобильными дождевальными (поливальными) установками и гидромониторами

Применение поверхностно-активных веществ (ПАВ): Так как угольная пыль гидрофобна и плохо смачивается водой, в раствор добавляют ПАВ. Эти вещества снижают поверхностное натяжение воды и, адсорбируясь на поверхности угля, превращают ее в гидрофильтрующую, что способствует созданию устойчивой пылезащитной корки.

2. Технологии поглощения и осаждения взвешенной пыли.

Этот метод направлен на улавливание уже поднявшихся в воздух частиц с помощью мелкодисперсной водной аэрозоли. Ключевое оборудование:

Установки «сухого тумана»: Генерируют капли сверхмалого размера (1–10 мкм), сопоставимые с мелкодисперсной пылью. Это наиболее эффективный метод для улавливания мельчайших частиц, который не приводит к значительному намоканию материала и может применяться при отрицательных температурах.

Установки «водяного тумана» и пылеподавляющие пушки: Создают облако капель размером от 10 до 300 мкм. Мощные пушки способны доставлять туман на расстояние до 150 м и более, накрывая большие площади открытых складов [14].

3. Локальные методы пылеподавления.

Для конкретных узлов технологической цепи применяются специализированные решения:

Системы аспирации: Используются для организованных источников пыления в закрытых помещениях (станции пересыпки, вагоноопрокидыватели). Запыленный воздух отводится от источника, проходит очистку в высокоэффективных рукавных фильтрах (с остаточной запыленностью до 10 мг/м³), а уловленная пыль возвращается в процесс (рисунок 2.4).

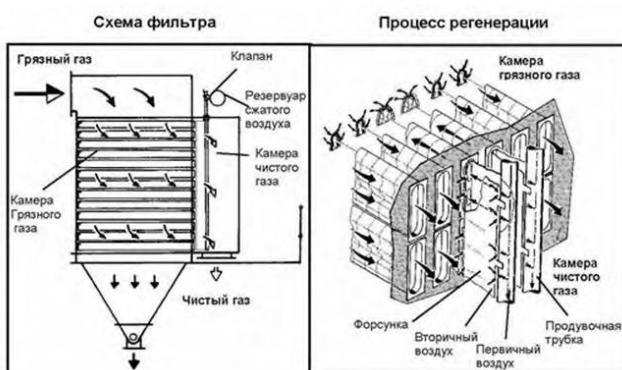


Рисунок 2.4 Процесс аспирации

Системы пенообразования: Эффективны на конвейерных линиях. Уголь покрывается слоем стабильной пены, которая предотвращает пыление при его транспортировке, пересыпке и падении. Для генерации пены применяются системы пылеподавления пеной на конвейерах (СППК) со специальными форсунками, распыляющие воду с пенообразующей присадкой, которая деполяризует воду, создавая миллионы мелких пузырьков пены [100].

СППК представляет из себя установку дозирования рабочего раствора пенообразователя и ГПСК-01 (Генератора Пены Средней Кратности), соединенных стационарным трубопроводом (рисунок 2.5).

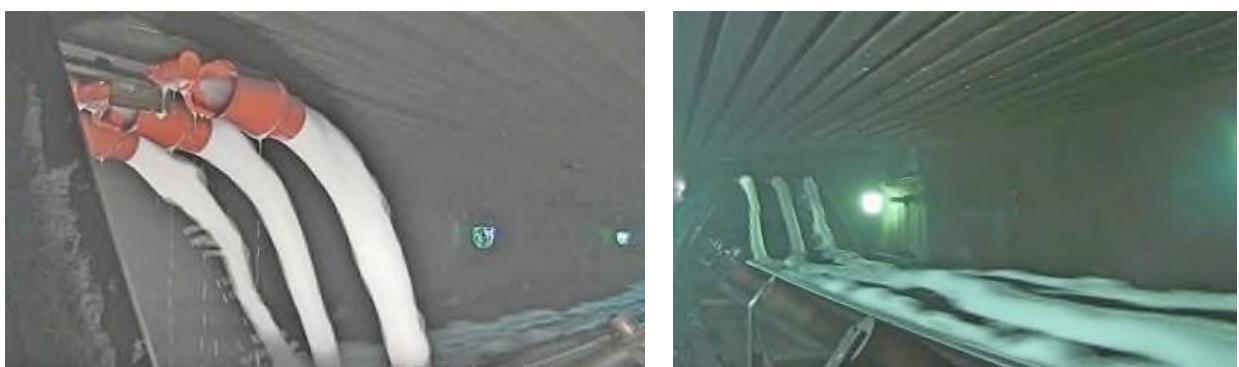


Рисунок 2.5 Система СППК в работе

Организационно-технические мероприятия

Комплексный подход к снижению пылевой нагрузки в угольных портах предполагает не только прямое технологическое воздействие, но и внедрение ряда организационно-технических мероприятий. Эти меры направлены на оптимизацию процессов и предотвращение вторичного пыления.

К базовым мерам относятся регулярная механическая и вакуумная уборка просыпей угля с территорий и оборудования. Это предотвращает вторичное пылеобразование при движении транспорта, продлевает срок службы механизмов и повышает пожарную безопасность.

Вакуумные системы сбора пыли и остатков каменного угля можно разделить на два направления:

- вакуумное оборудование для стационарных систем сбора материала (рисунок 2.6)
- мобильные вакуумные пылесосы (рисунок 2.7)

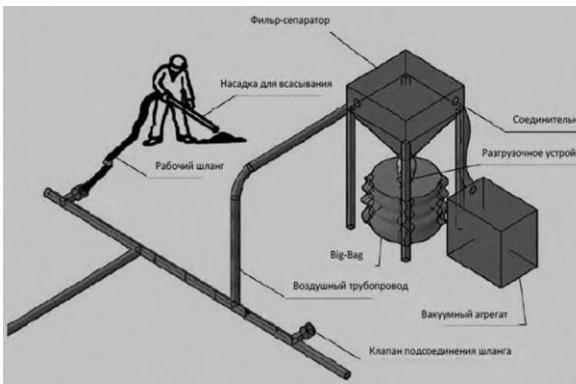


Рисунок 2.6 Стационарная система вакуумной очистки



Рисунок 2.7 Мобильная система вакуумной очистки

К ним также относятся операционные улучшения: использование грейферов увеличенного объема, внедрение инновационных вагонов для сокращения маневровых работ и введение технологических ограничений, например, по высоте пересыпки.

Ключевым вектором повышения эффективности является цифровизация управления. Основой служат автоматизированные системы производственно-экологического контроля (АИС ПЭК), которые агрегируют данные с постов мониторинга (пыль, шум) и метеостанций для моделирования рассеивания загрязняющих веществ и прогнозирования экологической обстановки в реальном времени.

Дальнейшим развитием этой концепции является внедрение систем класса «Умный порт» (SmartPort), использующих искусственный интеллект (ИИ) [92]. Анализируя весь массив данных — метеопрогноз, номенклатуру грузов, план работ — ИИ способен идентифицировать потенциально опасные ситуации. Система может не просто информировать диспетчера, а самостоятельно инициировать превентивные меры: автоматически включать системы орошения на конкретных участках, предлагать оптимальный график обработки пылящих марок угля или изменять схему их складирования для минимизации ветрового воздействия.

Такой подход позволяет перейти от реактивного реагирования на инциденты к проактивному управлению экологическими рисками, интегрируя их непосредственно в производственный цикл порта и обеспечивая соблюдение природоохранных требований [103].

Мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности

Данная группа мероприятий направлена на декарбонизацию и снижение эмиссии загрязняющих веществ от основных потребителей энергии в порту — транспорта, оборудования и судов.

1. Электрификация и переход на альтернативные виды топлива

Ключевым направлением является электрификация внутрипортового транспорта и перегрузочного оборудования для отказа от дизельных двигателей, являющихся значимым источником выбросов. Наряду с электричеством, рассматривается применение других, более чистых видов топлива, таких как сжиженный природный газ (СПГ), водород или биотопливо, выбор которых зависит от экономических и инфраструктурных факторов.

2. Береговое электроснабжение судов (Shore Power)

Перспективной технологией для минимизации эмиссии от судов, находящихся у причала, является их подключение к береговым источникам электроснабжения. Это позволяет отключать судовые вспомогательные дизель-генераторы, что приводит к значительному снижению выбросов загрязняющих веществ и CO₂, а также уменьшает шумовую и вибрационную нагрузку. Однако внедрение данной технологии сопряжено с рядом барьеров, включая необходимость стандартизации частоты и напряжения, высокие капитальные затраты на оборудование и потребность в значительных мощностях портовой электросети.

3. Развитие собственной «чистой» энергетики и модернизация котельных

Для обеспечения энергетических нужд порта рассматривается переход от традиционных мазутных котельных к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ). К ним относятся:

Ветроэнергетика: Строительство ветряных электростанций в прибрежных зонах с устойчивыми ветрами.

Солнечная энергетика: Размещение солнечных панелей на крышах портовых зданий и сооружений.

Энергия из биомассы: Совместное сжигание биомассы (например, древесной щепы) на угольных электростанциях.

В качестве альтернативы полной замене, существующие котельные могут быть модернизированы с целью снижения выбросов. Это включает установку современного газоочистного оборудования (электрофильтров, циклонов) и замещение локальных неэффективных котельных путем подключения к централизованным теплоэлектроцентралям (ТЭЦ).

Производственные мероприятия

Реализация мер данной группы предполагает пересмотр самой технологии перевалки угля за счет модификации отдельных производственных этапов. Следует отметить, что данные решения классифицируются как «перспективные» и на сегодняшний день имеют ограниченное распространение в мировых портах. Это обусловлено отсутствием однозначных подтверждений их целесообразности как в экономическом, так и в экологическом аспектах.

В данную категорию входят три основных направления:

1. «Закрытое» хранение угля
2. Брикетирование угля
3. Перевозка насыпных грузов в контейнерах [128].

Переход к хранению угля в закрытых помещениях рассматривается как один из наиболее действенных способов минимизации экологического ущерба от работы терминалов. Достоинства таких сооружений неоспоримы:

- Компактность: высокая плотность хранения критически важна для портов, расположенных вблизи жилых зон.
- Технологичность: полная механизация процессов погрузки-выгрузки и возможность дозирования (блэндинга) сортов угля.
- Изоляция: полная защита сырья от ветровой эрозии и осадков, что исключает потери груза и сводит к минимуму выбросы пыли в атмосферу.

Традиционно технологии закрытого складирования применялись на промышленных объектах с небольшим грузооборотом (например, ТЭЦ). В

портовой отрасли используются конструкции купольного или хребтового (арочного) типа.

В соседних регионах функционируют лишь два значимых терминалов, приближенных к формату полностью закрытого типа: «Baltic Coal Terminal» (рисунок 2.8) в Вентспилсе (Латвия) мощностью 6 млн т. и причал китайской компании «Chuangli Group» в Расоне (КНДР), который практически не обеспечен специализированным оборудованием.



Рисунок 2.8 Baltic Coal Terminal

Строительство терминала в Вентспилсе стало одним из крупнейших инвестиционных проектов, реализованных на территории Вентспилсского свободного порта. Общая сумма инвестиций на строительство только первой очереди терминала составила 77 миллионов евро, что соответствует 12,8 евро/т или 844 руб./т перевалки, что значительно ниже стоимости строительства новых российских крупных угольных портов. Однако надо учитывать, что терминал в Вентспилсе, возводился на территории уже существующего морского порта, что способствовало удешевлению проекта.

В настоящее время диаметр самого большого круглого склада в Китае составляет 120 м (рисунок 2.9), объем хранения 200 000 тонн, обычно применяется в маломасштабном производстве с простыми технологиями, ограниченным ассортиментом угля, невысокими требованиями к эффективности. Пока не имеется конкретных примеров его использования в портах с большими грузооборотами угля разных марок.



Рисунок 2.9 Угольный склад в Китае

Ключевыми сдерживающими факторами при эксплуатации подобных сооружений выступают их высокая капиталоемкость, лимитированный объем единовременного хранения, а также проблематика, связанная с самовозгоранием груза. Специфика закрытых объемов делает практически невозможной локальную выемку (селективное удаление) очага возгорания; зачастую аварийная ситуация требует полной и экстренной разгрузки всего хранилища.

Данные обстоятельства диктуют необходимость организации непрерывного и тщательного мониторинга состояния угольной массы в бункерах. В целях безопасности логистические схемы выстраиваются таким образом, чтобы обеспечить оборачиваемость склада со значительным опережением предельных сроков хранения.

Следует подчеркнуть, что склонность угля к экзотермическим реакциям является главным эксплуатационным риском. Это делает невозможным функционирование терминала без интеграции сложных защитных комплексов, что неизбежно удорожает проект. Внедрение систем аспирации, пылеподавления и принудительной вентиляции позволяет минимизировать вероятность инцидентов, однако не гарантирует стопроцентного исключения риска самовозгорания.

В таблице 2.3 приведены сведения по возникновению пожарных ситуаций, вызванные самовозгоранием углей. Закрытое хранение и перевалка угля приведет к резкому увеличению подобных ситуаций.

Таблица 2.3 Данные по возникновению пожаров в морских портах, вызванных самовозгоранием углей [104].

Дата	Место
20.12.2001	ОАО «Восточный Порт» п. Врангель, Приморский край
09.06.2007	ООО «Светловская стивидорная компания» г. Светлый, Калининградская обл.
31.07.2007	ООО «Азовский морской порт» г. Азов, Ростовская обл.
07.09.2011	ООО «Восточный лесной порт» г. Находка, Приморский край
15.09.2011	ООО «Восточная стивидорная компания» г. Находка, Приморский край
12.07.2012	ОАО «Восточный порт» г. Находка, Приморский край
03.09.2012	ЗАО «Порт Восточные Ворота – Приморский Завод» г. Находка, Приморский край
18.11.2013	ООО «Восточная стивидорная компания» г. Находка, Приморский край
17.12.2014	ООО «Восточный порт» г. Находка, Приморский край
23.11.2015	ООО «ВУТ» г. Находка, Приморский край

На самовозгорание угля при хранении в морских портах могут повлиять следующие факторы:

- внешние источники тепла;
- превышение сроков хранения углей;
- нарушение формирования штабеля на складах;
- высокая влажность при транспортировке и хранении углей;
- электротехнические причины (замыкание электропроводки, неисправное электрооборудование, искры);
- засоренность углей инородными предметами (тряпки, дерево и т.п.);
- климатические условия.

Брикетирование угля

Значительная доля добываемого угля (до 25%) представляет собой мелкодисперсные и пылевидные фракции. Эти фракции не только создают серьезные экологические риски, но и являются низкоэффективным топливом из-за низкой теплотворной способности и сложностей при сжигании.

Одним из перспективных методов утилизации таких отходов является

брикетирование — процесс прессования угольной пыли в топливные брикеты. Эта технология позволяет превратить отходы в ценный продукт, который отличается высокой теплотворной способностью, удобством транспортировки и хранения, а также более чистым сгоранием с минимальным выделением дыма.

Существуют две основные технологии брикетирования:

- С применением связующих веществ: Традиционный метод, при котором в угольную массу добавляются специальные компоненты для склеивания частиц.
- Без применения связующих (жесткая экструзия): Более современная и экологичная технология.

Наиболее передовой является технология бес связующего брикетирования. Ее принцип основан на использовании высокого давления и температуры, что активирует собственные органические компоненты угля (смолы), которые действуют как природное связующее вещество.

Ключевым фактором успеха этого процесса является точный контроль параметров (давления, температуры, влажности) с помощью современных микропроцессорных систем. В ходе прессования частицы угля сначала уплотняются, а затем пластически деформируются, что приводит к возникновению межмолекулярного сцепления и полимеризации естественных связующих. В результате формируется плотный, прочный и водостойкий брикет, который после окончательной просушки становится высококачественным бездымным топливом.

Перевозка насыпных грузов в контейнерах

Фундаментальным решением проблемы пыления и потерь при транспортировке навалочных грузов является их тарная перевозка в специализированных контейнерах. Этот подход, охвативший мировую торговлю, позволяет создать замкнутую логистическую цепь «от двери до двери» или «от производителя до трюма судна», минимизируя воздействие на окружающую среду.

Основой технологии является модульный комплекс, состоящий из универсальных облегченных вагонов-платформ и сменных контейнеров, адаптированных под различные виды грузов. Такая система обеспечивает высокую

мобильность и позволяет использовать стандартное контейнерное оборудование для перегрузки (рисунок 2.10).

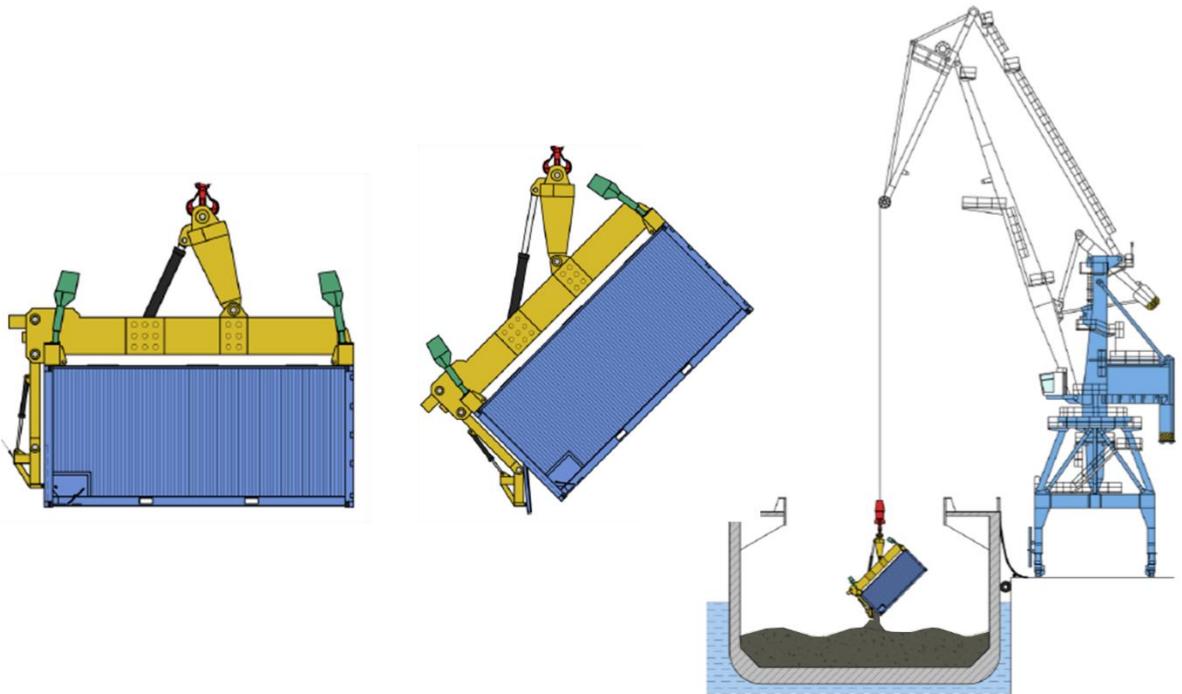


Рисунок 2.10 Схема выгрузки контейнеров через торцевые люки

Ключевым элементом являются методы выгрузки. Помимо традиционных способов (выгрузка через торцевые люки), наиболее радикальным и эффективным решением стала технология выгрузки путем вращения контейнера вокруг своей продольной оси. Специализированные спредеры-ротаторы (например, Rotainer), разработанные ведущими мировыми компаниями, позволяют быстро и с минимальным пылением высыпать груз непосредственно в трюм судна. Одновременно ведутся разработки по созданию надежных контейнеров с открывающимся дном [105, 106].

Преимущества контейнеризации навалочных грузов многочисленны:

- Экологичность: Практически полное устранение пыления на всех этапах транспортировки, хранения и перевалки.
- Сохранность груза: Минимизация количества перегрузок сохраняет качество хрупких грузов, таких как сортовой уголь.
- Универсальность и мобильность: Использование стандартной портовой инфраструктуры и возможность переориентации оборудования в случае

изменения грузопотоков, в отличие от узкоспециализированных терминалов.

- Операционная гибкость: Упрощается раздельное хранение и смешивание различных марок угля.
- Эффективность: Увеличивается пропускная способность железнодорожных подходов без строительства капиталоемких вагоноопрокидывателей.

2.2. Классификация мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия в морских угольных терминалах.

В целях углубленного анализа стратегий по снижению антропогенной нагрузки от работы угольных портов требуется установить зависимости между источниками эмиссии загрязнителей (описанными в главе 1.3) и комплексом природоохранных мер, внедряемых на терминалах (рассмотренными в главе 2.1).

Ниже в таблице 2.4 и на рисунке 2.11 представлены наилучшие доступные технологии для сокращения выбросов угольной пыли на специализированных угольных терминалах с привязкой к источникам пыления. Привязка НДТ к источникам пыления в универсальных терминалах представлены в таблице 11 и на рисунке 54 [14].

Таблица 2.4 Перечень наилучших доступных технологий для сокращения выбросов угольной пыли на специализированных портовых перегрузочных терминалах

Номер источника	Источники пыления (выбросов) специализированного терминала	Характеристика источников пыления (выбросов)	Наилучшие доступные технологии	
			Название НДТ	НДТ
ИС.1	Системы механического восстановления сыпучести смерзшегося в вагонах угля	Неорганизованный	Пылеподавление орошением «для поглощения и осаждения пыли»	НДТ В-3
			Ветрозащитные экраны терминалов	НДТ В-8
ИС.2	Станции разгрузки вагонов, включая вагоноопрокидыватель и дробильные машины внутри здания	Организованный	Пылеподавление орошением «для поглощения и осаждения пыли»	НДТ В-3
			Аспирация	НДТ В-4
ИС.3	Дробильные и сортировочные установки внутри здания	Организованный	Пылеподавление орошением «для поглощения и осаждения пыли»	НДТ В-3
			Аспирация	НДТ В-4
ИС.4	Участок пересыпки внутри здания (ПС)	Организованный	Пылеподавление орошением «для поглощения и осаждения пыли»	НДТ В-3
			Аспирация	НДТ В-4
ИС.5	Открытые штабели угля на складе (СКЛ)	Площадные неорганизованный	Высаживание защитных лесных насаждений по периметру производственных зон терминала	НДТ В-1
			Пылеподавление орошением «для предотвращения пыления»	НДТ В-2

			Локальные ветрозащитные конструкции-подпорные стенки штабелей угля на складе	НДТ В-6
			Ветрозащитные экраны терминалов	НДТ В-8
ИС.6	Открытые конвейерные линии (ОКЛ)	Неорганизованный	Системы пылеподавления пеной на конвейерах (СППК)	НДТ В-5
			Локальные ветрозащитные устройства: защитные кожухи, боковые ограждения конвейеров, подпорные стенки штабелей угля на складе	НДТ В-6
			Ветрозащитные экраны терминалов	НДТ В-8
ИС.7	Сбрасывающие устройства стакеров и заборные роторы реклаймеров (СТР)	Неорганизованный	Пылеподавление орошением «для поглощения и осаждения пыли»	НДТ В-3
			Ветрозащитные экраны терминалов	НДТ В-8
ИС.8	Сбрасывающие устройства судопогрузочных машин (СПМ)	Неорганизованный	Пылеподавление орошением «для поглощения и осаждения пыли»	НДТ В-3
ИС.9	Грейфер крана (КРН) или перегружателя (ГП)	Неорганизованный	Ветрозащитные экраны терминалов	НДТ В-8
			Пылеподавление орошением «для поглощения и осаждения пыли»	НДТ В-3
ИС.10	Ковш автопогрузчика (КАП)	Неорганизованный	Пылеподавление орошением «для поглощения и осаждения пыли»	НДТ В-3
			Ветрозащитные экраны терминалов	НДТ В-8
ИС.11	Твердые покрытия проездов и площадок	Неорганизованный	Пылеподавление орошением «для предотвращения пыления»	НДТ В-2
			Пылеподавление орошением «для поглощения и осаждения пыли»	НДТ В-3
			Ветрозащитные экраны терминалов	НДТ В-8
ИС.1-ИС.11	Все источники	Неорганизованный	Организационно-технические мероприятия	НДТ В-9

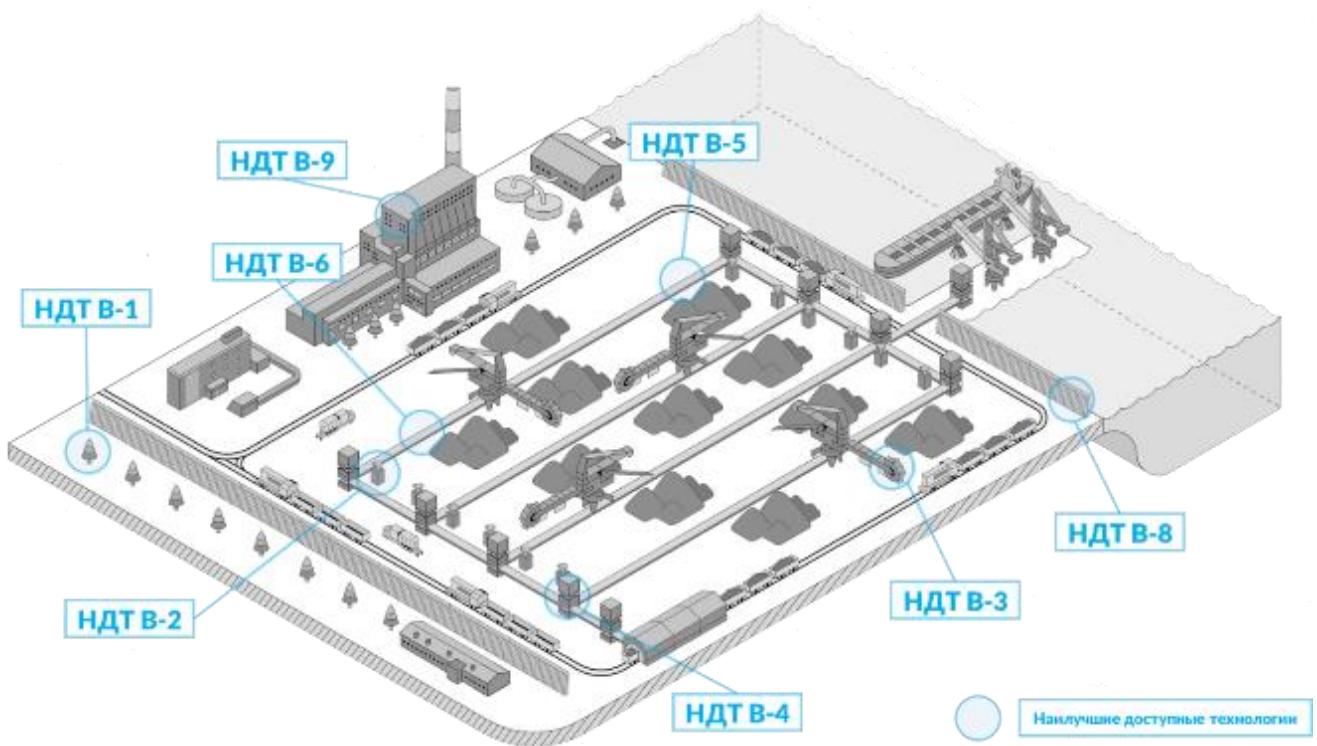


Рисунок 2.11 Применение НДТ в специализированном угольном терминале

Ниже в таблице 2.5 представлен перечень наилучших доступных технологий для сокращения выбросов угольной пыли на универсальных (многофункциональных) перегрузочных терминалах с привязкой к источникам пыления.

Таблица 2.5 Перечень наилучших доступных технологий для сокращения выбросов угольной пыли на универсальных (многофункциональных) перегрузочных терминалах

Номер источника	Источники пыления (выбросов) специализированного терминала	Характеристика источников пыления (выбросов)	Наилучшие доступные технологии	
			Название НДТ	НДТ
ИУ.1	Грейфер крана (КРН) и перегружателя (ГП)	Неорганизованный	Пылеподавление орошением «для поглощения и осаждения пыли»	НДТ В-3
			Использование грейферов большей емкости	НДТ В-11
ИУ.2	Ковш автопогрузчика при его разгрузке (КАП)	Неорганизованный	Пылеподавление орошением «для поглощения и осаждения пыли»	НДТ В-3
ИУ.3	Мобильные дробильно-сортировочные комплексы (ДСК)	Неорганизованные	Локальные ограждения	НДТ В-6

			Пылеподавление орошением «для поглощения и осаждения пыли»	НДТ В-3
ИУ.4	Открытые штабели угля на складе (СКЛ)	Площадные неорганизованный	Высаживание защитных лесных насаждений по периметру производственных зон терминала	НДТ В-1
			Пылеподавление орошением «для предотвращения пыления»	НДТ В-2
			Подпорные стенки	НДТ В-6
			Пылеподавление орошением «для поглощения и осаждения пыли»	НДТ В-3
			Локальные ветрозащитные конструкции-подпорные стенки штабелей угля на складе	НДТ В-6
ИУ.5	Сбрасывающие устройства ленточных конвейеров (ТКС)	Неорганизованные	Пылеподавление орошением «для поглощения и осаждения пыли»	НДТ В-3
			Локальные ветрозащитные устройства-защитные кожухи, укрытия, боковые ограждения конвейеров	НДТ В-6
ИУ.6	Твердые покрытия проездов и площадок (ТЕР)	Неорганизованные	Пылеподавление орошением «для предотвращения пыления»	НДТ В-2
			Пылеподавление орошением «для поглощения и осаждения пыли»	НДТ В-3
			Механическая и/или вакуумная уборка пыли с покрытий проездов и площадок	НДТ В-7
ИУ.1- ИУ.6	Все источники	Неорганизованные	Ветрозащитные экраны терминалов	НДТ В-8
ИУ.1- ИУ.6	Все источники	Неорганизованные	Организационно- технические мероприятия	НДТ В-9

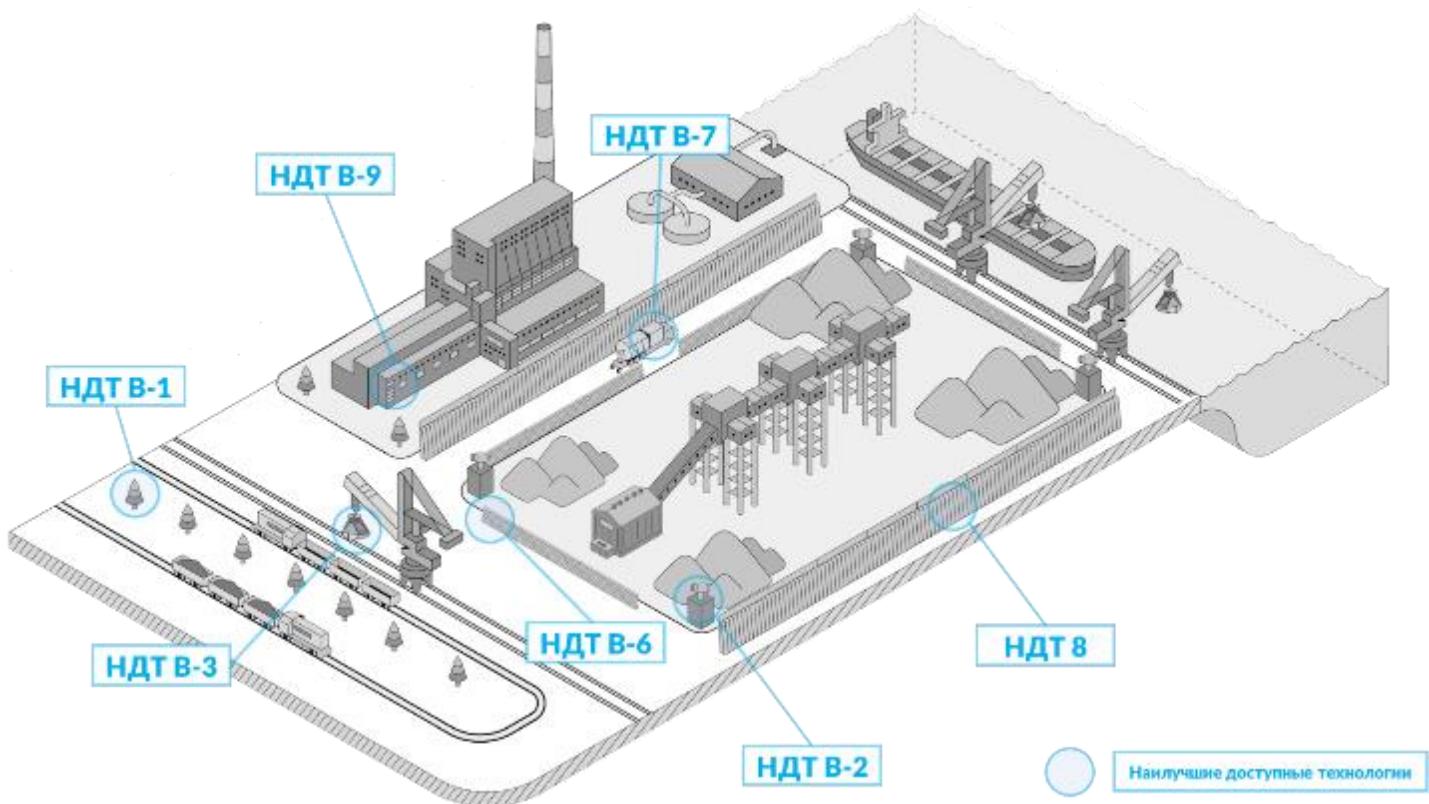


Рисунок 2.12 Применение НДТ в универсальном угольном терминале

Проведенное исследование показало, что в настоящее время количество мероприятий, применяемых в портах, превышает число мероприятий, входящих в справочник наилучших доступных технологий. Для систематизации всех существующих мероприятий была сформирована таблица 2.6.

Как следует из таблицы 2.6, природоохранные мероприятия разделены на пять групп: создание барьеров, пылеподавляющие технологии, производственные мероприятия, мероприятия по повышению энергоэффективности и организационно-технические мероприятия. Принципиальным отличием от существующих классификаций является включение в перечень перспективных, ранее не рассматриваемых технологий снижения антропогенной нагрузки, таких как применение искусственного интеллекта для оптимизации логистических процессов и контейнерная перегрузка угля.

Для дальнейшего анализа каждому виду природоохранного мероприятия присвоены условные коды обозначения, что позволяет унифицировать процесс обработки данных и обеспечить возможность автоматизированного анализа.

Таблица 2.6 Природоохранные мероприятия в морских угольных терминалах

Группа	Наименование мероприятия	Разновидности
Создание барьеров (ПМ-Б)	ПМ-Б-1 Высадка деревьев	ПМ-Б-1.1 Непродуваемая
		ПМ-Б-1.2 Продуваемая
		ПМ-Б-1.3 Ажурная
	ПМ-Б-2 Локальные ветрозащитные конструкции	ПМ-Б-2.1 Защитные кожухи
		ПМ-Б-2.2 Подпорные стенки, укрытия
		ПМ-Б-2.3 Применение мобильных укрытий трюмов
		ПМ-Б-2.4 Устройства для предотвращения выбросов от конвейерных лент
	ПМ-Б-3 Пылеветрозащитные экраны (ПВЭ)	ПМ-Б-3.1 Стальной ПВЭ
		ПМ-Б-3.2 ПВЭ из полиэстера
		ПМ-Б-3.3 ПВЭ из высокопрочного материала
		ПМ-Б-3.4 ПВЭ парусного типа из ткани
Пылеподавляющие технологии (ПМ-П)	ПМ-П-1 Предотвращение пыления	ПМ-П-1.1 Оросительные установки
		ПМ-П-1.2 Применение поверхностно-активных веществ (ПАВ)
	ПМ-П-2 Пылеподавление	ПМ-П-2.1 Установки водяного тумана
		ПМ-П-2.2 Установки сухого тумана
		ПМ-П-2.3 Пушки пылеподавления
		ПМ-П-2.4 Аспирация
		ПМ-П-2.5 Система пылеподавления пеной
Технологические мероприятия (ПМ-Т)	ПМ-Т-1 "Закрытое" хранение угля	ПМ-Т-1.1 Закрытые склады для хранения угля
		ПМ-Т-1.2 Контейнерное хранение и перевозка угля
	ПМ-Т-2 Брикетирование угля	ПМ-Т-2.1 Без применения связующих
		ПМ-Т-2.2 С применением связующих
	ПМ-Т-3 Системы вакуумной очистки	ПМ-Т-3.1 Стационарные
		ПМ-Т-3.2 Передвижные
Мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности (ПМ-Э)	ПМ-Т-4 Увеличение производительности оборудования	ПМ-Т-4.1 Применение грейферов повышенного объема
		ПМ-Т-4.2 Увеличение доли инновационных вагонов повышенной вместимости
	ПМ-Т-5 Фильтрация выбросов	ПМ-Т-5.1 Установка фильтров для стационарных источников
	ПМ-Э-1 Электрификация транспорта	ПМ-Э-1.1 Электрификация автотранспорта на ДВС
		ПМ-Э-1.2 Электрификация тепловозов
Организационно-технические мероприятия (ПМ-О)	ПМ-Э-2 Береговое электроснабжение судов	
	ПМ-Э-3 Альтернативные источники энергии	ПМ-Э-3.1 СЭС
		ПМ-Э-3.2 ВЭС
		ПМ-Э-3.3 Другие
	ПМ-О-1 Внесение организационных изменений в технологический процесс	ПМ-О-1.1 Сокращение количества пылящих марок угля
		ПМ-О-1.2 Уменьшение площади складов
		ПМ-О-1.3 Уменьшение высоты опускания грейфера
	ПМ-О-2 Применение искусственного интеллекта (ИИ)	ПМ-О-2.1 ИИ для эффективной обработки грузов
		ПМ-О-2.2 ИИ для контроля и прогноза НМУ
		ПМ-О-2.3 ИИ для ООС
	ПМ-О-3 Повышение уровня экологического контроля хозяйственной деятельности	ПМ-О-3.1 Производственный экологический контроль
		ПМ-О-3.2 Внешний аудит / консалтинг

Для разработки метода выбора природоохранных мероприятий недостаточно только систематизировать существующие технологии. Необходимо определить взаимосвязи между внедрением того или иного мероприятия и снижением валового выброса на источниках выбросов загрязняющих веществ.

Определение взаимосвязей между внедряемыми природоохранными мероприятиями и снижением валового объема выбросов загрязняющих веществ основано на методе анализа «больших данных» (Big Data), в частности алгоритме MapReduce [107]. Суть данного метода заключается в разделении информационного массива на части, параллельном анализе каждой части и финальном объединении всех результатов для получения интегрированного заключения.

За информационный массив взяты результаты реализации программ экологизации угольных портов России и, в частности, влияние внедренных природоохранных мероприятий на снижение валового выброса загрязняющих веществ. Данный подход позволяет обрабатывать большие объемы разнородных данных и выявлять скрытые закономерности, которые не могут быть обнаружены при традиционном анализе.

Весь процесс определения взаимосвязей состоял из нескольких последовательных этапов:

1. Сбор данных и формирование исходного массива.

На первом этапе производился сбор данных о фактических снижениях валовых выбросов на морских угольных терминалах при применении того или иного природоохранного мероприятия во временном промежутке с 2018 по 2024 годы.

Эти данные были получены в результате многолетнего инструментального мониторинга с датчиков контроля загрязнения воздуха, установленных на границах санитарно-защитных зон (СЗЗ) и промышленных площадках, а также дополнены расчетными методами. Для обеспечения полноты картины использовался анализ ежегодной статистической отчетности (формы 2-ТП «Воздух» и отчеты по производственному экологическому контролю).

Источники, у которых фактический валовый выброс составил менее 1 тонны за год, были исключены из дальнейшего рассмотрения и анализа в целях обеспечения статистической значимости результатов. Результаты мониторинга внедрения природоохранных мероприятий в крупнейших российских угольных терминалах представлены в Приложении Б.

2. Определение весовых коэффициентов эффективности.

Для перевода собранных данных в количественные показатели снижения объема выбросов (весовые коэффициенты, использовалась формула:

$$\Delta M = M_{\text{исх}} * k_{\text{впм}}$$

где ΔM — фактическое снижение выброса, $M_{\text{исх}}$ — исходный выброс источника, $k_{\text{впм}}$ — итоговый весовой коэффициент. Итоговый весовой коэффициент определяется как:

$$k_{\text{впм}} = 1 - (1 - \vartheta_1) * (1 - \vartheta_1) * (1 - \vartheta_n)$$

где, ϑ_1 - весовой коэффициент выбранного природоохранного мероприятия.

Алгоритм определения весовых коэффициентов для каждого природоохранного мероприятия включал верификацию паспортных данных оборудования реальными замерами и состоял из следующих шагов:

- **Выборка эталонных периодов:** фиксировались временные интервалы пыления источников без применения природоохранных мероприятий и с их применением.
- **Нормирование данных:** для исключения влияния внешних факторов (изменение грузооборота, погодные условия) показатели валовых выбросов были приведены к удельным величинам на тонну переработанного груза (тонна выброса к тонне груза).
- **Верификация инструментальными замерами:** полученные расчетным путем весовых коэффициентов корректировались с учетом данных инструментальных замеров концентрации взвешенных веществ, полученных с датчиков мониторинга и в ходе плановых проверок аккредитованными лабораториями.
- **Статистическая обработка:** с применением разработанного алгоритма обработки данных (MapReduce) были отсеяны аномальные значения и

рассчитаны усредненные показатели веса (эффективности), принятые в работе за базовые весовые коэффициенты.

3. Составление матрицы сопряжения.

На финальном этапе была составлена матрица сопряжения источников загрязнения и природоохраных мероприятий на каждом определенном источнике (подробная матрица также представлена в Приложении Б). Данная матрица служит основой для последующего анализа эффективности различных технологических решений.

Структура матрицы построена следующим образом: строки соответствуют источникам выбросов, а столбцы — это природоохраные мероприятия. Важно отметить, что перечень этих мероприятий в столбцах полностью соответствует систематизации, разработанной и представленной в главе 2.2.

4. Этап маппинга (отображения).

Маппинг или отображение (от англ. mapping) — это процесс сопоставления или преобразования данных из одной структуры в другую, часто с целью их дальнейшей обработки или анализа. В программировании и анализе данных маппинг используется для извлечения, преобразования и распределения информации с учетом конкретных правил или шаблонов.

Каждому источнику выбросов и внедренному природоохранному мероприятию присвоены соответствующие условные обозначения. Это необходимо для того, чтобы привести все данные, которые поступают на этапе маппинга, в виде пар "ключ-значение". Это означает, что каждая запись данных имеет уникальный ключ, который идентифицирует данную запись, и значение, соответствующее этому ключу. На этом этапе данные структурированы в виде пар "ключ-значение". "Ключом" является источник выбросов, а "значением" — количественный показатель, возникающий на пересечении конкретного мероприятия и источника. Эта величина свидетельствует о зафиксированном на первом этапе положительном эффекте при внедрении мероприятия и отражает реальное снижение объема выбросов. Упрощенная схема представлена на рисунке 2.13.



Рисунок 2.13. Агрегация результата определения зависимостей между внедренными ПМ и снижением выбросов ЗВ

Такие схемы составляются для каждого угольного терминала, выбранного для анализа. Условием для включения терминала в анализ является наличие достоверных данных о выбросах загрязняющих веществ за период не менее трех лет и документально подтвержденные факты внедрения природоохранных мероприятий.

5. Этап редьюсинга (агрегации данных). Редьюсинг (от англ. reducing) — это процесс агрегации данных, при котором из множества элементов вычисляется одно итоговое значение. Основная идея редьюсинга заключается в сжатии или уменьшении объемных данных в более компактное, обобщенное представление. Он используется как часть более общего подхода "MapReduce", широко применяемого в программировании и обработке больших данных.

На этапе редьюсинга функция редьюсера объединяет результаты, полученные от мапперов. Она группирует данные по типам мероприятий, вычисляя, как изменились выбросы в зависимости от реализации тех или иных природоохранных мер. В результате можно определить, какие мероприятия были наиболее эффективными в снижении объема выбросов и установить количественные закономерности их воздействия. Результатом этапа редьюсинга являются полученные взаимосвязи между внедренными природоохранными мероприятиями и снижениями валовых выбросов как для универсальных портов (рисунок 2.14), так и для специализированных (рисунок 2.15). Каждая линия на схеме соответствует положительному эффекту снижения объема выбросов загрязняющих веществ от конкретных источников выбросов.

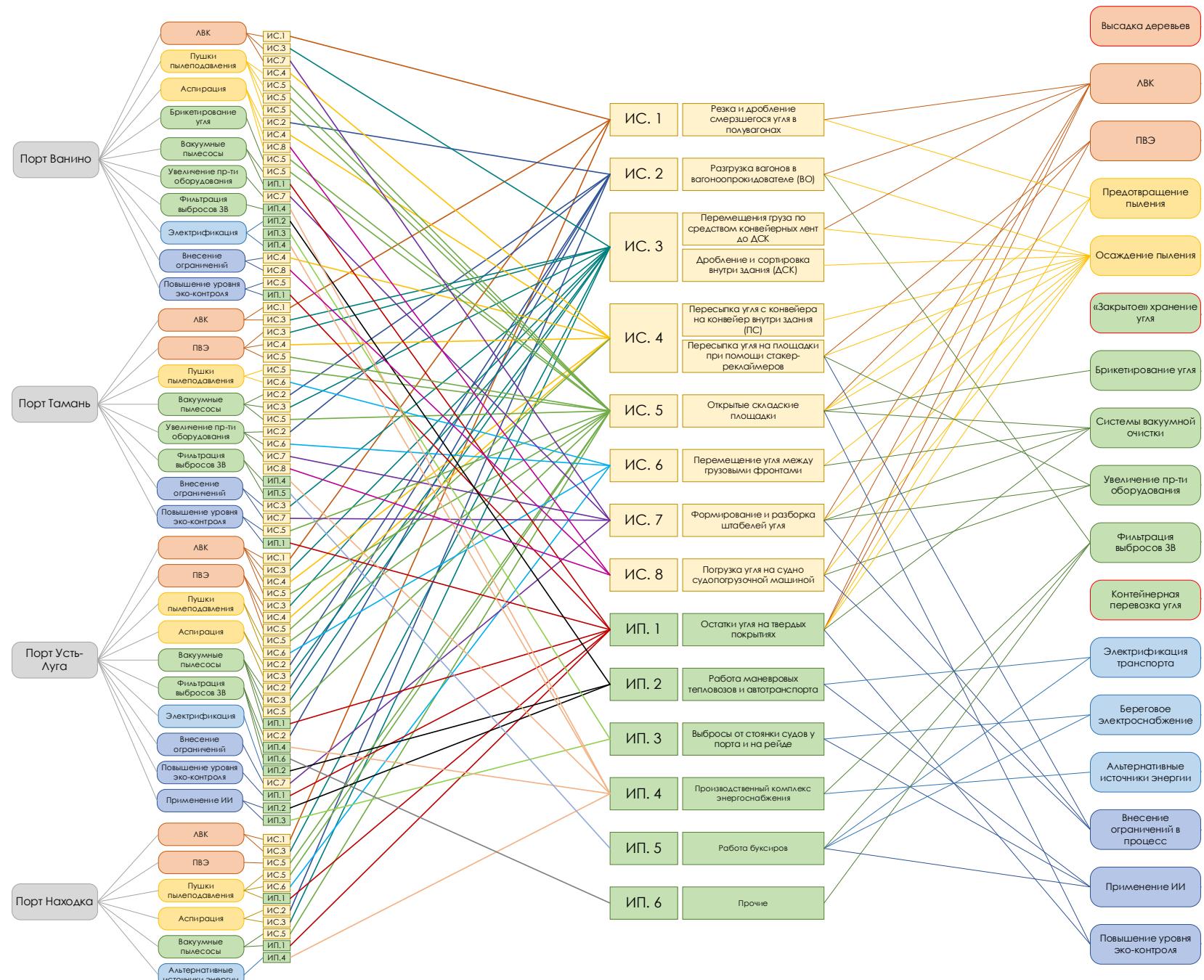


Рисунок 2.14 Выявленные зависимости между внедряемыми ПМ мероприятиями и снижением объема выбросов для специализированного угольного терминала

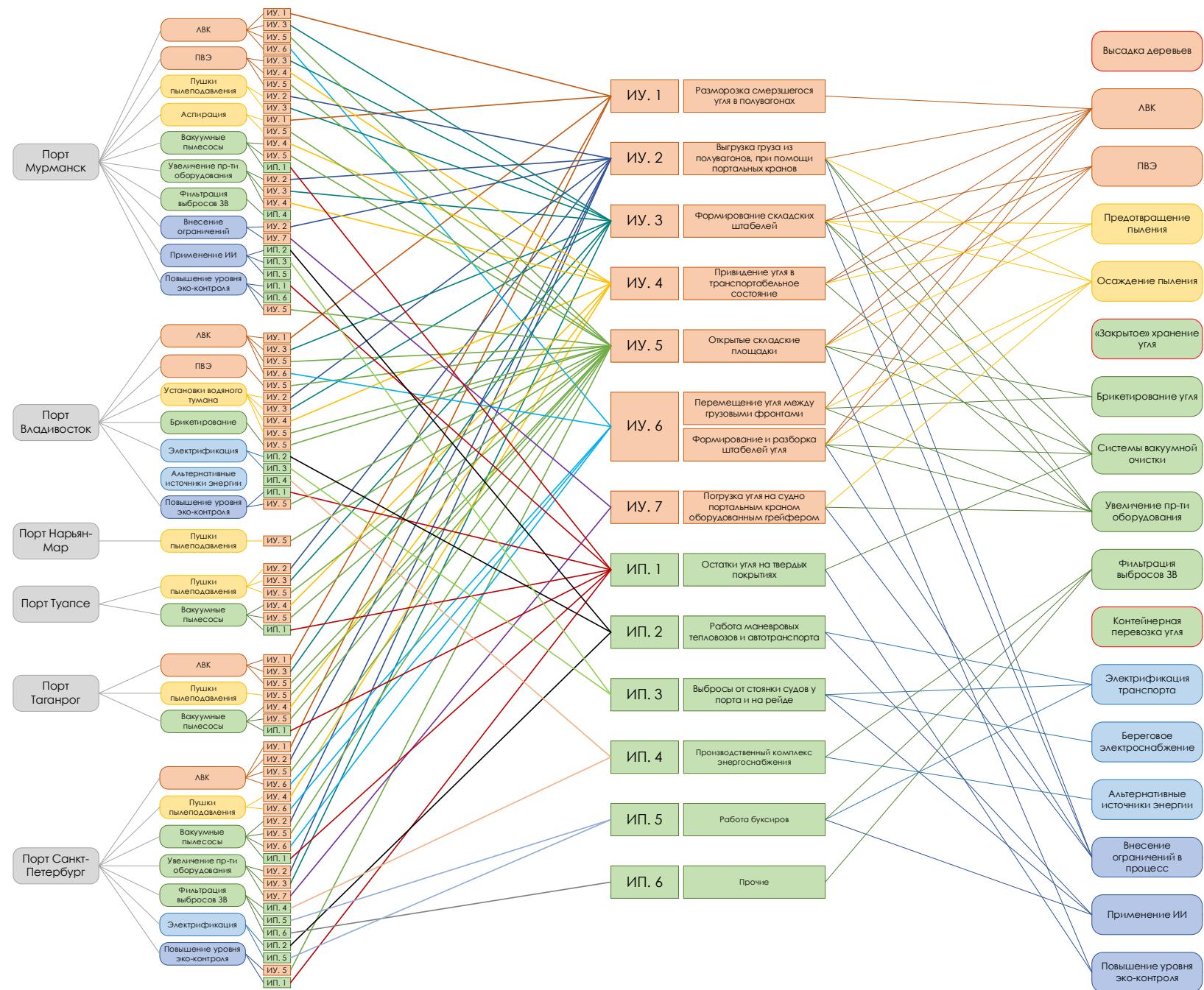


Рисунок 2.15 Выявленные зависимости между внедряемыми ПМ мероприятиями и снижением объема выбросов для универсального угольного терминала

Для упрощения анализа полученной схемы были выделены только финальные результаты проведенного исследования. Полученные результаты представлены на рисунках 2.16 и 2.17, которые демонстрируют итоговые взаимосвязи между природоохранными мероприятиями и источниками выбросов.

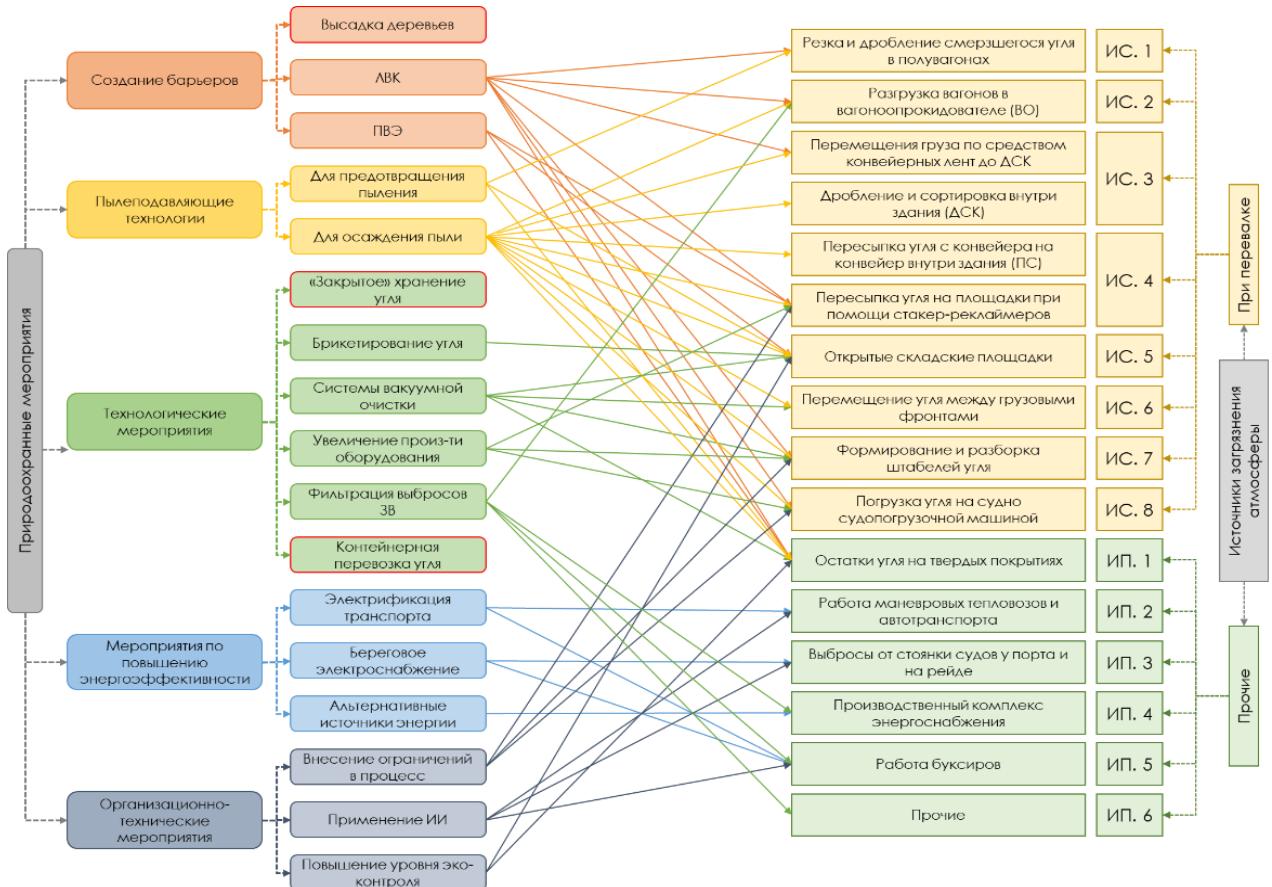


Рисунок 2.16 Итоговая схема выявленных зависимостей между внедряемыми ПМ мероприятиями и снижением объема выбросов для специализированного угольного терминала

Из полученных результатов можно сделать вывод, что не все существующие мероприятия имеют доказанный положительный эффект. К таким мероприятиям относятся: высадка лесных насаждений, «закрытое» хранение угля и контейнерная перевозка угля.

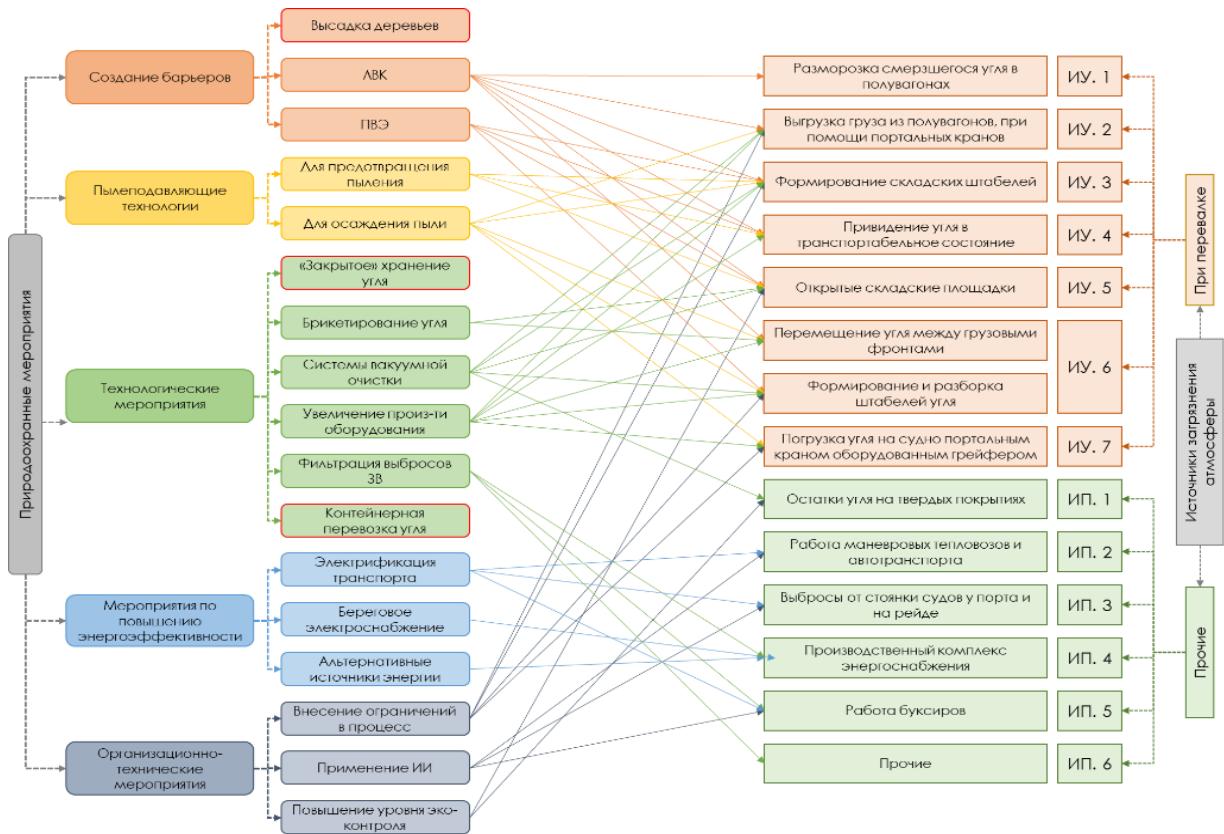


Рисунок 2.17 Итоговая схема выявленных зависимостей между внедряемыми ПМ мероприятиями и снижением объема выбросов для универсального угольного терминала

Высадка лесных насаждений, к сожалению, не показала прямого положительного эффекта на сокращение загрязняющих веществ как в рамках промышленной площадки, так и на границах санитарно-защитной зоны. Данный вывод был получен в результате обработки массива данных о концентрациях взвешенных частиц с применением алгоритмов MapReduce, позволивших проанализировать корреляционные зависимости между площадью зеленых насаждений и фактическими значениями выбросов.

«Закрытое» хранение угля также не имеет положительного эффекта по причине отсутствия в России терминалов с технологиями «закрытого» хранения угля. В мире есть несколько морских терминалов, которые осуществляли полностью закрытую перевалку, но отказались от данного способа либо по причине высокой стоимости такой перевалки, либо ввиду техногенных катастроф (инцидент в порту Вентспилс). Контейнерная перевозка насыпных грузов и, в частности, угля считается одним из наиболее

перспективных мероприятий, но в настоящее время стоимость такой перевалки выше, чем могут позволить себе стивидорные компании.

Применение методологии MapReduce для анализа взаимосвязей между источниками загрязнения и природоохранными мероприятиями позволило обработать значительные объемы разнородных данных, включающих результаты натурных измерений, технические характеристики оборудования и параметры эффективности природоохранных технологий. Распределенная обработка данных с использованием параллельных вычислений обеспечила возможность выявления скрытых закономерностей и нелинейных зависимостей, которые не могли быть обнаружены традиционными методами статистического анализа.

Построение схем-взаимосвязей между источниками загрязнения атмосферы и природоохранными мероприятиями является важным этапом в разработке метода выбора природоохранных мероприятий в морских угольных портах и позволило достичь следующих целей:

- Определить взаимосвязи между группами природоохранных мероприятий и источниками выбросов загрязняющих веществ на основе количественного анализа больших данных;
- Предложить способ выявления подходящей природоохранной технологии для того или иного источника выбросов с учетом многофакторного анализа эффективности;
- Выявить наиболее эффективные мероприятия с точки зрения положительного эффекта на сокращение объема загрязняющих веществ путем ранжирования альтернатив по комплексному критерию экологической и экономической эффективности.

Полученные результаты демонстрируют высокую практическую значимость применения современных методов обработки больших данных для решения задач экологического мониторинга и выбора оптимальных природоохранных решений в портовой индустрии.

2.3 Существующие методы определения эффективности внедрения природоохранных мероприятий

Проведенное исследование источников загрязнения атмосферного воздуха в угольном порту и сформированная классификация природоохранных мероприятий позволяет определить мероприятия, которые необходимо применять на том или ином источнике выбросов. Но при выборе природоохранного мероприятия, необходимо придерживаться критерии выбора мероприятий, одним из которых является эффективность. В настоящее время нет единого подхода выбора природоохранных мероприятий и определения их эффективности по причине того, что существует множество факторов, влияющих не только на эффективность мероприятия, но и на возможность внедрения в текущих условиях морского угольного терминала.

Самыми распространёнными способами оценки эффективности считается инструментальный способ и математическое моделирование. **Инструментальный способ**, основан на показаниях датчиков контроля атмосферного воздуха, которые устанавливаются как на территории промышленной площадки, так и на границах санитарно-защитной зоны. С помощью такого способа оценить эффективность можно замерив показания качества воздуха до и после внедрения мероприятия и сравнив показания определить эффективность данного мероприятия в данных условиях. По оценкам экологов, работающих на местах, данный способ желательно применять не только когда мероприятие уже внедрено, а, если это возможно, разбивать внедрение мероприятия на этапы и проводить замеры после каждого этапа. К сожалению, у данного способа есть ряд недостатков:

1. Для того, чтобы сравнить показания качества воздуха необходимо, чтобы все факторы до и после внедрения совпадали: температура внешней среды, скорость ветра, исходное перегружаемое сырье (на примере угля – марка, влажность, крупность и пр.)

2. Поскольку значительная часть угольных терминалов расположена в черте населенных пунктов или в непосредственной близости от жилых и

промышленных зон, существует высокая вероятность интерференции загрязнителей. Возникает риск, что фоновые концентрации от сторонних объектов не будут корректно отделены от выбросов порта при первичных замерах, что впоследствии исказит оценку реальной эффективности внедренных природоохранных мер.

3. Методологическая сложность оценки площадных источников. Верификация эффективности мероприятий для неорганизованных источников (например, открытых угольных складов) сопряжена с техническими трудностями. Для получения достоверных данных по таким объектам недостаточно точечных замеров: требуется развертывание сети анализаторов пыли и перекрестное сравнение массивов полученной информации.

При создании условий, в которых все недостатки нивелируются, данный способ определения эффективности актуален, но он позволяет оценить эффективность мероприятия уже на этапе внедрения, что не соответствует ранее поставленной задаче.

По этой причине необходимо рассматривать способы определения эффективности мероприятий еще на этапе проектирования, для учета всех возможных потребностей морского порта. Одним из таких способов является **математическое моделирование**. Вопросами моделирования распространения угольной взвеси в воздухе под влиянием внешних сил занимались и занимаются как отечественные исследователи, так и зарубежные.

Данный способ чаще всего применяется для обоснования расположения пыле-ветрозащитных экранов, в том числе материал, из которого будут изготовлены панели, и высоту. Математическое моделирование можно рассмотреть на примере математического моделирования установки ПВЭ на основе методики разработанной Центральным научно-исследовательским институтом электроэнергетической промышленности Японии. Для прогнозирования эффекта предотвращения распространения пыли сначала проводится пробный расчет в результате которого подсчитывается общий вес

осажденной угольной пыли (вес осажденной на поверхность угольной пыли) до внедрения экранов. Определяется количество образовываемой пыли, концентрация и количество осаждаемой пыли.

Данный способ использует принципы инструментального способа для оценки конечного результата, но для построения применяются методы математического и 3D моделирования поток воздуха и осаждения пыли. Формулы, которые лежат в основе методики расчета осаждения пыли при установке пылеветрозащитных экранов можно применять и для мероприятий группы «Пылеподавляющих технологий», но в случае с ПВЭ формула учитывает все внешние факторы, то в случае с расчетом эффективности пылеподавления множество внешних факторов остаются не учтенными [108].

Одним из наиболее основных недостатков данного способа является его не универсальность. При построении моделирования в каждом отдельно взятом порту необходимо учитывать множество внешних факторов и для каждого отдельно взятого мероприятия будет своя формула расчета. Помимо этого, чтобы проанализировать каждое потенциальное мероприятие требуется провести множество расчётов, что требует определенных ресурсов и времени. Также, необходимо отметить, что математическое моделирование чаще применяется для выбора оптимальных условий установки ПВЭ, а эффективность экранов уже после внедрения подтверждается инструментальными испытаниями.

Как упоминалось ранее в угольном порту преобладают неорганизованные источники выбросов, валовый выброс которых довольно сложно оценить, точнее сложно определить разовый (моментальный) выброс. Для этого существуют принятые Министерством природных ресурсов и экологии методики расчета объема выбросов от неорганизованных источников, которые в том числе позволяют оценить возможность снижение объема выбросов при внедрении того или иного мероприятия, перечень основных методик, применяемых для расчета валового выброса в условиях угольного терминала представлены в Приложении Д.

Основные недостатков расчетного способа определения эффективности несколько:

1. Не все внедряемые мероприятия могут изменить значения коэффициентов, и соответственно, не все мероприятия можно оценить, применяя данный способ.
2. Ориентировочные значения полученной эффективности (результат требует инструментального подтверждения) зачастую не соответствуют реальным инструментальным замерам.

Помимо вышеуказанных способов определения эффективности ПМ, для обоснования расчета можно брать значения эффективности из утвержденных справочников НДТ, в частности справочник НДТ-46-2019 [14]. Но очевидно, что данный способ является наименее точным и применять его следует, только если по-другому оценить мероприятие не представляется возможным.

По причине того, что у каждого существующего способа определения эффективности ПМ есть определенные недостатки и рассмотренные способы не позволяют комплексно оценить природоохранное мероприятие не только с точки зрения экологической безопасности, но также соответствие технологическому процессу и экономическую составляющую. В связи с этим предлагается рассмотреть вопрос разработки единого подхода к выбору ПМ в основе которого лежат экологические, экономические и производственные характеристики. Предлагаемый подход рассмотрен в главе 3.

Выводы по главе 2

1. На основе сравнительного анализа отечественного и зарубежного опыта применения наилучших доступных технологий (НДТ) разработана авторская классификация мер по снижению пылеобразования в угольных терминалах. Выделены пять ключевых групп: барьерные ограждения, технологии пылеподавления, организационно-технические решения, меры по энергосбережению и специальные технологические мероприятия. Данная систематизация позволяет упорядочить процесс выбора технологий с учетом специфики источника выбросов.

2. С использованием алгоритмов обработки больших массивов данных (Big Data), включая модель MapReduce, установлена и математически обоснована количественная зависимость между внедрением конкретных природоохранных мероприятий и динамикой снижения валового выброса загрязняющих веществ. Это позволило перейти от экспертно-интуитивного к доказательному подходу в оценке эффективности.

3. Выявлены и систематизированы устойчивые взаимосвязи между типами источников пыления и группами природоохранных мероприятий. В итоговую схему соответствия включены только те технологические решения, положительный эффект от внедрения, которых верифицирован практикой эксплуатации (закреплен методом корреляции) как минимум на двух различных морских терминалах.

4. Критический анализ применяемых способов оценки эффективности природоохранных мероприятий (инструментальные замеры, математическое моделирование) выявил их существенные недостатки: высокую трудоемкость, зависимость от погодных условий в момент замера и значительные финансовые затраты. Обоснована необходимость разработки методики, позволяющей проводить предварительную оценку без привлечения дорогостоящих сторонних организаций.

5. Установлено, что в отсутствие комплексной методики стивидорные компании при выборе природоохранных мер руководствуются преимущественно формальными требованиями справочника НДТ ИТС-46-2019 и текущими финансовыми возможностями. Доказано, что такой подход часто приводит к выбору технически необоснованных решений, не дающих реального экологического эффекта, что влечет за собой неэффективное расходование капитальных средств.

Глава 3. Разработка методики оценки рациональности применения выбранных природоохранных мероприятий

3.1 Выбор критериев эффективности мероприятий.

Во второй главе рассмотрены существующие методы оценки эффективности природоохранных мероприятий. В виду ряда факторов, данные способы оценки не позволяют комплексно оценить предлагаемую для внедрения технологию и имеют определенные недостатки. Это не значит, что их нельзя применять, но для анализа предлагаемых к внедрению мероприятий требуется предложить новый подход к оценке планируемых природоохранных мероприятий.

Для этого разработан механизм выбора природоохранных мероприятий для угольных портов. Отличительной особенностью данного метода выбора является:

- поэтапная оценка по трем направлениям – экологическому, экономическому и производственному;
- методика оценки, не требующая технических знаний, что удобно для использования на разных уровнях управления предприятием;
- критерии оценки, отобранные на основе опроса экспертов (как технических служб, так и специалистов экологов) крупнейших морских портов России.

Для определения наиболее значимых критериев оценки природоохранных мероприятий был применен метод экспертных оценок. Отбор экспертов производился на основе строгих квалификационных требований, обеспечивающих всестороннюю компетентность в рассматриваемой области.

Ключевыми критериями для кандидатов являлись:

- продолжительный (не менее пяти лет) практический опыт работы в портовой индустрии;

- подтвержденный опыт в сфере экологической экспертизы и разработки природоохранной документации для портовых объектов;
- наличие научных публикаций по профильным темам
- управленческий опыт на руководящих должностях в технических, производственных или экологических подразделениях морских портов.

Использованная методика отбора позволила привлечь специалистов, обладающих системным взглядом на исследуемую проблему. Кандидаты включались в состав рабочей группы при условии их соответствия хотя бы одному из перечисленных выше критериев. Помимо представителей бизнеса, к исследованию привлекались сотрудники профильных государственных ведомств, курирующих портовую отрасль.

Итоговая выборка составила 30 экспертов — сотрудников стивидорных предприятий из различных регионов. Поскольку ключевым принципом анкетирования выступала строгая конфиденциальность, перечень конкретных организаций в работе не раскрывается.

Для удобства и простоты заполнения анкета была подготовлена через Яндекс формы (таблица 3.1).

Таблица 3.1 Экспертный опрос для определения критериев оценки эффективности природоохранных мероприятий в морских угольных портах

Экспертный опрос для определения критериев оценки эффективности природоохранных мероприятий в морских угольных портах			
№	Критерии	Согласны ли, что предложенный критерий необходим при оценке опасности скважины?	
		Не согласен	Сомневаюсь
Производственные критерии			
1.1.	Наличие технической возможности внедрения. Критерий свидетельствует о наличии у морского терминала техническая возможность внедрения данной технологии		

1.2.	Необходимость в установке специализированного оборудования Критерий, показывающий необходимость установки специализированного оборудования, которое, возможно, может повлиять на работу порта и/или снизить полезную площадь складов			
1.3.	Влияние на скорость обработки грузов. Критерий, показывающий, отрицательное влияние на осуществление погрузочно-разгрузочных работ в порту.			
1.4.	Применимость как для перевалки угля, так и для отрасли в целом. Критерий, особенно важный для универсальных портов, показывающий возможность применения рассматриваемого природоохранного мероприятия не только при работе с углем, но и для других грузов			
1.5.	Доказанная практическая полезность. Критерий, оценивающий влияние природоохранных мероприятий не только на снижение антропогенной нагрузки, но и на повышение эффективности работы порта в целом			
1.6.	Отсутствие рисков в части промышленной безопасности. Критерий, показывающий создание безопасных условий труда и как следствие отсутствие рисков в части промышленной безопасности.			
1.7.	Снижение себестоимости продукции за счет экологических мероприятий. Критерий, показывающий, что благодаря внедрению более эффективных природоохранных технологий себестоимость продукции уменьшается (например, путем энергосбережения, уменьшения затрат на сырье или логистику отходов).			
1.8.	Обязательность согласования внедрения с государственными органами Внедрение некоторых мероприятий возможно только при внесении определенных конструктивных изменений в строение причалов, которое в свою очередь необходимо согласовывать с надзорными органами			
1.9.	Наличие специалистов, способных реализовать данный проект. Под данным критерием понимается наличие внешних специалистов и компаний,			

	способных реализовать данное природоохранное мероприятие в порту			
1.10.	<p>Увеличение использования технологий замкнутого цикла. Производственная эффективность возрастает, если предприятие внедряет замкнутые циклы, которые минимизируют потери сырья и отходы. Это может быть, например, рекуперация выделяемой тепловой энергии или повторное использование переработанных компонентов.</p>			
1.11.	<p>Доступность расходных материалов, применяемых в данной технологии. Важным критерием в условиях возможных ограничений поставок является доступной расходных материалов. Предпочтение следует отдавать технологиям, расходные материалы для которых либо есть в свободном доступе, либо производятся в нашей стране</p>			
1.12.	<p>Есть ли необходимость приостанавливать работу порта для внедрения мероприятия В зависимости от масштабов внедряемого мероприятия могут быть внесены корректировки в работу нескольких цехов, а может и дойти до остановки работы всего морского порта</p>			
1.13.	<p>Сроки проектирования мероприятия. Для планирования внедрения любого проекта на предприятии важно понимать, сколько времени потребуется для разработки проектной документации</p>			
1.14.	<p>Сроки реализации (включая закупку, поставку, СМР, пуско-наладку) Критерий характеризующий временной интервал, необходимый для реализации данного природоохранного мероприятия.</p>			
1.15.	<p>Потребность в расширении штата сотрудников. Критерий характеризующий мероприятия, требующие расширения численности штата сотрудников могут повлечь за собой дополнительные затраты.</p>			
1.16.	<p>Риск отрицательного влияния на качество конечного продукта. Критерий, показывающий влияние мероприятий на угольную массу в части</p>			

	непосредственного воздействия на физические характеристики груза			
1.17.	<p>Коэффициент использования производственных мощностей. Внедрение природоохранных мероприятий может увеличить эффективность использования оборудования, особенно если оно становится более универсальным или производит меньше отходов при том же уровне использования ресурсов.</p>			
Экономические критерии				
2.1.	<p>Объем предотвращенного ущерба. Хозяйственная деятельность порта, при нарушении природоохранного законодательства может привести к нанесению ущерба компонентам природной среды, в частности воздушной и водной среде.</p>			
2.2.	<p>Сокращение издержек в части ООС. Внедрение природоохранного мероприятия направлено как на снижение антропогенного воздействия, так и на снижение издержек в части охраны окружающей среды.</p>			
2.3.	<p>Получение прибыли от внедрения природоохранной технологии (в том числе не материальная) Внедрение некоторых мероприятий может принести порту помимо прямой задачи – выполнения природоохранного законодательства, так и пассивный доход, и не обязательно, выражаящийся в денежном эквиваленте.</p>			
2.4.	<p>Срок окупаемости мероприятия Под сроком окупаемости принято понимать временной интервал на протяжении которого происходит возмещение первоначальных затрат в инвестиционный проект</p>			
2.5.	<p>Общая выгода для региона. Включает косвенные экономические эффекты, такие как привлечение инвесторов в регион благодаря экологической репутации, создание устойчивых бизнес-моделей с акцентом на возобновляемые ресурсы, повышение стоимости недвижимости в экологически чистых районах.</p>			
Экологические критерии				

3.1.	Соответствие выбранной технологии утвержденным справочникам наилучших доступных технологий. Внедрение наилучших доступных технологий является обязательным для угольных терминалов, в связи с этим, при внедрении того или иного мероприятия необходимо убедиться, является ли оно НДТ.	
3.2.	Необходимость получения заключения экологической экспертизы при внедрении на предприятии Прохождение экологической экспертизы потребует дополнительных затрат и внедрение мероприятия займет больше времени.	
3.3.	Наличие риска для состояния окружающей среды при несоблюдении правил работы с данной технологией. Данный критерий необходимо учитывать для выявления потенциально опасного для окружающей среды мероприятия, при несоблюдении правил и отклонения от рабочих производственных карт предприятия	
3.4.	Социальный эффект. Улучшение качества жизни населения за счет снижения заболеваемости, связанной с экологическими проблемами (например, респираторные заболевания, вызванные загрязнением воздуха), а также повышение доступности чистой воды и улучшение здоровья экосистем.	
3.5.	Уровень общественного удовлетворения и поддержки. Восприятие природоохранных мероприятий населением и организациями, что может определяться опросами или социальными исследованиями.	
3.6.	Размер частиц пыли, улавливаемых данным мероприятием. Оценка данного критерия непосредственно связана с размером улавливаемых частиц	
3.7.	Отсутствие возникновения отходов 1-2 классов опасности по причине использования данного мероприятия. Образование опасных отходов производства и потребление также может стать причиной потенциального загрязнения ОС. Поэтому приоритет следует отдавать безотходным («zero-waste») технологиям.	

3.8.	Сохранение или восстановление биоразнообразия. Увеличение количества видов флоры и фауны, восстановленных на определенной территории, или сохранение видового состава в зоне влияния хозяйственной деятельности.			
3.9.	Снижение воздействия на атмосферу. Критерий направлен на то, чтобы оценить применимость того или иного мероприятия для снижения объемов валового выброса порта.			
3.10.	Снижение воздействия на водную среду. Мероприятие необходимо оценить с точки зрения воздействия на водную среду, причем как положительного, так и отрицательного			
3.11.	Энергоэффективность мероприятия. Данный критерий учитывает энергоэффективность внедряемого мероприятия и использование в процессе экологически безопасных источников энергии			
3.12.	Расчетный метод определения эффективности природоохранных мероприятий для оценки эффективности природоохранных мероприятий могут применяться расчетные методики определения объема загрязняющих веществ в атмосфере. Возможный эффект от внедрения мероприятий можно рассмотреть через призму коэффициентов, применяемых в методиках расчета, точнее через определение того, как внедрение того или иного мероприятия влияет на значение коэффициента			

При заполнении анкеты экспертам предлагалось поставить символ «+» напротив одного из следующих утверждений:

- «не согласен» (балл «-1»);
- «сомневаюсь» (балл «0»);
- «согласен» (балл «+1»).

После получения результатов анкетирования, с целью оценки компетентности ответов экспертов с помощью приема, основанного на оценке

близости мнения эксперта к среднему мнению всех участников опроса, производились процедуры математической обработки [109, 110, 111, 132] (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Схема определения компетентности экспертов

Шаг	Описание процедур
1	<p>Каждый i-й эксперт ($i=1, 2, 3, \dots, 19$) оценивает все предложенные критерии природоохранных мероприятий. Эксперту предлагалось установить балл (1; 0; -1) каждого j-го критерия ($j=1, 2, 3, \dots, 21$). После обработки результатов опроса всех экспертов, все полученные данные сведены в матрицу мнений каждого i-го эксперта относительно значимости всех критериев [109, 110, 111, 132]:</p> $\begin{vmatrix} a_{11} & a_{21} & a_{n1} \\ a_{12} & a_{22} & a_{n2} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{1k} & a_{2k} & a_{nk} \end{vmatrix}$ <p>где a_{nk} – мнение n-го эксперта относительного k-го фактора (приложение В, таблица В.1)</p>
2	<p>Определяется среднее значение модуля оценки j-го критерия по всем экспертам $a_j^{\bar{}}$</p> $\bar{a}_j = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij}}{n}$ <p>где a_{ij} – мнение i-го эксперта относительного j-го критерия n – количество экспертов (приложение В, таблица В.2)</p>
3	<p>Определяется отклонение мнения каждого эксперта от среднего мнения группы Δa_{ij} (всех экспертов, принимающих участие в опросе) относительно значимости каждого критерия эффективности природоохранных мероприятий [109, 110, 111, 132]:</p> $\Delta a_{ij} = a_{ij} - \bar{a}_j $ <p>где a_{ij} – мнение i-го эксперта относительного j-го критерия \bar{a}_j – среднее значение модуля оценки j-го критерия (Приложение В, таблица В.3)</p>
4	<p>Создается матрица D_i отклонений мнений i-го эксперта по всем критериям (элементы матрицы отклонений соответствуют каждому критерию в отдельности):</p> $D_i = \begin{vmatrix} \Delta a_{11} & \Delta a_{21} & \Delta a_{n1} \\ \Delta a_{12} & \Delta a_{22} & \Delta a_{n2} \\ \dots & \dots & \dots \\ \Delta a_{1k} & \Delta a_{2k} & \Delta a_{nk} \end{vmatrix}$ <p>где Δa_{nk} – отклонение мнения каждого из экспертов от среднего мнения всей группы относительно значимости каждого критерия эффективности природоохранных мероприятий [109, 110, 111]. После повтора этих действий по каждому i-му эксперту, принявшему участие в опросе, формируется матрица отклонений мнений всех экспертов от средних мнений (отдельно по каждому фактору) (Приложение В, таблица В.3)</p>
5	<p>Определяется сумма Δa_i отклонений мнений i-го эксперта по всем критериям:</p> $\Delta a_i = \sum_{j=1}^k \Delta a_{ij}$

	<p>где a_{ij} – мнение i-го эксперта относительно j-го критерия k – количество критериев ($k = 21$) Δa_{ij} - отклонение мнения каждого из экспертов от среднего мнения всей группы относительно значимости каждого критерия (Приложение В, таблица В.4)</p>
6	<p>Определяется среднее отклонение мнений всех экспертов по всем критериям $\bar{\Delta a}$:</p> $\bar{\Delta a} = \frac{\sum_{j=1}^k \Delta a_{ij}}{k}$ <p>где Δa_{ij} - отклонение мнения каждого эксперта от среднего мнения группы относительно значимости каждого критерия k – количество критериев ($k = 21$) (Приложение В, таблица В.4)</p>
7	<p>Определяется среднее отклонение $\bar{\Delta a_i}$ мнений i-го эксперта по всем критериям от среднего мнения группы [132]:</p> $\bar{\Delta a_i} = \bar{\Delta a} - \Delta a_i$ <p>где $\bar{\Delta a}$ – среднее отклонение мнений всех экспертов по всем критериям Δa_i - сумма отклонений мнений i-го эксперта по всем критериям (Приложение В, таблица В.4)</p>
8	<p>Определяется расстояние мнений экспертов от средних значений по группе, при этом на первом месте располагается эксперт с наименьшим расстоянием, на последнем месте – с наибольшим (таблица 2.3) [109, 110, 111, 132].</p>
9	<p>Определение суммы мнений экспертов по j-ому критерию A_j:</p> $A_j = \sum_{i=1}^n a_{ij}$ <p>где a_{ij} – мнение i-ого эксперта относительно j-ого фактора n – количество экспертов ($n = 19$) (Приложение В, таблица В.5)</p>
10	<p>Определяется среднее значение суммы мнений экспертов по всем критериям \bar{A}_j:</p> $\bar{A}_j = \frac{A_j}{k}$ <p>(Приложение В, таблица В.5)</p>
11	<p>Определяется весовой коэффициент для каждого критерия p_j:</p> $p_j = \frac{A_j}{\sum_{j=1}^k a_j}$ <p>(таблица 2.4, Приложение В, таблица В.6)</p>

Результаты математической обработки представлены в таблицах 2.3,
2.4. Исходная матрица и результаты расчетов представлены в приложении В.

Таблица 3.3 – Ранжирование экспертов в зависимости от отклонения их мнений от средних значений по группе

Эксперт	Отклонение мнения эксперта от среднего мнения группы	Ранг по среднему отклонению от мнения группы
1	5,24	1
5	5,24	2
19	5,24	3
29	5,24	4
22	5,31	5
4	5,44	6
20	5,44	7
7	5,50	8
27	5,56	9
3	5,63	10
8	5,82	11
17	5,89	12
6	6,02	13
24	6,02	14
9	6,28	15
10	6,34	16
15	6,41	17
21	6,41	18
16	6,73	19
14	7,12	20
25	7,12	21
2	7,64	22
30	7,96	23
28	8,02	24
12	8,09	25
11	8,74	26
13	8,99	27
26	14,69	28
23	15,66	29
18	18,05	30

На основе метода ранжирования эксперты №26, №23 и №18 были исключены из дальнейшей процедуры экспертной оценки [132].

Таблица 3.4 – Ранжирование и отбор критериев эффективности природоохранных мероприятий для последующей оценки.

Критерий	Весовой коэффициент	Ранг
1.1.	1,73	1
1.2.	1,73	2
1.3.	1,73	3

1.4.	1,73	4
1.5.	1,73	5
1.6.	1,73	6
1.11.	1,73	7
1.12.	1,73	8
1.13.	1,73	9
2.1.	1,73	10
2.2.	1,73	11
2.4.	1,73	12
3.1.	1,73	13
3.2.	1,73	14
3.3.	1,73	15
3.9.	1,73	16
3.10.	1,73	17
3.12.	1,73	18
3.6.	1,6	19
1.9.	1,47	20
1.15.	1,41	21
1.14.	1,34	22
2.3.	1,34	23
3.11.	1,28	24
1.16.	1,22	25
3.7.	1,22	26
1.8.	1,15	27
3.5.	-1	28
3.4.	-1,2	29
1.7.	-1,3	30
1.17.	-1,3	31
1.10.	-1,4	32
3.8.	-1,4	33
2.5.	-1,5	34

Как отмечено, в ходе экспертного опроса и обработки его результатов, пять критериев: «Уровень общественного удовлетворения и поддержки», «Социальный эффект», «Снижение себестоимости продукции за счет экологических мероприятий», «Коэффициент использования производственных мощностей», «Увеличение использования технологий замкнутого цикла», «Сохранение или восстановление биоразнообразия» и «Общая выгода для региона» (критерии 3.5, 3.4, 1.7, 1.17, 1.10, 3.8 и 2.5 таблицы 2.4) исключены из дальнейшего рассмотрения. Набор принимаемых

в настоящей работе критериев оценки описывается в нижеследующих разделах. При этом критериям, указанным в таблице 3.1 с порядковыми номерами 1.1...1.17 присвоено наименование - Производственные критерии (характеризуют технические характеристики и возможности морского порта, критерии 2.1...2.5 - Экономические критерии (характеризуют финансовую целесообразность внедрения природоохранного мероприятия, а критериям 3.1...3.12 (таблица 3.1) — Экологические критерии (характеризуют соответствие природоохранных мероприятий экологическим нормам).

3.2 Характеристика установленных критериев и определение балльных оценок.

Критерии эффективности природоохранных мероприятий на сегодняшний день в той или иной степени применяются в морских портах на этапе анализа и обоснования инвестиций, но комплексная оценка, учитывающую и экологическую, и производственную, и экономическую экологическую эффективность, на данный момент не производится.

3.2.1 Производственные критерии.

Первым этапом выбора природоохранного мероприятия является оценка технической эффективности, ведь, если технически невозможно реализовать мероприятие, то дальнейшая оценка не нужна и данное ПМ не рекомендуется для внедрения.

Оценка технической целесообразности, предлагаемой технологий, осуществляется на основе экспертной оценки и путем изучения имеющегося опыта применения соответствующих технологий на практике, например, путем изучения того, применяется ли уже данная технология в данном секторе и при каких условиях. Важным условием экспертной оценки эффективности мероприятия является проведение балльной оценки группой экспертов (как работников порта, так и внешних специалистов) независимо друг от друга. После – результаты суммируют и получают усредненную оценку эффективности ПМ.

Наличие технической возможности внедрения.

Первый критерий оценки природоохранного мероприятия самый важный – есть ли у морского терминала техническая возможность внедрения данной технологии. Если технической возможности для внедрения нет, то данное мероприятие автоматически признается нерекомендуемым к внедрению и дальнейшая оценка не проводится. Балльная оценка для критерия представлена в таблице 3.5.

Таблица 3.5 Балльная оценка для критерия – наличие технической возможности внедрения.

Критерий	В порту есть возможность для внедрения данного ПМ	В порту существуют производственные ограничения для внедрения данного ПМ	В порту нет возможности для внедрения данного ПМ
Баллы	9	4	Приостановка дальнейшей оценки

Необходимость в установке специализированного оборудования.

Как это было рассмотрено в главе 2 есть несколько групп природоохранных мероприятий. Часть мероприятий реализуется путем внедрения нового оборудования, другая часть связана с модернизацией текущего оборудования, либо с организационными мероприятиями. При планировании работы порта, необходимо учитывать данный критерий в виду возможного возникновения ограничений для работы порта и перевалки грузов, причем как на этапе строительно-монтажных работ, так и в процессе эксплуатации [112]. При оценке данного мероприятия нет отрицательной («красной») оценки, потому как большую часть мероприятий без внедрения специализированного оборудования невозможно применить в порту. Балльная оценка для критерия представлена в таблице 3.6.

Таблица 3.6 Балльная оценка для критерия – Необходимость в установке специализированного оборудования.

Критерий	Мероприятие не требует установки специализированного оборудования	Мероприятие может осуществляться при помощи существующего оборудования	Мероприятие требует установки специализированного оборудования
Баллы	7	4	2

Влияние на скорость обработки грузов.

Любая природоохранная технология, предлагаемая для внедрения в морском порту помимо соответствия цели снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду, не должна накладывать ограничения и как-либо

создавать трудности для работы порта и обработки грузов. В связи с этим любое мероприятие, рассматриваемое для внедрения в порту должно рассматриваться и анализироваться как экологической службой предприятия, так и техническими специалистами на предмет выявления потенциальных рисков для разгрузочно-погрузочных работ. Балльная оценка для критерия представлена в таблице 3.7.

Таблица 3.7 Балльная оценка для критерия – Влияние на скорость обработки грузов.

Критерий	Мероприятие никак не влияет на скорость перевалки	Мероприятие косвенно, но незначительно влияет на снижение скорости обработки груза	Мероприятие приводит к снижению скорости перевалки
Баллы	7	4	0

Применимость как для перевалки угля, так и для отрасли в целом (в том числе применяется ли данная технология в существующих угольных портах).

Угольные терминалы, как было рассмотрено в главе 1, бывают двух видов –универсальные и специализированные. Универсальные занимаются обработкой не только угля, но и обработкой прочих грузов. Поэтому важно, чтобы внедряемое мероприятие можно было использовать не только с угольной массой, но и для других грузов. При рассмотрении и оценке мероприятия по данному критерию необходимо также рассмотреть насколько часто подобная технология применяется в угольных портах как в России, так и за пределами РФ. При оценке мероприятия также нет отрицательной оценке ввиду того, что мероприятия, рассмотренные в данной работе в первую очередь направлены на снижение объемов угольной пыли, а уже во вторую очередь могут применяться для сторонних грузов. Балльная оценка для критерия представлена в таблице 3.8.

Таблица 3.8 Балльная оценка для критерия – Применимость как для перевалки угля, так и для отрасли в целом.

Критерий	Мероприятие может применяться для любых грузов	Мероприятие может применяться для насыпных грузов	Мероприятие применяется только для угля
Баллы	7	4	2

Доказанная практическая полезность.

Природоохранные мероприятия в первую очередь внедряются для снижения антропогенной нагрузки в порту. Но внедрение некоторых мероприятий может привести к положительному эффекту с точки зрения практической полезности для работы порта. Такие мероприятия либо направлены на повышение эффективности обработки грузов, либо на увеличение скорости перевалки. Балльная оценка для критерия представлена в таблице 3.9.

Таблица 3.9 Балльная оценка для критерия – Доказанная практическая полезность.

Критерий	Мероприятие с доказанной практической полезностью для перевалки	Мероприятие без доказанной практической полезности для перевалки	Полностью отсутствует практическая полезность ПМ
Баллы	7	4	0

Необходимо отметить, что для мероприятия без доказанной практической полезности (эффективности) могут быть выполнены научно-исследовательские работы, в ходе которых получится определить эффективность мероприятия.

Отсутствие рисков в части промышленной безопасности.

Важнейшим условием работы любого промышленного объекта и угольного порта, в частности, является создание безопасных условий труда и как следствие отсутствие рисков в части промышленной безопасности. Поэтому важным критерием оценки потенциального мероприятия является оценка возможного влияния на возникновение рисков для рабочих порта. Как упоминалось ранее, любой процесс в порту может привести к созданию

опасной ситуации, но для корректной оценки рассматривается условие полного выполнения всех рабочих инструкций. Балльная оценка для критерия представлена в таблице 3.10.

Таблица 3.10 Балльная оценка для критерия – Отсутствие рисков в части промышленной безопасности.

Критерий	Мероприятие не приводит к возникновению рисков в части ПБ	Мероприятие может привести к возникновение рисков в части ПБ	Мероприятие является причиной к возникновению рисков в части ПБ
Баллы	7	4	0

Риск отрицательного влияния на качество конечного продукта.

Мероприятия, направленные на взаимодействие непосредственно на угольную массу, могут оказывать непосредственное воздействие на физические характеристики груза – повышать теплоту сгорания, увеличивать влажность и прочее. Такие изменения качества исходного груза для грузополучателей недопустимо в связи с чем, любое предлагаемое мероприятие необходимо оценивать. Балльная оценка для критерия представлена в таблице 3.11.

Таблица 3.11 Балльная оценка для критерия – Риск отрицательного влияния на качество конечного продукта.

Критерий	Мероприятие не влияет на качество исходного сырья	Мероприятие косвенно влияет на качество исходного сырья, но не изменяет основные характеристики	Мероприятие влияет на качество исходного сырья и как следствие может изменить основные характеристики
Баллы	7	4	0

Обязательность согласования внедрения с государственными органами.

Внедрение некоторых мероприятий возможно только при внесении определенных конструктивные изменений в строение причалов, которое в свою очередь необходимо согласовывать с надзорными органами (Росморпорт, Ростехнадзор, Росприроднадзор и пр [113]. Поэтому при планировании работ необходимо также учитывать сроки согласования

внедрения той или иной технологии. Балльная оценка для критерия представлена в таблице 3.12.

Таблица 3.12 Балльная оценка для критерия – Обязательность согласования внедрения с государственными органами.

Критерий	Реализация мероприятия не требует согласования с госорганами	Мероприятие требует согласования с госорганами	Есть сложности с получением согласования со стороны государства
Баллы	7	4	2

Наличие специалистов, способных реализовать данный проект.

Не менее важным критерием является наличие специалистов или компаний, способных реализовать данное мероприятие. В условиях санкций и давления на Россию, работать с зарубежными странами становится все сложнее, в связи с чем предпочтение следует отдавать технологиям, которые могут реализовать отечественные компании, если такие есть. Балльная оценка для критерия представлена в таблице 3.13.

Таблица 3.13 Балльная оценка для критерия – Наличие специалистов, способных реализовать данный проект.

Критерий	Мероприятие способны реализовать отечественные компании	Изготовить необходимые компоненты для внедрения мероприятия возможно в "дружественных" странах	Данное ПМ очень редко применяется, в связи с чем компаний, обладающих соответствующей квалификацией мало
Баллы	7	4	0

Потребность в расширении штата сотрудников.

Морские порты, грузооборот которых составляет менее 2 млн. тонн чаще всего имеют небольшой штат сотрудников и часть работ отдает на аутсорсинг. В связи с этим, мероприятия, требующие расширения численности штата сотрудников могут повлечь за собой дополнительные затраты. По этой причине, мероприятиям, не требующим назначения отдельного специалиста, считаются предпочтительнее. Балльная оценка для критерия представлена в таблице 3.14.

Таблица 3.14 Балльная оценка для критерия – Потребность в расширении штата сотрудников.

Критерий	Внедрение мероприятия не требует расширения текущего персонала и дополнительной нагрузки для текущих специалистов	Внедрение мероприятия не требует расширения текущего персонала, но влечет за собой дополнительную нагрузку для текущих специалистов	Есть потребность в расширении текущего штата, ввиду отсутствии специалистов с данной специализацией
Баллы	7	4	2

Доступность расходных материалов, применяемых в данной технологии.

Важным критерием в условиях возможных ограничений поставок является доступной расходных материалов. Предпочтение следует отдавать технологиям, расходные материалы для которых либо есть в свободном доступе, либо производятся в нашей стране, на случай возникновения аварийной ситуации и срочной замены деталей. Технологии, работа которых полностью зависит от зарубежных комплектующих может стать причиной возникновения внештатной ситуации в работе порта, вплоть до приостановки деятельности порта. Балльная оценка для критерия представлена в таблице 3.15.

Таблица 3.15 Балльная оценка для критерия – Доступность расходных материалов, применяемых в данной технологии.

Критерий	Расходные материалы доступны	Расходные материалы частично могут быть не доступны	Ограниченнная доступность к расходным материалам ввиду иностранного производства
Баллы	7	4	0

Есть ли необходимость приостанавливать работу порта для внедрения мероприятия.

В зависимости от масштабов внедряемого мероприятия могут быть внесены корректировки в работу нескольких цехов, а может и дойти до остановки работы всего морского порта. Это может быть связано как с техникой безопасности (чтобы на момент стройки или модернизации в районе

строительно-монтажных работ не было посторонних), так и с техническим перевооружением порта. Балльная оценка для критерия представлена в таблице 3.16.

Таблица 3.16 Балльная оценка для критерия – Есть ли необходимость приостанавливать работу порта для внедрения мероприятия.

Критерий	Мероприятие не требует изменений в работе порта	Мероприятие требует незначительных изменений в работе порта (на уровне цеха, причала)	Мероприятие может привести к полной приостановке работы порта
Баллы	7	4	0

Сроки проектирования мероприятия.

Для планирования внедрения любого проекта на предприятии важно понимать, сколько времени потребуется для разработки проектной документации (ПД). Проектирование объектов капитального строительства включает в себя несколько этапов, которые влекут за собой как материальные затраты, так и временные. В связи с этим, приоритет следует отдавать проектам и/или мероприятиям, не требующим разработки проектной документации (как пример многие организационные мероприятия). Балльная оценка для критерия представлена в таблице 3.17.

Таблица 3.17 Балльная оценка для критерия – Сроки проектирования мероприятия.

Критерий	Мероприятие не требует разработки ПД/РД	Для внедрения мероприятия достаточно разработки РД	Для реализации мероприятия обязательна разработка ПД и РД
Баллы	7	4	0

Сроки реализации (включая закупку, поставку, СМР, пуско-наладку).

Как это упомянуто в пункте 3.2.10 для планирования деятельности предприятия очень важен этап планирования внедрения природоохраных мероприятий. По этой причине помимо сроков разработки ПД, важно понимать, какой срок реализации данного природоохранного мероприятия.

Чем меньше срок реализации, и чем меньше пройдет времени между инициаций проекта до пуско-наладочных работ и непосредственно эксплуатации, тем меньше срок окупаемости мероприятия. Балльная оценка для критерия представлена в таблице 3.18.

Таблица 3.18 Балльная оценка для критерия – Сроки проектирования мероприятия.

Критерий	Мероприятие не требует разработки ПД/РД	Для внедрения мероприятия достаточно разработать РД	Для внедрения мероприятия обязательна разработка ПД и РД
Баллы	7	4	2

Подсчет баллов

Экспертная группа, состоящая из специалистов порта и, при возможности, сторонних заинтересованных сторон, определяют среднее арифметическое значение и по результатам относят мероприятие к одной из групп, согласно таблице 3.19.

Таблица 3.19 Распределение баллов для итоговой производственной эффективности природоохранных мероприятий.

Количество баллов	Производственная эффективность природоохранного мероприятия Эп
100 – 85	Мероприятие рекомендуется для внедрения с точки зрения производственной эффективности
84 – 70	Предварительная оценка мероприятия позволяет отнести его к группе рекомендуемых для внедрения мероприятий
69 – 50	Мероприятие в группе риска и при низкой экологической и экономической эффективности может быть исключено
49 – 21	Требуется дополнительная оценка технической возможности внедрения данного природоохранного мероприятия в условиях морского порта
Менее 20	Мероприятие не рекомендуется для внедрения в морском порту

3.2.2 Экономические критерии оценки

Целью работы любого предприятия является увеличение прибыли и уменьшение издержек. Издержки могут быть совершенно разные, но одной из статей расходов является поддержание экологической безопасности на предприятии. Мероприятия, рассмотренные во второй главе, сильно различаются по стоимости затрат и могут доходить до десятков миллионов рублей. В связи с тем, что у морских портов бюджет напрямую зависит от объемов перевалки, есть прямая зависимость между затратами в ООС и бюджетом предприятия [114].

С другой точки зрения зависимость есть и между объемом перевалки и антропогенной нагрузкой – чем больше грузов обрабатывает порт, тем выше объемы загрязнения окружающей среды.

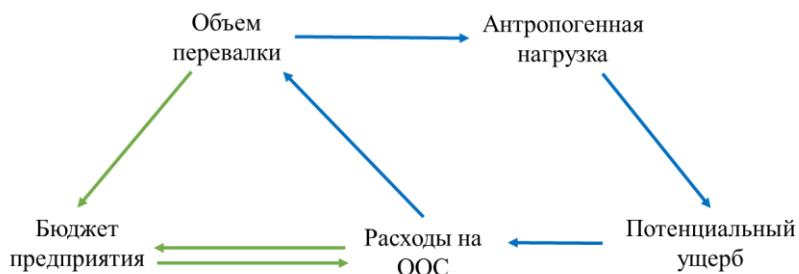


Рисунок 3.1 Зависимость расходов на ООС от объема перевалки

Схему на рисунке 3.1 понимать следует следующим образом:

- Чем больше объем перевалки, тем больше Бюджет предприятия и выше Антропогенная нагрузка
 - Чем выше Антропогенная нагрузка, тем выше риск Потенциального ущерба, что в свою очередь приведет к дополнительным Расходам на ООС
 - Расходы на ООС очевидно зависят от финансовых возможностей порта, т.е. от Бюджета предприятия, но, как было сказано ранее, не чрезмерная Антропогенная нагрузка может привести к дополнительным затратам на ООС

В связи с этим, один из главных критериев оценки природоохранного мероприятия является объем предотвращенного ущерба.

Показателем экономической эффективности природоохранного мероприятия является отношение выгод от внедрения мероприятия, за вычетом операционных затрат, к капитальным затратам:

$$\mathcal{E}_{\text{экон}} = \frac{\Sigma(\Pi_y + И + \Pi_b - Z_o)}{Z_k}, \quad (1) \text{ где:}$$

Π_y – величина предотвращенного ущерба окружающей среде (расчет приведен в пункте 3.2.1)

$И$ – сумма сокращенных издержек в рамках затрат на ООС. Сокращение издержек на экологическую безопасность напрямую влияет на общий объем затрат предприятия (указания для расчета приведены в пункте 3.2.2).

Π_b – прирост годовой прибыли порта при внедрении данной технологии, руб/год (пункт 3.2.3);

Z_o – годовые эксплуатационные (операционные) расходы по содержанию и обслуживанию основных фондов природоохранного мероприятия, руб/год;

Z_k – капитальные затраты на внедрение природоохранного мероприятия,

Объем предотвращенного ущерба

Хозяйственная деятельность порта, при нарушении природоохранного законодательства может привести к нанесению ущерба компонентам природной среды, в частности воздушной и водной среде.

За последние годы, ущерб морским портам предъявляли за загрязнение водного объекта пылью от перевалки грузов. За 2020-2024 гг. было более 20 случаев общим суммой более 300 млн. руб. [115, 116]

Базовым инструментом для исчисления размера вреда, нанесенного водному объекту, выступает Методика, утвержденная приказом Министерства природных ресурсов России № 87 от 13 апреля 2009 года [117]. В контексте деятельности морского терминала наиболее релевантным представляется использование алгоритмов, изложенных в п. 16 данной Методики. Этот пункт описывает процедуру расчета ущерба от загрязнения водных объектов

мусором и иными отходами, источниками которых служат плавучие средства и гидротехнические сооружения.

$$Y_M = K_{BГ} * K_B * K_{ин} * K_{загр} * H_M * S_M \quad (2)$$

В приложении №1 приведен полный текст методики со всеми коэффициентами. Методика направлена на расчет ущерба от загрязнения окружающей среды. В рамках оценки эффективности природоохранного мероприятия, можно, учитывая расчет рассеивания загрязняющих веществ предположить потенциальную площадь загрязнения и учитывать ее для расчета. Установление размеров участков акватории, донных отложений и береговой линии, подвергшихся загрязнению угольной пылью, осуществляется посредством инструментальных измерений. В тех случаях, когда это требуется, данный метод дополняется визуальным мониторингом

Способствует ли внедрение данной технологии способствует сокращению издержек в части ООС (штрафы, плата за негативное воздействие и пр.)

Внедрение природоохранного мероприятия направлено как на снижение антропогенного воздействия, так и на снижение издержек в части охраны окружающей среды. Всего можно выделить несколько основных статей затрат на предприятии в части ООС:

- Зарплата специалистов
- Плана на негативное воздействие на окружающую среду (НВОС)
- В случае несоблюдения норм экологического права исчисление платы за негативное воздействие на окружающую среду производится с применением сверхлимитных коэффициентов.
- При нарушениях законодательства в части охраны окружающей среды штрафы исчисляются десятками, а иногда и сотнями тысяч рублей. Также всегда есть риск, в соответствии с КОАП РФ приостановки деятельности на 90 суток.

Есть ли возможность для получения прибыли от внедрения природоохранной технологии

Внедрение некоторых мероприятий может принести порту помимо прямой задачи – выполнения природоохранного законодательства, так и пассивный доход, и не обязательно, выражаясь в денежном эквиваленте. Примером могут являться мероприятия, которые могут применяться для социальной активности порта (например, вакуумные пылесосы могут помимо промышленной площадки порта помогать с очисткой города от пыли)

Срок окупаемости мероприятия

Под сроком окупаемости принято понимать временной интервал на протяжении которого происходит возмещение первоначальных затрат в инвестиционный проект. Но в случае с природоохранными мероприятиями не всегда есть возможность рассчитать срок окупаемости ввиду отсутствия одного из значений – прибыли от реализации проекта. В связи с этим под прибылью от реализации следует понимать эколого-экономический эффект внедрения экологического мероприятия - т.е. объем минимизированных издержек в части ООС. Значение срока окупаемости обратно пропорционально значению экономической эффективности и рассчитывается по формуле:

$$T_{окуп} = \frac{Z_k}{\sum(\Pi_y + И + \Pi_B - Z_o)Z_k} = \frac{1}{\vartheta_{экон}},$$

После определения срока окупаемости мероприятия итоговым этапом оценки экономической эффективности является определение категории мероприятия, согласно таблице 3.19:

Таблица 3.19 Распределение баллов для итоговой производственной эффективности природоохранных мероприятий.

Срок окупаемости	Экономическая эффективность природоохранного мероприятия ЭЭК	Кол-во баллов
До 2-х лет	<u>Высокая экономическая эффективность.</u> Мероприятие рекомендуется к внедрению	100
От 2-х до 5 лет	<u>Повышенная экономическая эффективность.</u> Мероприятие может быть рассмотрено к внедрению	80
От 5 до 10 лет	<u>Средняя экономическая эффективность.</u> Мероприятие находится к группе риска, что требует дополнительных исследований	60
Более 10 лет	<u>Низкая экономическая эффективность.</u> Рекомендуется рассмотреть другие мероприятия	40
Более 20 лет	<u>Критическая экономическая эффективность.</u> Мероприятие не рекомендуется для внедрения	20

3.2.3 Экологические критерии

После оценки природоохранного мероприятия на экономическую и производственную эффективность, можно перейти к заключительному этапу оценки – оценки экологической эффективности.

Методика оценки экологической эффективности природоохранного мероприятия состоит из двух видов оценки: балльная (экспертная) и расчетная. В свою очередь расчетный метод оценки необходим для подтверждения правильности выбранной технологии.

Экспертный способ оценки схож с оценкой ПМ на производственную эффективность (п.3.1). Экспертная группа, оценивает мероприятия по приведённым критериям, после чего, выводится среднее арифметическое.

Соответствие выбранной технологии утвержденным справочникам наилучших доступных технологий

Природопользователи, осуществляющие свою деятельность на территории Российской Федерации должны соответствовать нормам природоохранного законодательства. Одним из инструментов стали справочники НДТ. Внедрение НДТ регламентируется в ст. 28.1 Федерального закона №7-ФЗ от 10.01.2002 "Об охране окружающей среды" [2], помимо этого, есть распоряжение Правительства РФ от 24.12.2014 N 2674-р "Об утверждении Перечня областей применения наилучших доступных технологий" [118]. Морские порты попадают под п.2 данного Распоряжения и являются одной из областей применения НДТ.

Согласно этим нормативным актам, внедрение наилучших доступных технологий является обязательным для угольных терминалов, в связи с этим, при внедрении того или иного мероприятия необходимо убедиться, является ли оно НДТ. Балльная оценка для критерия представлена в таблице 3.20.

Таблица 3.20 Балльная оценка для критерия – Соответствие выбранной технологии утвержденным справочникам наилучших доступных технологий.

Критерий	Мероприятие является НДТ	Мероприятие не является НДТ
Баллы	14	6

Но необходимо отметить, что актуализация справочников НДТ происходит раз в несколько лет, в связи возможно подать технологию на рассмотрение в Бюро НДТ для включения в соответствующий ИТС.

Необходимость получения заключения экологической экспертизы при внедрении на предприятии

В соответствии с Федеральным законом №174-ФЗ от 23.11.2015 экологическая экспертиза (ЭЭ) – это установление соответствия документов и (или) документации, обосновывающих намечаемую в связи с реализацией объекта экологической экспертизы хозяйственную и иную деятельность, экологическим требованиям, установленным техническими регламентами и законодательством в области охраны окружающей среды, в целях предотвращения негативного воздействия такой деятельности на окружающую среду [119]. Объектами государственной экологической экспертизы являются:

- Проекты строительства, реконструкции, ликвидации объектов хозяйственной деятельности;
- Материалы по созданию и развитию месторождений полезных ископаемых;
- Проекты технической документации на новую технику, технологию.

Прохождение экологической экспертизы потребует дополнительных затрат и внедрение мероприятия займет больше времени. Балльная оценка для критерия представлена в таблице 3.21.

Таблица 3.21 Балльная оценка для критерия – Необходимость получения заключения экологической экспертизы при внедрении на предприятии.

Критерий	Мероприятие не требует прохождения ЭЭ	Мероприятие требует прохождения ЭЭ
Баллы	14	6

Данный критерий охватывает мероприятия, регулируемые положениями пункта 5 статьи 11 Федерального закона № 174-ФЗ от 23.11.1995 «Об экологической экспертизе». В указанной норме установлено, что государственной экологической экспертизе (ГЭЭ) подлежат, в частности, проекты технической документации на новую технику и технологии, эксплуатация которых способна оказать влияние на окружающую среду, а также документы на новые вещества, которые могут нанести вред окружающей среде.

Наличие риска для состояния окружающей среды при несоблюдении правил работы с данной технологией

Данный критерий необходимо учитывать для выявления потенциально опасного для окружающей среды мероприятия, при несоблюдении правил и отклонения от рабочих производственных карт предприятия. Потенциально любой процесс в порту может привести к загрязнению окружающей среды и созданию чрезвычайной ситуации, поэтому оценка данного критерия предусматривает разделение потенциального риска. Балльная оценка для критерия представлена в таблице 3.22.

Таблица 3.22 Балльная оценка для критерия – Наличие риска для состояния окружающей среды при несоблюдении правил работы с данной технологией.

Критерий	Мероприятие не способно привести к негативному воздействию на ОС	Мероприятие, при несоблюдении правил может привести к незначительному загрязнению ОС	Мероприятие, при несоблюдении правил может привести к значительному загрязнению ОС
Баллы	12	6	0

Но необходимо отменить, что данный критерий учитывает нештатную ситуацию и возможный риск загрязнения ОС. Если при нормальном режиме работы внедряемая технология оказывает негативное воздействие на окружающую среду, то такая технология не может считаться

природоохранной и следует рассмотреть варианты ее замены на аналогичные, более безопасные технологии.

Снижение воздействия на атмосферу.

Как было рассмотрено ранее для угольных портов главной целью внедрения природоохраных мероприятий является снижение антропогенной нагрузки на атмосферный воздух. В связи с этим данный критерий направлен на то, чтобы оценить применимость того или иного мероприятия для снижения объемов валового выброса порта.

Любое мероприятие, направленное на снижение антропогенной нагрузки при определенных условиях, может привести к негативному воздействию, поэтому необходимо рассматривать мероприятие в том числе с точки зрения возможного негативного сценария. Балльная оценка для критерия представлена в таблице 3.23.

Таблица 3.23 Балльная оценка для критерия – Снижение воздействия на атмосферу.

Критерий	Мероприятие снижает негативное воздействие на атмосферу	Мероприятие способно незначительно снизить негативное воздействие на атмосферу	Мероприятие может привести к негативному воздействию на атмосферу
Баллы	12	6	0

Снижение воздействия на водную среду.

Деятельность любого морского порта связана с водной средой. Последствий работы портов для водной среды множество: загрязнение нефтепродуктами, образование донных отложений, загрязнение прибрежной полосы отходами, сброс сточных вод, не соответствующих нормативам водоема и пр. Поэтому мероприятие необходимо оценить с точки зрения воздействия на водную среду, причем как положительного, так и отрицательного. Балльная оценка для критерия представлена в таблице 3.24.

Таблица 3.24 Балльная оценка для критерия – Снижение воздействия на водную среду:

Критерий	Мероприятие снижает негативное воздействие на водную среду	Мероприятие способно незначительно снизить негативное воздействие на водную среду	Мероприятие может привести к негативному воздействию на водную среду
Баллы	12	6	0

Энергоэффективность мероприятия (в том числе использование экологически безопасных источников энергии и повторное использование энергии).

Данный критерий учитывает энергоэффективность внедряемого мероприятия и использование в процессе экологически безопасных источников энергии. Также учитывается возможность повторного использования энергии. Балльная оценка для критерия представлена в таблице 3.25.

Таблица 3.25 Балльная оценка для критерия – Энергоэффективность мероприятия

Критерий	Для работы ПМ не требуется энергия	Для работы ПМ требуется не значительные объемы энергозатрат	Работа ПМ требует значительных энергозатрат
Баллы	12	6	0

Размер частиц пыли, улавливаемых данным мероприятием.

Главная цель внедрения природоохранных мероприятий в морском угольном порту — это снижение пыления. Частицы угольной пыли состоят из частиц размером до 300 мкм. Самыми опасными для человеческого организма считаются частицы РМ 2.5 — мельчайшие частицы пыли, размером от 0,001 до 2,5 мкм. Чем меньший размер частицы улавливается, тем выше эффективность мероприятия. Оценка данного критерия непосредственно связана с размером улавливаемых частиц. Балльная оценка для критерия представлена в таблице 3.26.

Таблица 3.26 Балльная оценка для критерия – Размер частиц пыли, улавливаемых данным мероприятием

Критерий	Улавливание частиц до 100 мкм	Улавливание частиц от 100 до 300 мкм	Мероприятие не приводит к улавливанию частиц пыли
Баллы	12	6	0

Отсутствие возникновения отходов 1-2 классов опасности по причине использования данного мероприятия.

Как упоминалось ранее внедряемое мероприятие должно выполнять условие – отсутствие негативного воздействия на окружающую среду. Образование опасных отходов производства и потребление также может стать причиной потенциального загрязнения ОС. Поэтому приоритет следует отдавать безотходным («zero-waste») технологиям. Балльная оценка для критерия представлена в таблице 3.27.

Таблица 3.27 Балльная оценка для критерия – Размер частиц пыли, улавливаемых данным мероприятием

Критерий	Мероприятие не влияет на образование отходов	Мероприятие может косвенно влиять на образование отходов	Мероприятие приводит к образованию отходов
Баллы	12	6	0

Расчетный метод определения эффективности природоохранного мероприятия

В главе 2.3 было отмечено, что для оценки эффективности природоохранного мероприятия могут применяться расчетные методики определения объема загрязняющих веществ в атмосфере.

Возможный эффект от внедрения мероприятий можно рассмотреть через призму коэффициентов, применяемых в методиках расчета, точнее через определение того, как внедрение того или иного мероприятия влияет на значение коэффициента. Для этого рассмотрим методику расчета [120] валового выброса загрязняющих веществ (пыли) в процессе хранения угля:

$$\Pi_{xp} = 0,11 * 8,64 * 10^{-2} * k_4 * k_5 * k_6 * k_7 * q * F_{пл} [T - T_d - T_c] * (1 - \eta),$$

т/год

Где Π_{xp} – валовый выброс вредных веществ (пыли) в процессе хранения материала, т/год;

K_4 – коэффициент, учитывающий местные условия, степень защищенности узла от

внешних воздействий, условия пылеобразования;

K_5 – коэффициент, учитывающий влажность материала. Под влажностью материала понимается влажность его пылевой и мелкозернистой фракции ($d < 1$ мм);

K_6 – коэффициент, учитывающий профиль поверхности складируемого материала, определяется как отношение $K_6 = F_{макс}/F_{пл}$;

$F_{пл}$ – поверхность пыления в плане, m^2 . Определяется главным технологом по генплану предприятия;

$F_{макс}$ – фактическая площадь поверхности складируемого материала при максимальном заполнении склада, m^2 . Определяется главным технологом предприятия на основе характеристик материала;

q – максимальная удельная сдуваемость пыли, $g/(m^2*c)$;

T – общее время хранения материала за рассматриваемый период, в сутках;

T_c – число дней с устойчивым снежным покровом;

T_d – суммарная продолжительность осадков в виде дождя за рассматриваемый период в часах;

η - эффективность средств пылеподавления;

<u>Для расчета примем:</u>	<u>До установки ПВЭ</u>
$k_4 = 1,0$	$\Pi_{xp} = 0,11 * 8,64 * 10^{-2} * 1,0 * 0,01 * 1,2 * 0,4 * 9,34 * 9 * [365 - 66 - 190] = 0,418$
$k_5 = 0,01$	<u>После установки ПВЭ (после установки ПВЭ уменьшается коэффициент K_4 ПВЭ с одной стороны):</u>
$k_6 = 1,2$	$\Pi_{xp} = 0,11 * 8,64 * 10^{-2} * 0,5 * 0,01 * 1,2 * 0,4 * 9,34 * 9 * [365 - 66 - 190] = 0,209$
$k_7 = 0,4$	<u>Эффективность 50%</u>
$F_{пл} = 9$	<u>ПВЭ с двух сторон:</u>
$q = 9,34$	$\Pi_{xp} = 0,11 * 8,64 * 10^{-2} * 0,3 * 0,01 * 1,2 * 0,4 * 9,34 * 9 * [365 - 66 - 190] = 0,125$
$T = 365$	<u>Эффективность 70%</u>
$T_d = 66$	<u>ПВЭ с трех сторон:</u>

$$T_c = 190 \quad \Pi_{xp} = 0,11 * 8,64 * 10^{-2} * 0,1 * 0,01 * 1,2 * 0,4 * 9,34 * 9 * [365 - 66 - 190] = 0,042$$

Эффективность 99%

В зависимости от полученной экологической эффективности природоохранного мероприятия выставляются баллы. Примем значение, полученное в результате определения расчетной экологической эффективности природоохранного мероприятия как - η_e

3.3 Алгоритм оценки эффективности природоохранного мероприятия

Базируясь на результатах выполненных исследований, был предложен методический подход к отбору природоохранных мер, включающий пять последовательных стадий (алгоритм приведен на рисунке 3.2). Следует особо подчеркнуть, что фундаментальным принципом реализации данной методики является адресная работа с каждым конкретным источником эмиссии загрязняющих веществ.

После экспертной оценки критериев эффективности и распределения балльной оценки этап определения расчетной эффективности мероприятий сводится к трем поэтапным шагам: определение производственной эффективности, затем экономической и потом уже экологической (таблица 2.5).

Таблица 3.27 Алгоритм оценки эффективности природоохранного мероприятия

Этап оценки	Вид эффективности	Краткое описание	Из чего формируется итоговая оценка эффективности
1-ый этап	Производственная	Выбор мероприятия, которые возможно внедрить с точки зрения производственных возможностей морского терминала	Баллы (экспертная оценка)
2-ой этап	Экономическая	Финансовая оценка целесообразности внедрения мероприятия	Расчетные формулы
3-ий этап	Экологическая	Оценка экологического эффекта от внедрения мероприятия	Баллы (экспертная оценка, и методики расчета)



Рисунок 3.2 Визуализация методики выбора ПМ

Далее для получения итоговой оценки необходимо воспользоваться формулой:

$$\mathcal{E}_{\text{ПМ}} = \frac{\mathcal{E}_{\Pi} * \mathcal{E}_{\text{ЭК}} * \mathcal{E}_{\mathcal{E}}}{3}$$

Где $\mathcal{E}_{\text{ПМ}}$ – эффективность природоохранного мероприятия;

\mathcal{E}_{Π} – производственная эффективность природоохранного мероприятия, определяется в соответствии с главой 3.1;

$\mathcal{E}_{\text{ЭК}}$ – экономическая эффективность природоохранного мероприятия, определяется в соответствии с главой 3.2;

$\mathcal{E}_{\mathcal{E}}$ – экспертная экологическая эффективность природоохранного мероприятия, определяется в соответствии с главой 3.3;

По итогам определения эффективности, предлагаемые для внедрения технологий сводятся в итоговую таблицу – свод-анализ и по итогам оценки отбираются подходящие мероприятия.

Также предлагается пользоваться градацией мероприятий в зависимости от определенной эффективности, согласно таблице 3.28:

Таблица 3.28 Распределение баллов для итоговой эффективности природоохраных мероприятий

Значение	Итоговая эффективность природоохранного мероприятия Эпм
1 – 0,8	<u>Высокая эффективность.</u> Мероприятие рекомендуется к внедрению
0,8 – 0,6	<u>Повышенная эффективность.</u> Мероприятие может быть рассмотрено к внедрению
0,6 – 0,4	<u>Средняя эффективность.</u> Мероприятие находится к группе риска, что требует дополнительных исследований
0,4 – 0,2	<u>Низкая эффективность.</u> Рекомендуется рассмотреть другие возможные мероприятия
Менее 0,2	<u>Критическая эффективность.</u> Мероприятие не рекомендуется для внедрения

Следующим этапом выбора потенциальных природоохраных мероприятий является процесс оценки синергетического эффекта внедрения природоохраных мероприятий в угольных терминалах. Процесс оценки синергетического эффекта внедрения природоохраных мероприятий в морских угольных портах включает несколько ключевых этапов, направленных на выявление дополнительной экономической выгоды от универсальности применения мероприятий.

Используя группы источников выбросов, сформулированных в главе 1.3, для которых существует возможность применения единых природоохраных решений и на основе рассчитанной экономической эффективности внедрения природоохраных мероприятий для каждого отдельно взятого источника выбросов, учитывая техническую возможность применения одного природоохранного мероприятия для нескольких источников выбросов одновременно рассчитывается синергетический эффект. Синергетический эффект рассчитывается как разность между суммарными затратами на внедрение индивидуальных решений для каждого источника и затратами на единое комплексное решение. Экономия достигается за счет снижения капитальных затрат на оборудование, сокращения эксплуатационных расходов, оптимизации персонала и унификации обслуживания (рисунок 3.3)

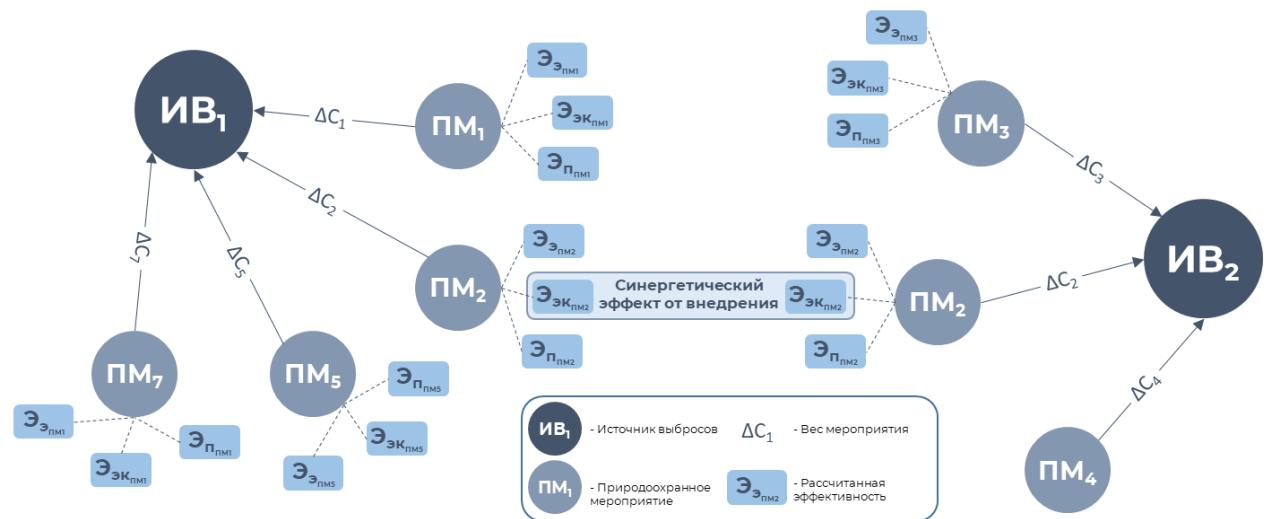


Рисунок 3.3 Синергетический эффект при внедрении природоохраных мероприятий

Важно отметить, что синергетический эффект может достигаться как за счет внедрения новых природоохранных мероприятий, так и за счет уже применяемых природоохранных мероприятий, благодаря системному подходу к вопросу снижения объема выбросов.

Типичным примером синергии является интеграция систем пылеподавления и очистки сточных вод при перегрузке навалочных грузов. Единая водооборотная система может одновременно обслуживать пылеулавливающие установки и промывочные системы конвейеров, снижая общий расход воды на 40-60% по сравнению с раздельными системами.

Выводы по главе 3

1. На основе метода экспертных оценок произведена оценка и выявление наиболее подходящих 28 критериев эффективности природоохранных мероприятий по трем основным направлениям: экономическая, производственная и экологическая эффективность.

2. Для каждого критерия определен соответствующий способ оценки: балльная либо расчетная.

3. Сформулирована полноценная методика выбора природоохранных мероприятий, позволяющая комплексно оценить эффективность внедрения той или иной природоохранной технологии, учитывая производственные и финансовые возможности порта. Данная методика включает в себя как существующие способы оценки экологических проектов, так и предлагает абсолютно новый способ.

4. Разработанная методика предназначена для оценки предлагаемых для внедрения природоохранных мероприятий и представляет собой последовательность действий работников порта, для определения наиболее подходящего способа снижения антропогенной нагрузки.

5. Выделены три фазы реализации методики: подготовительная, аналитическая и эксплуатационная. На стадии подготовки формулируются ключевые задачи внедрения природоохранных мероприятий (ПМ), включая фиксацию исходного уровня эмиссии, прогноз эффективности, определение бюджета, а также учет географической специфики локации порта и др. Затем идентифицируются приоритетные источники выбросов — объекты, вносящие наибольший вклад в загрязнение. Вслед за этим стартует этап анализа и выбора конкретных природоохранных мер.

6. Впервые изучен синергетический эффект, возникающий в результате реализации комплекса экологических мер в инфраструктуре морских портов.

Глава 4. Применение результатов исследования для системы логистики АО СУЭК.

4.1 Обзор природоохранной деятельности в АО «Дальтрансуголь»

Объектом аprobации разработанной методики выступает АО «Дальтрансуголь» (ДТУ) — специализированный портовый комплекс в Ванинском районе Хабаровского края, являющийся одним из крупнейших в России терминалов по перевалке угля. Терминал ориентирован на экспортные поставки энергетических углей из Кузбасса и Сибири в страны Азиатско-Тихоокеанского региона. Проектная мощность предприятия составляет 24 млн тонн в год при круглосуточном режиме работы. На конец 2024 года фактический грузооборот достиг 14,5 млн тонн (рисунок 4.1).

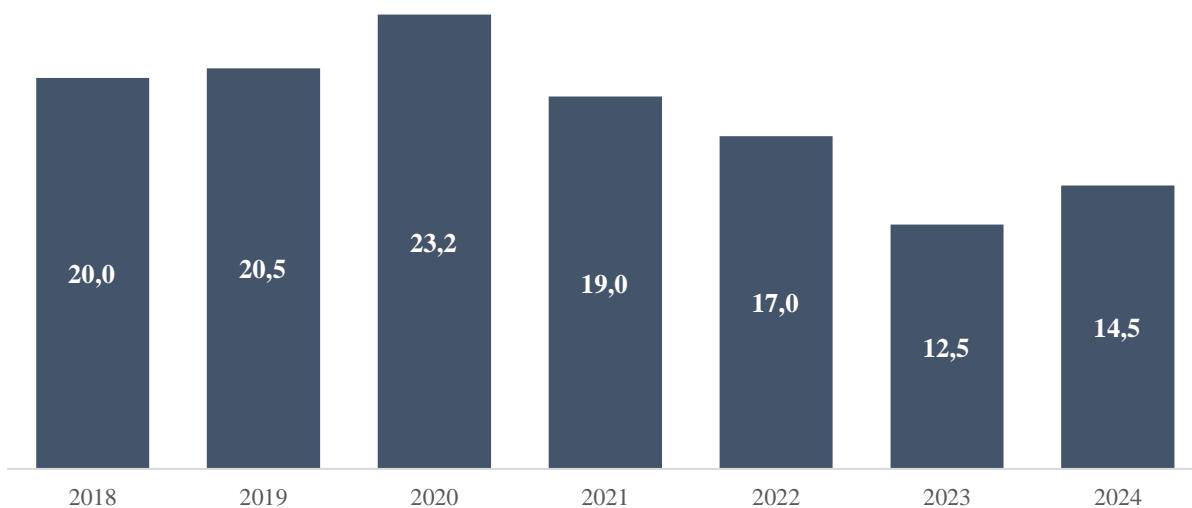


Рисунок 4.1. Динамика грузооборота АО «Дальтрансуголь»

Технологический процесс терминала предусматривает три основные схемы перевалки: «полувагон – склад», «полувагон – судно» и «склад – судно».

1. Железнодорожная инфраструктура и узел выгрузки

Технологический цикл инициируется на припортовой станции «Терминал», инфраструктура которой спроектирована для обработки

полносоставных маршрутов (70 вагонов) и включает приемо-сортировочный и отправочный парки.

Центральным элементом является железнодорожный грузовой фронт, оснащенный двумя параллельными линиями выгрузки. Для работы в зимний период каждая линия оборудована размораживающим устройством проходного типа с инфракрасными газовыми излучателями. Подача вагонов на разгрузку механизирована с помощью позиционеров [121].

Разгрузка вагонов производится посредством двух сдвоенных роторных вагоноопрокидывателей, установленных внутри общего закрытого корпуса. В состав данного технологического узла также входят приемные бункеры, система питателей и дробильно-фрезерное оборудование, обеспечивающее предварительное измельчение угольной массы. Для снижения уровня запыленности воздуха здание вагоноопрокидывателей и пересыпные станции оборудованы современными системами аспирации. В случае поступления смерзшегося угля для разрушения монолитов внутри вагонов применяется самоходный резательный комплекс (СМРК).

2. Складское хозяйство и системы пылеподавления

После первичной обработки уголь по системе конвейеров поступает на складское хозяйство, состоящее из пяти открытых складов общей вместимостью около 1,2 млн тонн. Операции по штабелированию и забору груза осуществляются четырьмя электрическими стакер-реклаймерами производства TAKRAF. Формирование и зачистку штабелей производят бульдозеры и погрузчики.

Особое внимание на терминале уделяется минимизации воздействия на окружающую среду в зоне хранения. Склады оснащены комплексной системой экологического контроля и защиты, включающей:

- Системы стационарного пылеподавления;

- Мобильную технику для орошения (водяная пушка) и оснажения штабелей (снегогенератор);
- Систему контроля температуры штабелей для предотвращения самовозгорания;
- Систему пожаротушения;
- Замкнутую систему сбора и очистки ливневых стоков.

3. Морской грузовой фронт и вспомогательный флот

Финальным звеном технологической цепи выступает морской грузовой фронт, реализованный в виде двустороннего пирса, который рассчитан на обслуживание судов с дедвейтом до 163 тыс. тонн. Процесс погрузки обеспечивается двумя машинами портального типа (СПМ) конвейерной конструкции (производства TAKRAF), каждая из которых обладает мощностью 4200 т/ч.

Выполнение швартовых работ гарантируется силами собственного портового флота, состоящего из четырех буксиров. Ключевой экологической мерой служит перевод буксиров на береговое электропитание во время межрейсового отстоя у причала, что позволяет полностью устраниить эмиссию выхлопных газов от их дизельных двигателей [121].

Стратегическое развитие и внедрение НДТ

В настоящий момент АО «ДТУ» реализует масштабный инвестиционный проект по модернизации инфраструктуры, целью которого является увеличение пропускной способности терминала до 40 млн тонн в год. Данный шаг позволит предприятию закрепиться в статусе одного из ключевых морских портов России. По итогам 2024 года объем перевалки угля уже достиг 24 млн тонн.

Рост производственных мощностей неразрывно связан с усилением экологической безопасности. Для соответствия строгим природоохранным

стандартам компания активно внедряет наилучшие доступные технологии (НДТ), опираясь на рекомендации справочника ИТС 46-2019. Перечень применяемых технических решений, делающих опыт предприятия показательным для отрасли, приведен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 Наилучшие доступные технологии, внедренные в АО «ДТУ»

НДТ	Наименование НДТ	Наименование мероприятия/ оборудования
НДТ B-2	Пылеподавление орошением «для предотвращения пыления»	Дисперсная система DASTEX [128]
		Установка обеспыливания (аспирационные системы рядными фильтрами типа «INTENSIV FILTER» Combi-Jet IFJCC; «MUNSTERMAN»)
		Передвижные системы пылеподавления «TITAN 2.0»
		Система пылеподавления на стакер-реклаймере
НДТ B-3	Пылеподавление орошением «для поглощения и осаждения пыли»	Система пылеподавления угольной пыли на ленте (СППК-01 ФРА.634269.003)
		Станция пылеподавления типа WLP-1200 (пушки)
		Вакуумные зачистные установки
		Система пылеподавления УДС
НДТ B-4.	Аспирация организованных источников пыления	Установка обеспыливания (аспирационные системы рядными фильтрами типа «INTENSIV FILTER» Combi-Jet IFJCC; «MUNSTERMAN»)
НДТ B-5	Система пылеподавления пеной на конвейерах (СППК)	Система пылеподавления угольной пыли на ленте (СППК-01 ФРА.634269.003)
НДТ B-7	Механическая и/или вакуумная уборка пыли с внутренних поверхностей производственных зданий и покрытий проездов и площадок	Вакуумный погрузчик CENTURION 200/9-3208 (A 068 ТУ)
		Вакуумный погрузчик DISAB CENTURION LN 10 (H674PX27)
НДТ B-9	Организационно-технические мероприятия	Анализ планируемых отгрузок угля в адрес порта, принятие дополнительных мер по корректировке, замене на менее пылящие марки в зависимости от времени года
		Контроль влажности груза.
		Оптимизация погрузочно-разгрузочных работ вагон-склад-судно: открывание грейфера на минимальной высоте над штабелем угля и при погрузке в трюм.
		Контроль соблюдения технологии производства работ в соответствии с технологическими картами (РТК), регламентирующими высоту опускания грейфера над штабелем не более 0,5 м.
		Оптимизация работы стационарных источников выбросов (сварочные посты, работа двигателей

		<p>производственных машин и автотранспорта, источники выбросов от выполнения производственных операций погрузочно- разгрузочных работ: погрузка, выгрузка, очистка) при получении прогноза о НМУ [128].</p>
		<p>Визуальный контроль за экологической обстановкой на производственной площадке и прилегающей территории, включающий организацию статистического учета остановок производственного процесса в Журнале с приложением видео с камер наружного наблюдения.</p>
		<p>Контроль влажности груза Замена изношенных грейферов на новые с улучшенными техническими характеристиками (со сменными режущими кромками на болтах). Все грейфера должны быть изготовлены из специального износостойкого материала, быть технически исправны и не допускать просыпей груза.</p>

4.2 Анализ и классификация источников загрязнения атмосферного воздуха

В границах промышленной площадки АО «ДТУ», согласно проведенной инвентаризации, зафиксировано 79 источников выбросов загрязняющих веществ, из которых 32 относятся к организованным, а 47 — к неорганизованным источникам [121].

К основным объектам АО «Дальтрансуголь», оказывающим негативное воздействие на атмосферный воздух относятся:

- системы аспирации на участках вагоноопрокидывателей, станциях пересыпки и в дробильном корпусе;
- склады хранения угля (№ 1–5);
- ленточные конвейеры открытого типа;
- комплексы для резки угля;
- размораживающая установка с газовыми инфракрасными излучателями;
- зона морского грузового фронта;
- вспомогательные и подсобные сооружения.

На участке внешнего развития предприятия источниками выбросов служат: резервная дизельная электростанция, локомотив в зоне сцепки, пост сварочных работ, а также комбинированный песко-нефтеуловитель в составе очистных сооружений (ЛОС) ливневой канализации.

Подача полуwagonов в корпус разгрузки по двум путям надвига выполняется посредством пары позиционеров. Выгрузка угля производится двумя роторными вагоноопрокидывателями с высотой падения груза до 6 метров. Весь процесс идет в закрытом контуре. Пылевая взвесь, возникающая при работе вагоноопрокидывателей и двух дробильно-фрезерных машин, попадает в воздух рабочей зоны, откуда удаляется системой аспирации на базе двухкамерного рукавного фильтра INTENSIVFILTER Combi-Jet IFJCC80(75)/6-600 [122] (**организованные источники № 0001–0002**).

В корпусе вагоноопротивателей введена в строй система пенного пылеподавления на конвейерных лентах (СППК-01). Она состоит из узла дозирования пенообразователя и генератора пены средней кратности (ГПСК-01), объединенных трубопроводом в подземной галерее. Задача системы — создание пенного аэрозоля, покрывающего уголь на движущейся ленте. Это решение снижает пыление, предотвращает потери сырья и улучшает условия труда.

Там же, в здании разгрузки, действует установка пылеподавления «УДС» (разработка ООО «ЕИМ Инженеринг», РФ [123]). При сбросе угля в бункеры система активируется автоматически, создавая плотный мелкодисперсный туман через двухкомпонентные форсунки (смесь воды и воздуха). Принцип работы базируется на пневматическом распылении воды, что позволяет дробить капли до размера от 1 мкм. Экологическая эффективность достигает 89,4%.

Дополнительно в здании установлены три стационарные вакуумные системы («DISAB-TELLA AB», Швеция [124]). Они повышают качество уборки пыли и просыпей, улучшая состояние воздуха в рабочей зоне и минимизируя риск выхода пыли наружу через неплотности ограждающих конструкций.

Здание дробильных установок

Здание оснащено тремя дробильными установками для доведения угля до требуемой кондиции (размер кусков 0–50 мм). Пылевая взвесь, возникающая при механическом воздействии на уголь и его пересыпке с ленты на ленту, поступает в объем помещения и удаляется принудительной вентиляцией (аспирацией). Система работает круглосуточно в течение всего года. Высота перегрузки сырья составляет максимум 2 метра. Очистка удаляемого воздуха перед выбросом производится рядными шести-камерными рукавными фильтрами фирмы MUNSTERMANN (**источники организованного типа № 0003–0004, № 0023**).

Дополнительно в цехе смонтированы три стационарные системы вакуумной уборки («DISAB-TELLA AB», Швеция). Их задача — высокоэффективный сбор мелкодисперсных частиц, что улучшает микроклимат рабочей зоны и снижает риск эмиссии пыли в атмосферу через конструктивные щели здания.

Пересыпные станции.

Наиболее интенсивное пылеобразование при транспортировке угля по закрытым галереям происходит в местах его перевалки между конвейерами — на пересыпных станциях (ПС). Конструктивно они являются закрытыми неотапливаемыми боксами с установленной аспирацией. Максимальная высота сброса угля — 2 метра. Воздух с содержанием пыли удаляется из зоны перегрузки и проходит через очистные камерные фильтры MUNSTERMANN. Выброс очищенного воздуха через вентканалы станций учитывается как организованный (**источники № 0005–0013, 0020–0022**).

Здания ПС оборудованы вакуумными постами уборки «DISAB-TELLA AB»: на ПС №1 размещено 3 установки, на ПС №6 и ПС №7 — по 2 установки. Использование данной техники позволяет качественно собирать угольную пыль, улучшая условия труда и предотвращая выбивание пыли через неплотности ограждающих конструкций [121].

Минимизация пыления достигается внедрением локальных аспирационных установок с пылеулавливающими фильтрами на всех участках перегрузки (включая вагоноопрокидыватели, дробилки и пересыпные башни). Общее количество таких систем на терминале — 17.

Складское хозяйство.

Комплекс располагает пятью открытыми угольными складами общей площадью 211 918 м². Расчетная вместимость при средней высоте насыпи 17,0 м составляет 1,2 млн тонн угля. Обслуживание складов ведется с помощью системы конвейеров, пересыпных станций и четырех единиц техники (стакер-реклаймеры) производства TAKRAF. Ключевые характеристики объектов складирования сведены в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Основные характеристики складов

№ склада	Площадь склада, м ²	Максимально занятая площадь склада, м ²	Средняя занятая углём площадь склада, м ²	Средняя высота штабеля, м	Ширина штабеля, м
1	44 652	44 652	23 052	17	67
2	55 565	55 565	28 172	17	67
3	55 565	55 565	30 932	17	67
4	39 750	39 750	19 158	17	42
5	16 386	16 386	8 840	17	42

Функционирование складского хозяйства и системы пылеподавления

Функционал складского комплекса включает полный цикл технологических операций: прием угля, поступающего по конвейерным линиям с участка разгрузки, укладку материала в штабели с дифференциацией по маркам, усреднение (шихтовку) партий и последующую передачу на морские суда. Зоны открытого хранения навалочных грузов выступают ключевыми источниками неорганизованных пылевых выбросов. Поступление пыли в атмосферу здесь обусловлено тремя основными факторами: выветриванием частиц с поверхности штабелей (ветровая эрозия), эксплуатацией стакер-реклаймеров и работой бульдозеров при профилировании складов.

Системы пылеподавления

По контуру складских площадей функционируют семь установок пылеподавления WLP-1200. Принцип их действия основан на создании направленного распыления водяного тумана с поверхностно-активными веществами в зоны интенсивного пылеобразования. По данным ООО «ЕИМ Инжениринг» (2017 г.), эффективность данных установок составляет 77,7% с перспективой роста до 85-90% при оптимизации режимов работы в условиях, благоприятных для пыления.

Для механизированной уборки осевшей пыли применяются вакуумные установки SCANIA CENTURION 200/9-320 и DISAB CENTURION LN 200/9-1812. Технология «сухой» уборки предусматривает одновременное подметание и транспортировку материала высокоскоростным воздушным потоком через всасывающую систему в накопительный контейнер, что исключает вторичное пыление.

Дополнительное увлажнение складских площадей обеспечивается специализированной техникой: модернизированной поливомоечной машиной на шасси КамАЗ (оснащенной пожарной пушкой) и автоцистерной с насосным и оросительным оборудованием. Данные мероприятия направлены на предотвращение ветровой эрозии и снижение общего уровня пыления.

Организация работы стакер-реклаймерного оборудования

Четыре стакер-реклаймера обслуживают складские площади по принципу «один агрегат — один склад». Конвейер, расположенный под порталом каждой машины, обеспечивает двунаправленный поток материала: от узла разгрузки на склад и со склада к судопогрузочным машинам. Технологический процесс предусматривает пересыпку угля через бортовые разгрузочные бункеры на соответствующие складские конвейеры.

Распределение стакер-реклаймеров по складам: SR4 обслуживает склад №1, SR1 — склад №2, SR2 — склад №3, SR3 — склад №4. Данная схема обеспечивает максимальную производительность при минимизации взаимных помех в работе оборудования.

Работы по профилированию угольных штабелей на складских площадках выполняются специализированной техникой. Данные машины не привязаны жестко к конкретному участку и могут перемещаться между складами по мере необходимости. В расчетах рассеивания угольной пыли за основу принят сценарий с наименее благоприятной расстановкой механизмов. Ниже представлен утвержденный план размещения оборудования и идентификация источников эмиссии:

а) источник № 6001 – объединяет ветровую эрозию (сдув) с поверхности склада № 1 (код выделения 600101), пыление в процессе работы бульдозера Komatsu D155F-5 (код 600103) и перегрузочные операции стакер-реклаймера (код 600104). Работа дизельного двигателя (ДВС) бульдозера (код 600102) сопровождается выбросом загрязняющих веществ: оксидов азота и углерода, диоксида серы, сажи, углеводородов и угольной пыли;

б) источники № 6002, № 6003, № 6019 – включают сдув пыли с территорий складов № 2, 3 и 4 соответственно (коды 600201, 600301, 601901), пылеобразование при манипуляциях автопогрузчиков Komatsu A470-3 (коды 600203, 600303, 601903) и функционировании стакер-реклаймеров (коды 600204, 600304, 601904). Сжигание дизельного топлива погрузчиками (коды 600202, 600302, 601902) генерирует выбросы NO_x, SO₂, CO, сажи, углеводородов и твердых частиц угля [128];

в) источник № 6020 – характеризуется сдувом пыли со склада № 5 (код 602001), пылением при работе автопогрузчика Caterpillar 962H (код 602003) и выбросами от его ДВС (код 602002), в составе которых присутствуют оксиды азота, серы и углерода, сажа, углеводороды и угольная пыль.

Для снижения уровня запыленности при операциях хранения и перевалки, все стакер-реклаймеры (№ 1–4) оборудованы системами пылеподавления производства TAKRAF GmbH (Германия). Технология основана на распылении водяного тумана с поверхностно-активными веществами (ПАВ) непосредственно в зоны пыления, что ускоряет осаждение частиц.

Ленточные конвейеры

Транспортировка угля от вагоноопрокидывателя к пересыпным станциям и дальнейшее перемещение между ними осуществляется посредством конвейерной системы. Графическая схема перегрузки угля представлена на рисунке 4.2.

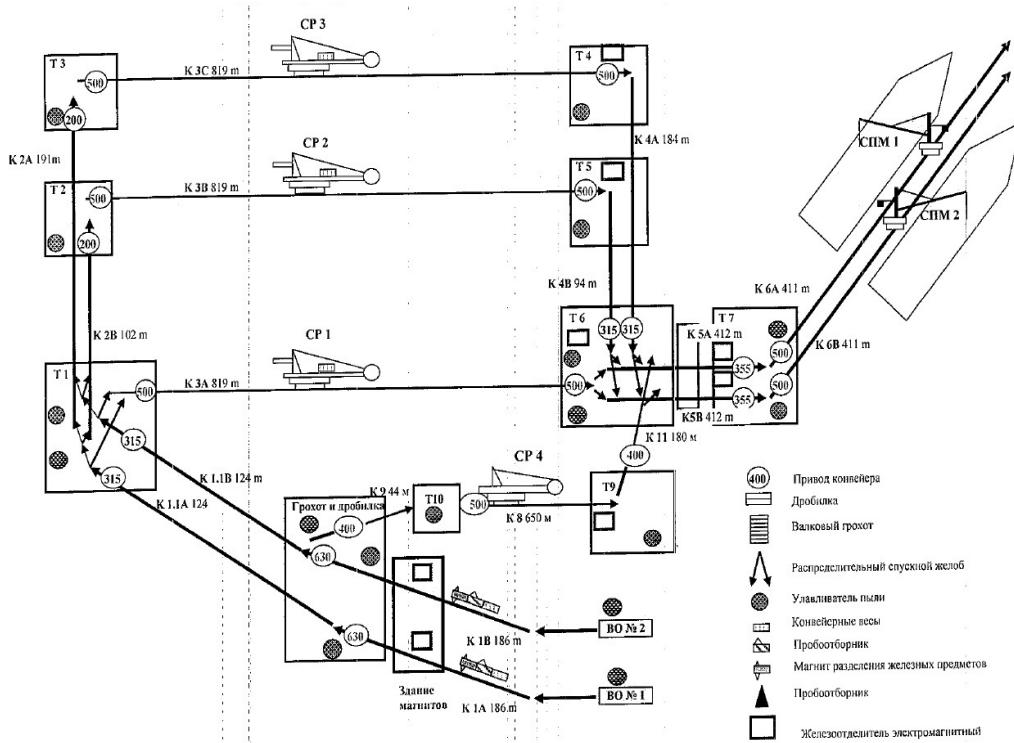


Рис.4.2 - Схема перегрузки угля конвейерами на терминале АО «Дальтрансуголь»

Отдельные участки транспортерных линий проходят внутри закрытых галерей, что исключает попадание угольной пыли в атмосферу (данные участки не включены в расчет выбросов).

Однако для линий К3А, К3В, К3С, К6А, К6В и К8, проложенных вдоль угольных складов (зона пересыпки на стакер-реклаймеры) и на пирсе (подача на судопогрузочную машину), полное укрытие технически нереализуемо из-за конструктивных особенностей. В связи с этим происходит пыление с открытых поверхностей лент, что классифицируется как неорганизованные источники выбросов № 6004–6008 и 6024.

Для подавления пыли при транспортировке угля по конвейерам К6А и К6В (пирс № 5) внедрена дисперсионная установка DUSTEX. Принцип ее действия основан на распылении воды через специализированные форсунки с использованием сжатого воздуха и резонансной головки, что позволяет получать мелкодисперсный туман с размером капель 10–50 мкм.

В зонах перегрузки угля, где технология не позволяет использовать защитные кожухи, для изоляции ленты применяется система накладных

(прижимных) конвейеров. Данным оборудованием оснащены две судопогрузочные машины и три стакер-реклаймера (№ 1, 2, 3). Конструкция представляет собой дополнительную ленту, закрепленную на несущих балках петлевой тележки, которая плотно прижимает слой угля, создавая замкнутый объем. Экологическая эффективность решения заключается в блокировании пыления в узлах петлевых тележек, а также в снижении просыпей материала и общего загрязнения терминала.

Технические параметры конвейерных линий представлены в таблице 4.3

Таблица 4.3 – Характеристика ленточных конвейеров

Наименование	Размеры ленточного конвейера, м		Производительность т/ч	Скорость, м/с	№ ИЗА
	Длина открытой части ленты	Ширина			
Ленточный конвейер К3А	735	1,6	4 200	5,2	6004
Ленточный конвейер К3В	738	1,6	4 200	5,2	6005
Ленточный конвейер К3С	743	1,6	4 200	5,2	6006
Ленточный конвейер К6А	300	1,6	4 200	5,2	6007
Ленточный конвейер К6В	256	1,6	4 200	5,2	6008
Ленточный конвейер К8	583	1,6	4 200	5,2	60024

Участок дробления смерзшегося угля

На 10-м пути приемного парка организован специализированный участок для обработки смерзшихся угольных масс, оснащенный двумя мобильными комплексами нарезки: СМРК 63-140-4м и СМРК 63-140-5м.

Функционал резательного модуля заключается в механическом рыхлении слежавшихся и замерзших навалочных грузов (уголь, руда, сера, шлаки) перед выгрузкой. Технология предусматривает продольное разрезание массива в полуwagonе на вертикальные слои. Оборудование эффективно работает при влажности до 98% и в температурном диапазоне внешней среды от -40°C до +40°C.

В качестве рабочих инструментов применяются баровые (пильно-цепные) агрегаты с твердосплавными резцами, обеспечивающими ширину пропила 140 мм. В зависимости от типа установки (4-х или 5-ти пильная), монолит разделяется вдоль вагона на 9 или 11 пластов. Работа комплексов сопровождается эмиссией каменноугольной пыли в атмосферу (неорганизованные источники № 6027 и № 6028).

Корпус размораживающих установок

На путях надвига перед зоной вагоноопрокидывателей смонтированы две промышленные линии для оттаивания угля. Каждая установка выполнена в виде проходного ангара (тепляка) вместимостью 16 полуваагонов. Обогрев осуществляется оборудованием фирмы GoGaS Goch GmbH & Co.KG (Германия) — инфракрасными трубными излучателями серии DSL. В каждом тепляке размещено 192 таких прибора, состоящих из излучающей трубы и вентиляторной горелки [121].

Расход топлива (сжиженный пропан-бутан, ПБТ) на одну горелку составляет 3.98 кг/час. Процесс сжигания газа генерирует продукты горения: оксиды углерода и азота, диоксид азота, бензпирен. Данные вещества через открытые проемы здания рассеиваются в атмосферном воздухе (источники № 6029 и 6030, тип — неорганизованный).

Герметичность системы хранения исключает утечки, выбросы от самой резервуарной установки отсутствуют.

Железнодорожная станция «Терминал»

Станция «Терминал», входящая в структуру АО «Дальтрансуголь», является грузовым припортовым узлом, обеспечивающим выгрузку угля для последующей перевалки на морские суда.

Парк приема станции состоит из 10 путей с полезной длиной 1050–1190 м, что позволяет размещать полносоставные маршруты (70 вагонов). Пыление и выбросы на данной территории отнесены к неорганизованным источникам № 6015, 6017, 6018, 6031, 6034, 6035.

Примыкание к путям общего пользования (парк Токи ст. Ванино) реализовано через два соединительных пути. Такая схема позволяет параллельно вести прием составов и отправку порожних вагонов из парка отправления (источник № 6047, неорганизованный).

Парк маневровой техники предприятия включает 7 тепловозов. Режим нагрузки их двигателей (ДВС) распределяется следующим образом: 80% времени — холостой ход, 19% — нагрузка 25%, 1% — нагрузка 50%.

Тепловозы классифицируются как передвижные источники загрязнения. Расчет выбросов произведен для периодов разгрузки вагонов и операций по сцепке/отцепке локомотива (длительность процесса — 5 минут). В выхлопных газах содержатся: диоксид серы, диоксид азота, оксид углерода, углеводороды (код 2732 — керосин) и сажа.

Характеристика работы маневровых тепловозов таблице 4.4.

Таблица 4.4 - Характеристика работы маневровых тепловозов

Марка	Год выпуска	Время работы в год, ч/год	Номер ИЗАВ
ТЭМ18	2008	4410	6031
ТЭМ18	2007	8140	6034
ТЭМ7	1991	6700	6015
ТЭМ7	1985	2990	6017
ТЭМ7	1989	7680	6018
ТЭМ7	1989	7906	6047
ТЭМ7	2019	6400	6035

Портфлот

В составе портового флота предприятия эксплуатируются четыре буксирных судна, предназначенных для обеспечения маневров и швартовки в морской акватории. В периоды простоя (межрейсового отстоя) суда базируются у пирса № 4, где их энергообеспечение осуществляется от береговой электросети.

Данные суда классифицируются как передвижной неорганизованный источник выбросов № 6033. Расчет рассеивания загрязняющих веществ учитывает работу двигателей каждого отдельного буксира, которым

присвоены индивидуальные коды источников выделения: № 603301 — «Ургал», № 603302 — «Тугнуй», № 603303 — «Чара» и № 603304 — «Хакас».

Эмиссия в атмосферный воздух включает следующий перечень веществ: оксиды азота и углерода, диоксид серы, сажа, углеводороды, а также специфические примеси — бензпирен и формальдегид. Полные технические параметры флота отражены в таблице 4.5

Таблица 4.5 - Характеристика буксиров

Тип судна, наименование	Габаритные размеры буксиров						Номер источника выделения
	Длина, м	Ширина, м	Высота борта, м	Осадка	Высота трубы, м	Диаметр устья, м	
«Ургал»	26,66	9,5	4,8	3,5	10	0,4	603301
«Тугнуй»	26,66	9,5	4,8	3,5	10	0,4	603302
«Чара»	25,78	9,8	4,6	3,75	10	0,4	603303
«Хакас»	25,78	9,8	4,6	3,75	10	0,4	603304

Вспомогательная инфраструктура

Для бесперебойной работы основных производственных мощностей комплекса задействованы объекты подсобно-вспомогательного назначения [128]:

1. Административно-бытовой корпус (АБК), включающий контрольно-пропускной пункт (выбросы отсутствуют).
2. Прачечный блок.
3. Склад материалов (ЛМК) с прилегающей площадкой (выбросы отсутствуют).
4. Бытовые городки (контейнерного типа) с пунктами обогрева персонала и ремонтными зонами (выбросы отсутствуют).
5. Энергоблок.
6. Резервуарная установка для хранения сжиженного газа.
7. Электрические сети и трансформаторные подстанции (выбросы отсутствуют).
8. Инженерные коммуникации (водоснабжение, канализация, связь).
9. Ремонтно-складской комплекс.

10. Ангар для отстоя локомотива.

11. Энергоблок (котельная АБК).

Задача котельной установки — обеспечение угольного терминала АО «Дальтрансуголь» тепловой энергией и горячей водой.

Погрузка угля на суда

Техническое оснащение Морского грузового фронта (МГФ) включает две портальные судопогрузочные машины (СПМ) конвейерного типа, передвигающиеся по рельсам и имеющие поворотную консоль-стрелу. Подача угля в трюмы осуществляется через специализированные телескопические рукава (спускные желоба) марки TAKRAF. Данная конструкция обеспечивает точное направление потока груза, что минимизирует пыление.

Образование угольной пыли, происходящее преимущественно при падении материала на штабель в трюме, фиксируется как неорганизованные источники № 6025 и 6026. В расчетах использована интенсивность погрузки 8600 т/ч (для двух линий) и максимальная высота пересыпа 4 метра.

Дополнительно на территории 5-го пирса эксплуатируется фронтальный погрузчик SEM639B. Зона его работы определена как неорганизованный источник № 6045, а непосредственно двигатель погрузчика — как источник выделения № 604501.

4.3 Выбор и обоснование природоохранных мероприятий.

Используя разработанную поэтапную методику выбора природоохранных мероприятий, определены основные источники загрязнения атмосферы. Подробнее они представлены в основном содержании работы. Необходимо отметить, что ключевым источником выделения загрязняющих веществ является – склад хранения угля.

Далее, используя матрицу выбора ПМ, определены мероприятия, направленные на снижения выделения загрязняющих веществ. Сразу же были исключены ПМ, внедренные на текущий момент в ДТУ.

Таким образом для дальнейшего рассмотрения были отобраны мероприятия. Ключевые из них:

- Пылеветрозащитные экраны
- Системы пылеподавления
- Брикетирование угля
- «Закрытое» хранение угля
- Контейнерное хранение и перевалка угля

Согласно предлагаемой методике для определения эффективности предлагаемых природоохранных мероприятий сначала определена производственная эффективность (Таблица 4.6).

Таблица 4.6 – Итоги определения производственной эффективности выбранных природоохранных мероприятий

Критерии	Техническая эффективность														Σ
	1.1.	1.2.	1.3.	1.4.	1.5.	1.6.	1.7.	1.8.	1.9.	1.10.	1.11.	1.12.	1.13.	1.14.	
Пылеветрозащитные экраны	9	2	7	7	7	7	7	4	7	7	7	7	4	4	86
Системы пылеподавления	9	2	3	4	7	7	4	7	7	7	4	7	4	4	76
Брикетирование угля	9	2	4	2	0	4	0	4	4	4	0	4	2	2	41
Контейнерное хранение и перевалка угля	4	2	7	7	4	7	7	2	0	4	0	0	2	2	48
Вакуумная уборка территории	9	2	7	7	7	4	7	7	7	4	4	7	7	7	86

По результатам определения технической эффективности наиболее подходящими мероприятиями являются пылеветрозащитные экраны и вакуумная уборка территорий. В свою очередь «закрытое» хранение угля наименее подходящее мероприятие.

Главным критерием экономической эффективности является срок окупаемости мероприятия. Итоговые баллы представлены в таблице 4.7

Таблица 4.7 – Итоги определения экономической эффективности выбранных природоохранных мероприятий

Критерии	Экономическая эффективность	
	Срок окупаемости	Балл
Пылеветрозащитные экраны	от 2 до 5	80
Системы пылеподавления	от 2 до 5	80
Брикетирование угля	от 5 до 10	60
Контейнерное хранение и перевалка угля	более 10 лет	40
Вакуумная уборка территории	До 2х лет	100

Из определения экономической и производственной эффективности можно сделать вывод о том, что внедрение в порту «закрытого» хранения угля является наименее эффективным мероприятием и не рекомендуется для внедрения. Итоги определения экологической эффективности выбранных природоохранных мероприятий представлена в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Итоги определения экологической эффективности выбранных природоохранных мероприятий

Критерии	Экологическая эффективность									
	3.1.	3.2.	3.3.	3.4.	3.5.	3.6.	3.7.	3.8.	3.9.	Σ
Пылеветрозащитные экраны	12	6	12	10	10	10	6	10	12	88
Системы пылеподавления	12	12	12	10	10	6	12	6	12	92
Брикетирование угля	6	6	6	6	10	6	0	10	2	52
Контейнерное хранение и перевалка угля	6	6	6	6	10	6	0	10	2	52
Вакуумная уборка территории	12	12	12	6	10	6	6	6	2	72

Совместно со специалистами технической и экологической службы ДТУ мероприятия были оценены согласно предлагаемой методике. По итогам был сформирован рейтинг мероприятий (таблица 4.9)

Таблица 4.9 – Итоги определения эффективности выбранных природоохранных мероприятий

№	Наименование мероприятия	Оценка
1	Вакуумная уборка территории	86,0
2	Пылеветрозащитные экраны	84,7
3	Системы пылеподавления	82,7
4	Брикетирование угля	51,0
5	Контейнерное хранение и перевалка угля	46,7
6	"Закрытое" хранение угля	35,3

1. Вакуумная уборка территории.

Мобильная вакуумная установка поможет снизить концентрацию пыли в атмосферном воздухе на всех этапах производственного цикла, в частности при производстве погрузочно-разгрузочных работ и при открытом складском хранении.

Новая установка применяется в очистке от просыпей и пыли, очистке территории цехов, а также в сборе сыпучего материала в больших объемах в зоне загрузки в том числе, в уборке и подметании территории и дорог. Кроме того, установка позволит делать возврат материалов обратно в производственный процесс. Мероприятие позволит снизить объемы выделения пыли до 15%

2. Строительство пыле-ветрозащитного ограждения по периметру территории порта.

Мероприятие было предложено с учетом балльной оценки, но также произведен расчет по утвержденным методикам расчета. В связи с тем, что эффективность работы пыле-ветрозащитных экранов напрямую зависит от ветровой нагрузки, расчеты выполнялись для двух сценариев: при среднегодовой скорости ветра 14 м/с и максимальной — 34 м/с. Оценка

проводилась для группы источников выбросов, расположенных на угольных складах АО «ДТУ» (см. рисунок 4.3).



Рисунок 4.3 Прогнозные значения снижения выбросов после установки ПВЭ

Установлено, что при скорости ветра 14 м/с данные мероприятия обеспечат снижение годового валового выброса непосредственно от источников хранения на 80%. Это, в свою очередь, приведет к уменьшению общего валового выброса по порту на 20%.

3. Установка систем пылеподавления УДС на стакер-реклаймерах. В связи с ежегодным увеличением количества выгружаемых полувагонов растет доля полувагонов с пыльными марками угля, не обогащёнными углём с добычных разрезов компании и сторонних отправителей. В целях минимизации пыления в момент работы стакер-реклаймеров предложено мероприятие по установке системы пылеподавления в наиболее проблемных по пылению зонах.

Доля пыльных углей продолжает составлять значимую часть от общего количества перегружаемого угля. С ноября 2020 г. по апрель 2021 г. в АО «Дальтрансуголь» выгружено 62,9 тыс. полувагонов с пылящим углем, что составляет 47% от общего числа полувагонов за данный период времени. За аналогичный период в 2019-2020 гг. АО «Дальтрансуголь» выгрузили 38,3

тыс. полувагонов с пылящим углем, что составило 37% от общего числа полувагонов за зимний период времени.

В основном содержании работы помимо бальной оценки данного мероприятия, проанализированы подходящие места для расположения систем пылеподавления на стакер-реклаймерах. Используя утвержденные методики расчёта выбросов угольной пыли, данное мероприятие ориентировочно позволит снизить объем выбросов на 30 тонн/год.

АО «Дальтрансуголь» учитывая разработанную методику выбора природоохранных мероприятий, приняло решение о строительстве пылеветрозащитного экрана и установке системы пылеподавления на стакер-реклаймерах. В настоящее время ведется строительство несущих конструкций для установки пылеветрозащитного экрана. Также необходимо отметить, что в порту прорабатывается возможность внедрения берегового электроснабжения судов.

Для подтверждения эффективности внедренных мероприятий, специалистами АО «Дальтрансуголь» в рамках производственного экологического контроля проводятся замеры качества воздуха как на производственной площадке, так и на границах санитарно-защитной зоны. Как показали последние замеры, после установки системы пылеподавления на З стакер-реклаймере объемы выбросов от хранения угля на складе №3 сократились на 35%. В связи с положительным опытом на складе №3, прорабатывается вопрос о внедрении подобных систем пылеподавления на оставшихся стакер-реклаймерах в течении 2022-2023 гг.

Выводы по главе 4

1. На основе предлагаемой в работе методики выбора природоохранных мероприятий были выбраны наиболее эффективные способы снижения объема валового выброса от хозяйственной деятельности специализированного угольного терминала АО «Дальтрансуголь».

2. Полученная оценка наиболее значимых источников выбросов и эффективности существующих природоохранных мероприятий позволила специалистам и руководителям морского терминала подготовить соответствующее экономическое обоснование выбора и закупки новых способов минимизации пыления.

Заключение

В диссертационной работе дано решение актуальной научно-технической задачи совершенствования методов выбора природоохраных мероприятий для морских портов, занимающихся обработкой и погрузкой угля, для повышения экологической безопасности.

Основные результаты исследования, научные и практические выводы и рекомендации, полученные лично автором, состоят в следующем:

- Проанализирована деятельность морских портов России, отечественные и зарубежные практики ведения погрузочно-разгрузочных работ в угольных терминалах;
- Определено экономическое значение морских перевозок и роль портов в экспорте насыпных грузов Российской Федерации;
- Проведен сравнительный анализ отечественных и зарубежных практик ведения погрузочно-разгрузочных работ в угольных терминалах;
- Выполнен анализ источников антропогенного воздействия на окружающую среду, систематизированы и выявлены основные закономерности в причинах их возникновения;
- Разработана методика выбора природоохраных мероприятий с учетом преобладания того или иного источника выбросов загрязняющих веществ;
- Разработана методика выбора природоохраных мероприятий с учетом экологических, экономических и производственных характеристик угольного терминала, направленная на совершенствование механизмов управления экологической безопасностью в морских портах;
- Осуществлена апробация полученных результатов в условиях действующего морского угольного терминала АО «Дальтрансуголь»; дан прогноз снижения объема выбросов загрязняющих веществ и предложены природоохранные мероприятия с наибольшей эффективностью для охраны окружающей среды;

– Результаты работы могут быть использованы для объективной оценки эффективности предлагаемых природоохранных мероприятий при перевалке угля в морских портах для обеспечения экологической безопасности.

Список литературы

1. Перечень поручений по реализации Послания Президента Федеральному Собранию Пр-616, п.6 б) 1
<http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/73759>

2. Закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды». М., 2002 (в ред. 21.06.2020г).

3. Федеральный Закон «Об охране атмосферного воздуха». М. 1999. (в ред. от 26.07.2019)

4. Постановление Правительства РФ от 09.12.2020 № 2055 «О предельно допустимых выбросах, временно разрешенных выбросах, предельно допустимых нормативах вредных физических воздействий на атмосферный воздух и разрешениях на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух» (вместе с "Положением о предельно допустимых выбросах, временно разрешенных выбросах, предельно допустимых нормативах вредных физических воздействий на атмосферный воздух и разрешениях на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух").

5. Постановление Правительства РФ от 4 февраля 2021 г. № 109 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 3 апреля 2020 г. № 440 (приложение 18 «Особенности применения разрешительных режимов, предусмотренных статьей 11 Федерального закона от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ "О внесении изменений в Федеральный закон "Об охране окружающей среды" и отдельные законодательные акты Российской Федерации"».

6. Постановление Правительства РФ от 31 декабря 2020 г. № 2398 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий.

7. Распоряжение Правительства РФ от 08.07.2015 № 1316-р (ред. от 10.05.2019) «Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды».

8. Водный кодекс Российской Федерации Текст.: [Принят Гос. Думой 18 окт.1995 г.]. М.: Юрид. лит., 1995. - 86,1. е.; 20 см. ISBN 5-7260-0835-9 : Б. ц., 10000 экз.

9. Международная Конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 года/ <https://docs.cntd.ru/document/901764502>.

10. ГОСТ 24525-80. Управление производственным объединением и промышленным предприятием. Управление охраной окружающей среды. Основные положения Текст. Введ. 1980-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 1999. - 11 е.: ил.; 21 см. - (Межгосударственный стандарт).

11. ГОСТ Р ИСО 14001-98. Система управления окружающей средой. Требования и руководство по применению Текст. Введ. 1999-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 1998. - 16 е.: ил.; 21 см. - (Межгосударственный стандарт).

12. ГОСТ Р ИСО 14031-2001. Управление окружающей средой. Оценивание экологической эффективности Текст. Введ. 2001-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 2001. - 11 е.: ил.; 21 см. - (Межгосударственный стандарт).

13. ГОСТ Р ИСО 14040-99. Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура Текст. Введ. 1999-01-06. - М.: Изд-во стандартов, 1999. - 19 е.: ил.; 21 см. - (Межгосударственный стандарт).

14. ИТС 46-2017 Сокращение выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ при хранении и складировании товаров (грузов)

15. Приказ Минтранса России от 17.02.2014 N 39 "Об утверждении Положения о капитане морского порта" // "Российская газета", N 184, 15.08.2014.

16. Правила очистки загрязненных акваторий портов Текст.: РД 31.04.01-90: утв. мин. мор. флота РФ, М.: «Мортехинформреклама», 1991. - 50 е.: ил.; 20 см.

17. Нормы проектирования морских и речных портов Текст.: Л.: Ленморниипроект : Гипро-речтранс, 1996. - 182 е.; 22 см.

18. Динамика количественных показателей грузооборота и мощности морских портов России. // Ассоциация морских торговых портов URL: <https://www.morport.com/rus/content/statistika-0> (дата обращения: 20.01.2025).

19. Объём перевалки грузов в морских портах России за 2024 года (млн.т) // АО «Морцентр-ТЭК» URL: <https://morcenter.ru/> (дата обращения: 12.01.2025).

20. Грузооборот морских портов РФ в 2024 году сократился на 2,3% до 886 млн т // Интерфакс URL: <https://www.interfax.ru/business/1003184> (дата обращения: 17.01.2025).

21. Грузооборот морских портов России за январь-сентябрь 2024 года снизился на 3,5% — до 667 млн тонн // PortNews URL: <https://portnews.ru/news/369038/> (дата обращения: 18.10.2024).

22. Грузооборот по видам транспорта // АО «Морцентр-ТЭК» URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (дата обращения: 13.01.2025).

23. UNCTAD UN Trade and Development (UNCTAD) [Электронный ресурс] : [сайт]. URL: <https://unctad.org/> (дата обращения: 03.02.2025).

24. Review of Maritime Transport 2020, United Nations

25. Официальный сайт АО «Мурманский морской торговый порт». — URL: <http://www.portmurmansk.ru/ru/> (дата обращения: [дата]).

26. Дальневосточный транспортный узел, официальный сайт. URL: <https://dtu.net.ru/> (дата обращения: 15.05.2024).

27. Глобал Портс. Группа компаний Глобал Портс — один из ведущих операторов портовых терминалов в России. URL: <https://www.globalports.com/ru/> (дата обращения: 15.05.2024).

28. АО «Морской порт Санкт-Петербург». URL: <https://www.seaport.spb.ru/> (дата обращения: 20.02.2025).
29. Официальный сайт Калининградского морского торгового порта. — URL: <http://www.scport.ru/> (дата обращения: [08.11.2022]).
30. Официальный сайт порта ООО "Стивидорная компания "Малый порт" — URL: <https://malyport.ru/> (дата обращения: [09.08.2022]).
31. ОТЕКО [Электронный ресурс] : [сайт]. URL: <https://www.oteko.ru/> (дата обращения: 11.04.2023).
32. Восточный порт [Электронный ресурс] : [сайт]. URL: <https://www.vostport.ru/info/> (дата обращения: 11.04.2023).
33. SeaNews [Электронный ресурс] : [сайт]. URL: <https://seanews.ru/> (дата обращения: 11.11.2024.).
34. Морцентр [Электронный ресурс]: [сайт]. URL: <https://morcenter.ru/informacionno-analiticheskie-dannye> (дата обращения: 12.02.2025).
35. ESPO [Электронный ресурс] : [сайт]. URL: <https://www.espo.be/> (дата обращения: 25.12.2024).
36. SeaRates [Электронный ресурс]: [сайт]. URL: <https://www.searates.com/maritime> (дата обращения: 21.12.2024).
37. Гагарский, Э. А. Нормативно-правовые документы должны соответствовать требованиям реализации прогрессивных транспортно-технологических систем / Э. А. Гагарский, Ю. Д. Полянцев // Бюллетень транспортной информации. – 2009. – № 9(171). – С. 7-13. – EDN KUZNLP.
38. Панамарев, Г. Е. Повышение устойчивости работы морского порта за счёт внедрения современных информационных технологий: на примере внедрения АИС в порту Новороссийска: диссертация и автореферат по ВАК РФ 05.12.13 / Г. Е. Панамарев.
39. Катанский, А. А. Экологический менеджмент как фактор долгосрочной деятельности морского порта (на примере ОАО «Мурманский

морской рыбный порт») / А. А. Катанский // Дневник науки. – 2023. – № 3(75). – EDN EKQYWX.

40. Артамонова, М.Ю. Управление морским портом с использованием системы контроллинга / Артамонова М.Ю. Управление морским портом с использованием системы контроллинга. Автореф. дис. канд. экон. наук, Ростовна-Дону, 2014 . С. 3. Автореф. дис. канд. экон. наук, Ростов-на-Дону, 2014 . 28 с

41. Емельянова, А. Г. Сравнительный анализ воздействия на атмосферный воздух при грейферной и конвейерной технологиях перевалки каменного угля / А. Г. Емельянова, А. И. Лукьянов, Л. П. Майорова // Ученые заметки ТОГУ. – 2018. – Т. 9, № 2. – С. 97-104. – EDN UVQJJO.

42. Аксенова, В. А. Сравнительный анализ эффективности пылеподавления на различных технологических участках производства кокса / В. А. Аксенова, А. В. Бондаренко // Металлургия и химия. Тенденции развития современной науки : Материалы научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета, Липецк, 14–18 апреля 2018 года. – Липецк: Липецкий государственный технический университет, 2018. – С. 70-71. – EDN XWTLJB.

43. Луканин, А.В. Разработка природоохранных мероприятий по уменьшению пылеобразных выбросов каменного угля при погрузочно-разгрузочных работах / А. В. Луканин, Е. С. Клеванова // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2021. – Т. 29, № 1. – С. 103-111. – DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-1-103-111. – EDN IPZYQX.

44. 59. Третьякова, М. О. Угольная отрасль России. Экспорт угля и экологические проблемы / М. О. Третьякова, И. В. Московая // Экология и безопасность жизнедеятельности : сборник статей XIX Международной научно-практической конференции, Пенза, 10–11 декабря 2019 года. Том Часть II. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2019. – С. 100-105. – EDN XULLUC.

45. Тарасова, В.Е. Разработка системы экологического управления морского порта: На примере ОАО "Находкинский морской торговый порт"
46. Рюмин, А.В. Экономическое обоснование мероприятий по предотвращению загрязнения акваторий морских портов / А. В. Рюмин.
47. Назарова, Е.П. Совершенствование системы управления охраной окружающей среды в морском порту
48. Назарова, Е.П. Проблемы нормативно-правового обеспечения и управления охраной окружающей среды в морских портах Текст./ Е.П. Назарова // Транспортное дело России. -2006. № 8, с. 24-26.
49. Назарова, Е.П. Управление окружающей средой на объектах морского транспорта Текст. / Е.П. Назарова // Проблемы региональной экологии. 2000. - № 6. - с. 39-46.
50. Назарова, Е.П. Эколого-правовые аспекты управления экологией портов Текст./ Сб. научн. Трудов. Вторая научно-практическая конференция «Морские и речные порты России. Эксплуатация, экономика, управление и право». М.: [Б.и.], - 2004. - с. 167-170.
51. Назарова, Е.П. Экологическое ориентирование технологий перевалки грузов в морском порту Текст. / Е.П. Назарова Транспорт: Наука, технология, управление. 2007. - № 7. - с.г' Щ Щж' "W/
52. Влияние крупного угольного терминала на состав атмосферных взвесей населенного пункта / К. С. Голохваст, В. В. Чайка, П. А. Никифоров [и др.] // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2015. – № 56. – С. 73-77. – EDN TUVCAR.
53. Старостина, И. С. Ванинский морской торговый порт и его влияние на окружающую среду / И. С. Старостина, М. Н. Шевцов // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. – 2016. – № 1. – С. 340-342. – EDN VIFRRR.
54. Культенко, В. П. Влияние угольной пыли на экологию и здоровье человека (на примере города Мурманска) / В. П. Культенко, А. Ю.

Константинов // Инновации. Наука. Образование. – 2022. – № 51. – С. 929-936. – EDN FEAQDF.

55. Артюхин, Ю.В. Антропогенный фактор в развитии береговой зоны моря Текст. / Ю.В. Артюхин; Отв. ред. Г.А. Сафьянов; Рост. н/Д гос. ун-т. Ростов н/Д : Изд-во Рост, ун-та, 1989. -142,[2] е.: ил.; 20 см. ISBN 5-7507-0070-4: 2 п.5 к.

56. Хрусталев, Ю.П. Проблемы антропогенной морской седиментологии (на примере Азовского моря) Текст./ Ю.П. Хрусталев, О.В. Ивлиева. Ростов-на-Дону: Гефест, 1999. - 196 с.

57. Мясков А.В. С. 2.3. Основные экологические проблемы добычи и обогащения угля / П. С. Мамасев, А. В. Мясков // Стратегирование экологического развития Кузбасса. – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2021. – С. 81-93. – EDN ZKFKID.

58. Мясков А.В., Зайцев В.С., Шмелев В.С. Использование особо охраняемых природных территорий для мониторинга негативного воздействия промышленных предприятий на естественные экосистемы // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019 - №5 (специальный выпуск 10) – С. 3-19

59. Мясков, А. В. Экологическая безопасность: направления снижения негативных воздействий горнодобывающих предприятий на природные экосистемы / А. В. Мясков // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2018. – № 3. – С. 39-44. – EDN XZLAPJ.

60. Шмелев В.С., Мясков А.В., Севостьянова Е.В. «Наилучшие доступные технологии как эффективное решение для угольных стивидорных компаний» // Горный журнал-2021-№2

61. Козырев, М. М. О проблеме оценки влияния вида механических воздействий на образование тонкодисперсной угольной пыли / М. М. Козырев, Е. Л. Коссович, С. А. Эпштейн // Математическое моделирование и биомеханика в современном университете : Сборник Тезисов докладов XVIII

Всероссийской школы, пос. Дивноморское, 27–31 мая 2024 года. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2024. – С. 50. – EDN WTZGOY.

62. Вишневская, Е. П. Методы оценки эффективности растворов для снижения смерзаемости углей / Е. П. Вишневская, С. А. Эпштейн, М. М. Козырев // EURASTRENCOLD-2023 : Сборник трудов XI Евразийского симпозиума по проблемам прочности и ресурса в условиях климатически низких температур, посвященного 85-летию со дня рождения академика В.П. Ларионова, Якутск, 11–15 сентября 2023 года. – Киров: Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании, 2023. – С. 143-146. – EDN JZAAKP.

63. Исследование низкотемпературных воздействий на механические свойства углей на микроуровне и склонность к образованию аэрозольной пыли / К. В. Агарков, С. А. Эпштейн, Е. Л. Коссович, Н. Н. Добрякова // Горный журнал. – 2022. – № 4. – С. 66-72. – DOI 10.17580/gzh.2022.04.11. – EDN GNBTZK.

64. Коссович, Е. Л. О склонности углей к образованию пыли / Е. Л. Коссович, Ю. Е. Андреева, М. М. Козырев // Физико-химические и петрофизические исследования в науках о земле : материалы двадцать четвертой международной конференции, Москва, Борок, 25–29 сентября 2023 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской Академии наук, 2023. – С. 130-133. – EDN SMQUIJ.

65. Сюрукова, Ж. В. Экологическая оценка технологии заблаговременной добычи метана из угольных пластов / Ж. В. Сюрукова, К. С. Коликов // Научный вестник Московского государственного горного университета. – 2010. – № 7. – С. 126-130. – EDN MWDQGZ.

66. Маневич П.П., Коликов К.С. Обоснование метода оценки негативного воздействия угольного разреза на вегетационную активность растительного покрова по данным дистанционного зондирования земли из

космоса// Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 11. С. 109-120.

67. К вопросу моделирования процесса осаждения пыли для условий угольной шахты / А. Э. Филин, И. Ю. Курносов, Л. А. Колесникова [и др.] // Уголь. – 2022. – № 9(1158). – С. 67-72. – DOI 10.18796/0041-5790-2022-9-67-72. – EDN DOLTCO.

68. Курносов, И. Ю. О перспективе управления пылевой нагрузкой на горнometаллургическом производстве посредством акустического воздействия / И. Ю. Курносов, А. Э. Филин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2021. – № S1-1. – С. 47-57. – DOI 10.25018/0236_1493_2021_1_1_47. – EDN PFCSVQ.

69. Филина, В. А. Пути повышения эффективности пылеподавления орошением / В. А. Филина, А. Э. Филин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2020. – № S14. – С. 3-10. – DOI 10.25018/0236-1493-2020-5-14-3-10. – EDN QXWXTI.

70. Вурдова, Н. Г. Оценка эколого-экономических рисков предприятия для управления его водным хозяйством / Н. Г. Вурдова, Е. Ю. Куликова // Водоснабжение и санитарная техника. – 2025. – № 2. – С. 30-36. – DOI 10.35776/VST.2025.02.04. – EDN JNAGPA.

71. Оценка воздействия техногенной системы на воздушный бассейн с применением методов математической статистики / Л. Т. Крупская, Е. Ю. Куликова, М. Ю. Филатова, А. В. Леоненко // Экология и промышленность России. – 2023. – Т. 27, № 8. – С. 50-57. – DOI 10.18412/1816-0395-2023-8-50-57. – EDN FBIOES.

72. Серянина, А. В. К вопросу об экологической безопасности в металлургической промышленности / А. В. Серянина, Т. И. Овчинникова, С. В. Тертычная // Безопасность труда в промышленности. – 2024. – № 8. – С. 23-28. – DOI 10.24000/0409-2961-2024-8-23-28. – EDN LJINFS.

73. Овчинникова Т.И., Серянина А.В., Соколова А.А., Тертычная С.В. Оценка геоэкологических рисков как элемент управления экологической

безопасностью на металлургических предприятиях // Черные металлы. –2024. – № 8. – С. 71–76. DOI: 10.17580/chm.2024.08.08.Ovchinnikova T.I., Seryanina A.V., Sokolova A.A.,Tertychnaya S.V. Assessment of geoecological risks as an element of environmental safety management at metallurgical enterprises. Chernye metally. 2024, no. 8, pp. 71-76. DOI: 10.17580/chm.2024.08.08.

74. Обеспечение безопасной эксплуатации газораспределительной станции Мещанова В.Д., Овчинникова Т.И. В сборнике: Интенсификация тепломассообменных процессов, промышленная безопасность и экология. Материалы VII Всероссийской студенческой научно-практической конференции. Казань, 2024. С. 679-680.

75. Овчинникова Т.И., Сницерева В.П., Овчинникова Т.И., Скопинцева О.В.Оценка дисперсного состава отложившейся пыли в корпусе дробления на обогатительной фабрике. Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № S1. – С. 223–232. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-1-1-223-232.

76. Бочкарёва, И. И. Обеспечение экологической безопасности портов и причалов / И. И. Бочкарёва, Д. В. Быков // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2024. – № 1. – С. 228-231. – EDN MJOOPR.

77. Екимова, О. В. Правовые аспекты обеспечения экологической безопасности в портах России / О. В. Екимова, Т. А. Литвин // Вестник государственного морского университета имени адмирала Ф.Ф. Ушакова. – 2019. – № 4(29). – С. 52-54. – EDN AQMVRL.

78. Никишин, А. Ю. Перспективы использования возобновляемой энергетики в рамках концепции нулевого выброса порта Калининград / А. Ю. Никишин, М. С. Харитонов, Н. Никитакос // Балтийский морской форум : материалы VIII Международного Балтийского морского форума : в 6 т., Калининград, 05–10 октября 2020 года. Том 2. – Калининград: Калининградский государственный технический университет, 2020. – С. 110-118. – EDN YIQBPZ.

79. Nikitakos N. Green logistics: The concept of zero emissions port //FME Transactions. - 2012. - T. 40. - №. 4. - C. 201-206.

80. Port Kembla Coal Terminal. Environmental Improvement Program – Particulate Matter Control Best Practice Study

81. Zero-Emission Future at the Port of Oakland: [сайт]. — Oakland, Calif.: Port of Oakland, 2024. — URL: <https://www.oaklandseaport.com/projects/zero-emission-future-seaport/> (дата обращения: [04.06.2021]).

82. Port of Rotterdam Zero Emission Services : [сайт]. — Rotterdam : Sustainable World Ports, 2024. — URL: <https://sustainableworldports.org/project/port-of-rotterdam-zero-emission-services/> (дата обращения: [17.06.2024]).

83. Zero Emissions Technologies : [сайт]. — Los Angeles : Port of Los Angeles, 2024. — URL: <https://www.portoflosangeles.org/environment/air-quality/zero-emissions-technologies> (дата обращения: [11.07.2024]).

84. Zero Emissions Port : [сайт]. — Oslo : Oslo Port, 2024. — URL: <https://www.oslohavn.no/en/menu/klima-og-miljo-i-oslo-by-og-havn/zero-emissions-port/> (дата обращения: [03.06.2021]).

85. "Кодекс торгового мореплавания Российской Федерации" от 30.04.1999 N 81-ФЗ (ред. от 22.06.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2024)

86. Морские порты: [сайт] / ФГУП «Росморпорт». — Москва, 2024 — URL: <https://www.rosmorport.ru/services/seaports/> (дата обращения: [03.02.2025]).

87. Обзор мировой транспортной системы 2024 года : [документ] / Конференция ООН по торговле и развитию (ЮНКТАД). — URL: https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2024overview_ru.pdf (дата обращения: [дата]).

88. Обзор отрасли грузоперевозок в России 2019 год ООО «Эрнст энд Янг»

89. Основные показатели транспортной деятельности в Российской Федерации за январь — декабрь 2023 года : [сайт] / Федеральная служба государственной статистики. — URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/26_28-02-2024.html (дата обращения: [04.03.2024]).

90. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 27.11.2021 № 3363-р Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

91. Институт проблем естественных монополий (ИПЭМ): «Аналитический доклад «Экономические и экологические проблемы развития российских угольных терминалов»

92. Шмелев В.С. Анализ влияния деятельности АО ММТП на состояние окружающей среды Мурманска

93. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Пневмокониоз : клинические рекомендации. — Текст : электронный.

94. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2023 году» : [сайт] / Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. — URL: https://rosпотребнадзор.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=27779 (дата обращения: [24.06.2024]).

95. Профессиональная патология. Национальное руководство / под ред. Н.Ф. Измерова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. 784 с.

96. Cohen, R.A. Lung disease caused by exposure to coal mine and silica dust [Text] / R.A. Cohen, A. Patel, F.H. Green // Semin. Respir. Crit. Care Med. – 2008. – Dec., Vol. 29(6). – P. 651–661.

97. Cullinan P., Reid P. Pneumoconiosis // Prim Care Respir J. 2013 Jun;22(2):249-252

98. Загнанные в угол: [сайт]. — URL: <https://plus-one.ru/ecology/2018/05/28/zagnannye-v-ugol> (дата обращения: [26.09.2022]).

99. Путин поручил генпрокуратуре обеспечить контроль за угольной пылью в Находке: [сайт]. — URL: <https://primamedia.ru/news/600896/> (дата обращения: [дата]).

100. Угольная пыль - среди главных угроз экологии Дальнего Востока - замглавы Минприроды : [сайт]. — URL: <https://sakhalinmedia.ru/news/708473/> (дата обращения: [дата]).

101. Дело пыльное : [сайт]. — URL: <https://www.eastrussia.ru/material/delo-pylnoe/> (дата обращения: [дата]).

102. Жители Находки вновь вышли на митинг против открытой перевалки угля : [сайт]. — URL: <https://www.interfax.ru/russia/614488> (дата обращения: 22.10.2021).

103. Губанова, М. А. Состояние, проблемы и перспективы развития портовой инфраструктуры / М. А. Губанова, Л. А. Иванченко // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2018. – Т. 3, № 4(14). – С. 171-173. – EDN YWPIKT.

104. Угольный порт и экология: компромисс или противостояние? [Электронный ресурс]: электронный журнал «Морские порты» № 4 (2014) - Режим доступа: <http://morvesti.ru/analitics/detail.php?ID=31901> (дата обращения 20.06.2022).

105. Шмелев, В.С. Проблемы обеспечения экологической безопасности в морских угольных портах / В. С. Шмелев // Строитель Донбасса. – 2024 №3

106. Мясков А.В., Мясков А.А., Севостьянова Е.В., Сухорукова М.А., Шмелев В.С. Внедрение автоматизированных систем мониторинга окружающей среды для обеспечения экологической безопасности в морских угольных портах // Строитель Донбасса. – 2024 №3

107. Экологическая оценка влияния микродисперсной фракции угля на гидробионтов Японского моря (на примере залива Находка)
108. Иванов Г.В., Шевченко Л. А., Михайлова Н. С. «Расчет выделения пыли на углеперерабатывающем предприятии».
109. ECOloading technology [сайт] // ECOloading URL: <http://www.ecoloading.com>. (дата обращения: 11.04.2023).
110. Шмелев, В. С. Экологический мониторинг как основа системы экологического менеджмента / В. С. Шмелев // Контроль качества продукции. – 2023. – № 12. – С. 63-64. – EDN WYTXDW.
111. Москаленко А. Д., д.т.н., проф.; Плют Т.В., «Пожарные ситуации при перевозке каменных углей»
112. Innofreight [Электронный ресурс] : [сайт]. URL: <http://www.innofreight.com> (дата обращения: 17.06.2021).
113. Kotta-Container [Электронный ресурс] : [сайт]. URL: <https://kotta-container.com/#/tab/713964413-3> (дата обращения: 27.11.2023).
114. Метод MapReduce // URL: <https://bigdataschool.ru/wiki/mapreduce/> (дата обращения: 30.04.2023).
115. Заостровских, Е. А. Особенности развития угольных портов Дальнего Востока России / Е. А. Заостровских // Регионалистика. – 2020. – Т. 7, № 1. – С. 30-45. – DOI 10.14530/reg.2020.1.30. – EDN PJDWUX.
116. Смирнов, В. И. Обзор современных методов анализа больших данных для различных предметных областей / В. И. Смирнов, О. В. Новоселова // Вестник науки. – 2024. – Т. 1, № 6(75). – С. 1531-1538. – EDN EHUXQG.
117. Сидоренко Е.В. Методы математической обработки в психологии. – СПб.: ООО «Речь», 2000. – 350 с., ил.
118. Ермолаев О. Ю. Математическая статистика для психологов. Учебник/О.Ю. Ермолаев – 2-е изд. испр. – М.: Московский психолого социальный институт Флинта, 2003. – 336 с.

119. Максимов, А. А. Совершенствование процесса разгрузки полувагонов с углём на основе экосистемы пылеподавления / А. А. Максимов // Студент: наука, профессия, жизнь: Материалы VII всероссийской студенческой научной конференции с международным участием. В 4-х частях, Омск, 20–24 апреля 2020 года. Том Часть 1. – Омск: Омский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 252-257. – EDN CMEUBL.

120. Росприроднадзор в 2024 году [Электронный ресурс] // Finmarket.ru : [сайт]. URL: <https://www.finmarket.ru/news/6344535> (дата обращения: 04.02.2025).

121. Шмелев, В. С. Применение цифровых технологий для минимизации антропогенного воздействия в морских портах / В. С. Шмелев, А. В. Мяков, Е. В. Севостьянова // Автоматизация в промышленности. – 2023. – № 10. – С. 58-62. – DOI 10.25728/avtprom.2023.10.12. – EDN KDJXKA.

122. В 2024 году подано более 1 тыс. исков о взыскании ущерба окружающей среде [Электронный ресурс] // Senatinform.ru : [сайт]. URL: https://www.senatinform.ru/news/v_2024_godu_podano_bolee_1_tys_iskov_o_vzyshchernya_okrughayushchey_srede/ (дата обращения: 21.02.2025).

123. Правительство Российской Федерации. Распоряжение от 24 декабря 2014 года N 2674-р. С access на сайте: <http://www.pravo.gov.ru> (дата обращения: 18.07.2024).

124. Методическое пособие по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленности строительных материалов». - Новороссийск, 2001г.;

125. Распоряжение Правительства РФ от 24.12.2014 N 2674-р "Об утверждении Перечня областей применения наилучших доступных технологий"

126. Федеральный закон от 23.11.1995 N 174-ФЗ "Об экологической экспертизе" (последняя редакция). С access на сайте: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_17650/ (дата обращения: 18.07.2024).

127. Федеральное агентство водных ресурсов. Приказ Минприроды России от 13 апреля 2009 года № 87 «Об утверждении методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства».

128. Севостьянова, Е. В. Разработка системы снижения пыления в морских портах при низких температурах (на примере АО «Дальтрансуголь») : [отчет по НИР] / Е. В. Севостьянова // МТБ-22-2 МИСИС

129. CombiJet Bag Filter // HimenViro Enviromental Technologies URL: <https://www.intensiv-filter.com/en/produktportfolio/schlauchfilter-und-filternde-abscheider/combijet/> (дата обращения: 28.08.2021).

130. Пылеподавление и туманообразование «ЕИМ инженеринг» // УДС судопогрузочная машина URL: <https://www.eim-engineering.ru/uds-sudopogruzochnaya-mashina/> (дата обращения: 24.08.2021).

131. DISAB - Your Vacuum Technology Partner // Vacuum Trucks URL: <https://disab.com/products/our-vacuum-trucks/> (дата обращения: 12.07.2021).

132. Рыбалов, Эдуард Алексеевич / Разработка методики оценки опасности скважин, находящихся в состоянии консервации и ликвидации на месторождениях углеводородного сырья : диссертация ... кандидата технических наук : 2.10.3.

133. Кошкарев, С. А. Расчет выбросов загрязняющих веществ для разработки проектной экологической документации и определения величины платежей с использованием комплекса информационных технологий : Учебное пособие / С. А. Кошкарев, Н. М. Сергина, Е. А. Калюжина ; Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград : Волгоградский государственный технический университет, 2020. – 108 с. – ISBN 978-5-9948-3874-7. – EDN BSZZQC.

134. O. Ivanova, B. Markov and I. Gainova, "A Model for Calculating the Power of a Source of Nitrogen Oxide Emission from the Mouth of an Industrial Pipe," 2024 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), Sochi, Russian Federation, 2024, pp. 1200-1204, doi:

10.1109/ICIEAM60818.2024.10553842. keywords: {Computer vision;Inverse problems;Atmospheric modeling;Computational modeling;Environmentally friendly manufacturing techniques;Mouth;Data models;environmental pollution;nitrogen oxide;industrial pipe mouth;emission power;inverse problem},

Приложения

Приложение А. А.1 Акт о внедрении ДТУ



СПРАВКА

О внедрении результатов диссертационного исследования

Шмелева Вячеслава Сергеевича

Результаты диссертационного исследования Шмелева В.С. на тему «Разработка методики выбора природоохранных мероприятий для морских угольных портов», представленного на соискание ученой степени кандидата технических наук, рассмотрены руководством АО «Дальтрансуголь» и признаны имеющими реальное практическое значение для предприятия. Работа выполнялась с 2019 по 2023 год, основным объектом исследования является основная площадка АО «Дальтрансуголь».

Наиболее существенными результатами исследования являются:

1. Выявлена и оценена взаимосвязь между внедрением конкретных природоохранных мероприятий и количественным снижением валового выброса загрязняющих веществ от источников загрязнения атмосферного воздуха при перевалке угля.
2. Предложена классификация природоохранных мероприятий, применяемых в морских портах при перевалке угля. Классификация учитывает все современные технологии по снижению пыления и наилучшие доступные технологии, дополняя существующие системы.
3. Разработана поэтапная методика определения и последующего выбора наиболее эффективных природоохранных мероприятий. Методика учитывает экологические, производственные и экономические характеристики, позволяя принимать системные и обоснованные управленические решения по снижению объемов выбросов.

Разработанная авторская методика выбора природоохранных мероприятий Шмелева В.С. рекомендована к рассмотрению при реализации планов по внедрению инновационных продуктов в деятельность АО «ДТУ»

Исполнительный директор
АО «Дальтрансуголь»

Долгополов В.В.

Приложение А. А.2 Акт о внедрении НТК



Национальная
Транспортная
Компания

143401, Россия, Московская область
г. Красногорск, Бульвар Строителей,
дом 4, корпус 1
тел.: +7 (495) 663-13-10

СПРАВКА

О внедрении результатов диссертационного исследования
Шмелева Вячеслава Сергеевича

Результаты диссертационного исследования Шмелева В.С. на тему «Разработка методики выбора природоохранных мероприятий для морских угольных портов», представленного на соискание ученой степени кандидата технических наук, рассмотрены руководством АО «Национальная транспортная компания» и признаны имеющими реальное практическое значение для морских терминалов АО «НТК». Работа выполнялась с 2019 по 2023 год, основным объектами исследования являлись морские порты АО «Дальтрансуголь» и ООО «Стивидорная компания «Малый порт».

Наиболее существенными результатами исследования, имеющими практическую значимость, являются разработка и применение на практике методики выбора природоохранных мероприятий. Методика позволяет на основе системного подхода и дифференциации источников загрязнения по степени их воздействия принимать обоснованные управленические решения для минимизации антропогенной нагрузки.

Ключевыми элементами методики являются: систематизация источников выбросов; инструментарий выбора мероприятий с применением анализа больших данных для выявления взаимосвязей между технологиями и эффектом снижения выбросов; а также комплекс экологических, производственных и экономических критериев.

Практическое внедрение результатов позволяет повысить экологическую безопасность терминала, достичь синергетического эффекта (одновременное повышение экологической эффективности и экономической выгоды) и создает основу для перехода стивидорных компаний на «Концепцию нулевого выброса».

Разработанная авторская методика выбора природоохранных мероприятий Шмелева В.С. рекомендована к рассмотрению при реализации планов по внедрению природоохранных мероприятий в АО «НТК».

Начальник управления
экологии АО «НТК»



Севостьянова Е.В.

Приложение Б.1 Результаты внедрения ПМ в специализированных угольных терминалах

Наименование терминала	Наименование источника																		Обозначение							
	Наименование источника	Объем ЗВ до ПМ, тонны	Природоохранные мероприятия																							
			ПМ-Б-1.1	ПМ-Б-1.2	ПМ-Б-1.3	ПМ-Б-2.1	ПМ-Б-2.2	ПМ-Б-2.3	ПМ-Б-2.4	ПМ-Б-3.1	ПМ-Б-3.2	ПМ-Б-3.3	ПМ-Б-3.4	ПМ-П-1.1	ПМ-П-2	ПМ-Т-1	ПМ-Т-2	ПМ-Т-3	ПМ-Т-4	ПМ-Э-1	ПМ-Э-3	ПМ-О-1	ПМ-О-2	ПМ-О-3		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
Порт 1	ИВ.18 ИВ.17 ИВ.16 ИВ.15 ИВ.14 ИВ.13 ИВ.12 ИВ.11 ИВ.10 ИВ.9 ИВ.8 ИВ.7 ИВ.6 ИВ.5 ИВ.4 ИВ.3 ИВ.2 ИВ.1	8,404	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,362	ИС.2 60%
	0018 0017 0016 0015 0014 0013 0012 0011 0010 0009 0008 0007 0006 0005 0004 0003 0002 0001	9,772	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,909	ИС.2 60%
	Аспирационная система вагоноопрокидывателей 1	7,430	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,944	ИС.3 20%
	Аспирационная система вагоноопрокидывателей 2	2,800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,240	ИС.3 20%
	Аспирационная система здания дробильно установки 1	1,388	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,555	ИС.4 60%
	Аспирационная система здания ПС-1 1	1,243	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	0,622	ИС.4 50%
	Аспирационная система здания ПС-1 2	1,235	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,494	ИС.4 60%
	Аспирационная система здания ПС-2	1,518	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	0,759	ИС.4 50%
	Аспирационная система здания ПС-3	1,284	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,642	ИС.4 50%
	Аспирационная система здания ПС-4	1,861	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	0,744	ИС.4 60%
	Аспирационная система здания ПС-5	1,548	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,774	ИС.4 50%
	Аспирационная система здания ПС-6 1	1,087	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	0,543	ИС.4 50%
	Аспирационная система здания ПС-6 2	1,343	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,672	ИС.4 50%
	Труба котельной	14,593	-	-	-	0,20	0,10	-	-	-	-	-	-	0,05	0,05	-	-	0,10	-	-	-	-	-	-	5,107	ИП.4 65%
	Труба аварийной ДЭС	0,018																						0,018	ИП.4 0%	
	Труба аварийной ДЭС	0,018																						0,018	ИП.4 0%	
	Труба аварийной ДЭС	0,031																						0,031	ИП.4 0%	
	Труба аварийная ДЭС	0,011																						0,011	ИП.4 0%	

ИВ.69	ИВ.68	ИВ.67	ИВ.66	ИВ.65	ИВ.64	ИВ.63	ИВ.62	ИВ.61	ИВ.60	ИВ.59	ИВ.58	ИВ.57	ИВ.56	ИВ.55	ИВ.54	ИВ.53	ИВ.52	ИВ.51	ИВ.50	ИВ.49	ИВ.48	ИВ.47	ИВ.46	
6044	6042	6041	6040	6039	6038	6037	6036	6035	6034	6033	6032	6031	6030	6029	6028	6027	6026	6025	6024	6020	6019	6018	6017	
сцепка локомотива к вагонам 2	62,545	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	0,20	-	-	-
сцепка локомотива к вагонам 3	160,651	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	0,20	-	-	-	
Склад угля 4	4,903	-	-	-	-	-	-	-	0,35	-	-	0,15	-	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	1,177
Склад угля 5	2,520	-	-	-	-	-	-	0,35	-	-	0,15	-	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	
Ленточный конвейер К8	0,569	-	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,341
Судопогрузочная машина 1	2,005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	0,05	0,05	-
Судопогрузочная машина 2	1,005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	0,05	0,05	-
Резательный комплекс 1	0,032	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	0,030
Резательный комплекс 2	0,032	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	0,030
Газовые инфракрасные горелки 1	18,048	-	-	-	0,20	0,10	-	-	-	-	0,05	0,05	-	-	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	6,317
Газовые инфракрасные горелки 2	18,048	-	-	-	0,20	0,10	-	-	-	-	0,05	0,05	-	-	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	6,317
сцепка локомотива к вагонам 4	55,752	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	0,20	-	-	-	33,451
Площадка ОС повышенных стоков	0,039																							0,039
Трубы портовых буксиров	23,984	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,585
сцепка локомотива к вагонам 5	102,907	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	0,20	-	-	-	61,744
сцепка локомотива к вагонам 6	111,563	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	0,20	-	-	-	66,938
Стоянка тепловоза в здании ремонта	0,941	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	0,894
Проем ворот пожарного депо	0,006																							0,006
Неплотности конструкции ремонта тепловозов	0,003																							0,003
Неплотности конструкции прачечной	0,000																							0,000
Неплотности конструкции и оконные проемы здания котельной	0,001																							0,001
Ворота здания слесарной мастерской	0,076																							0,076
ОС ТОПАС-5 для группы административных зданий	0,005																							0,005
Неплотности конструкции ремонтно-механической мастерской (РММ)	0,001																							0,001

ИВ.65	ИВ.64	ИВ.63	ИВ.62	ИВ.61	ИВ.60	ИВ.59	ИВ.58	ИВ.57	ИВ.56	ИВ.55	ИВ.54	ИВ.53	ИВ.52	ИВ.51	ИВ.50	ИВ.49	ИВ.48	ИВ.47	ИВ.46	ИВ.45	ИВ.44	ИВ.43		
6053	6052	6051	6046	6045	6044	6042	6041	6040	6039	6038	6037	6036	6035	6034	6033	6032	6031	6030	6029	6028	6027	6026		
Судопогрузочная машина 2																								
Резательный комплекс 1	0,026	-	-	-																				
Резательный комплекс 2	0,026	-	-	-																				
Газовые инфракрасные горелки 1	14,439	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-	-	-	13,717	
Газовые инфракрасные горелки 2	14,439	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-	-	-	13,717	
цепка локомотива к вагонам 4	44,601	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	0,20	-	-	0,05	0,05	26,761
Площадка ОС повышенных стоков	0,031	-	-	-																				
Трубы портовых буксиров	19,187	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	0,50	-	-	-	0,10	6,715
цепка локомотива к вагонам 5	82,325	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	0,20	-	-	0,05	0,05	49,395
цепка локомотива к вагонам 6	89,251	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	0,20	-	-	0,05	0,05	53,550
Стоянка тепловоза в здании ремонта	0,753	-	-	-																				
Проем ворот пожарного депо	0,005	-	-	-																				
Неплотности конструкции ремонта тепловозов	0,002	-	-	-																				
Неплотности конструкции прачечной	0,000	-	-	-																				
Неплотности конструкции и оконные проемы здания котельной	0,001	-	-	-																				
Ворота здания слесарной мастерской	0,061	-	-	-																				
ОС ТОПАС-5 для группы административных зданий	0,004	-	-	-																				
Неплотности конструкции ремонтно-механической мастерской (PMM)	0,001	-	-	-																				
Площадка работы погрузчика на пирсе № 5	0,221	-	-	-																				
Площадка Rainpark-ОСЛВ-2	0,004	-	-	-																				
Стоянка	0,118	-	-	-																				
Стоянка	0,057	-	-	-																				
ДВС а/м диз	0,007	-	-	-																				

ИВ.45	ИВ.44	ИВ.43	ИВ.42	ИВ.41	ИВ.40	ИВ.39	ИВ.38	ИВ.37	ИВ.36	ИВ.35	ИВ.34	ИВ.33	ИВ.32	ИВ.31	ИВ.30	ИВ.29	ИВ.28	ИВ.27	ИВ.26	ИВ.25	ИВ.24	ИВ.23	ИВ.22	ИВ.21	ИВ.20	ИВ.19		
6026	6024	6019	6018	6017	6015	6013	6012	6011	6010	6009	6008	6007	6006	6005	6004	6003	6002	6001	0034	0032	0030	0029	0028	0027	0026			
Аспирационная система здания котельной	0,666																									0,666	ИП.4 0%	
Аспирационная система на участке мойки деталей	0,091																									0,091	ИП.6 0%	
Труба аварийной ДЭС	0,038																									0,038	ИП.4 0%	
Труба аварийной ДЭС	0,035																									0,035	ИП.4 0%	
Труба установки "Форсаж-2"	0,011																									0,011	ИП.4 0%	
Труба аварийная ДЭС	0,005																									0,005	ИП.4 0%	
Труба ДЭС	0,514																									0,514	ИП.4 0%	
Склад угля 1	9,152	-	-	-	-	-	0,1	0,2	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	0,1	0,1	-	-	-	-	-	1,281	ИС.5 86%	
Склад угля 2	12,110	-	-	-	-	-	0,1	0,2	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	0,1	0,1	-	-	-	-	-	1,695	ИС.5 86%	
Склад угля 3	12,110	-	-	-	-	-	0,1	0,2	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	0,1	0,1	-	-	-	-	-	1,695	ИС.5 86%	
Ленточный конвейер К3А	1,723	-	-	-	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,120	ИС.4 35%
Ленточный конвейер К3В	1,730	-	-	-	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,125	ИС.4 35%
Ленточный конвейер К3С	1,742	-	-	-	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,133	ИС.4 35%
Ленточный конвейер К6А	1,406	-	-	-	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,914	ИС.4 35%
Ленточный конвейер К6В	1,200	-	-	-	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,780	ИС.4 35%
Резервуары	0,009																									0,009	ИП.6 0%	
Здание ремонта путевого инструмента	0,021																									0,021	ИП.6 0%	
Слесарный городок на ПС-1	0,097																									0,097	ИП.6 0%	
Гараж	0,085																									0,085	ИП.6 0%	
Площадка ЛОС ТОПАС-150	0,182																									0,182	ИП.6 0%	
сцепка локомотива к вагонам 1	168,181	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	0,20	-	-	-	-	100,909	ИП.2 40%
сцепка локомотива к вагонам 2	75,054	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	0,20	-	-	-	-	45,032	ИП.2 40%
сцепка локомотива к вагонам 3	192,781	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	0,20	-	-	-	-	134,947	ИП.2 30%
Склад угля 4	5,884	-	-	-	-	-	0,1	0,2	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	0,1	0,1	-	-	-	-	-	0,824	ИС.5 86%	
Ленточный конвейер К8	0,683																									0,683	ИС.4 0%	
Судопогрузочная машина 1	0,006																									0,006	ИС.8 0%	
Судопогрузочная машина 2	0,006																									0,006	ИС.8 0%	

Приложение Б.2 Результаты внедрения ПМ в универсальных угольных терминалах

	ИВ.47	ИВ.46	ИВ.45	ИВ.44	ИВ.43	ИВ.42	ИВ.41	ИВ.40	ИВ.39	ИВ.38	ИВ.37	ИВ.36	ИВ.35	ИВ.34	ИВ.33	ИВ.32	ИВ.31	ИВ.30	ИВ.29	ИВ.28	ИВ.27	ИВ.26	ИВ.25	ИВ.24	ИВ.23	ИВ.22	ИВ.21	ИВ.20	0,210	ИП.4	0%				
Резервуары и ТРК АЗС-1																																			
труба, Котельная	366,673	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	220,004	ИП.4	40%			
Дыхательный клапан (резервуар мазут)	1,292	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,254	ИП.4	3%			
Дых. клапан бункеровщика	1,547	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,392	ИП.2	10%			
Дых. клапан приемной емкости бункеруемого судна	0,003																															0,003	ИП.6	0%	
Пропарка цистерн	4,268	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,902	ИП.2	32%			
Труба ЛОС 1 гр р-на	5,218	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,913	ИП.6	25%			
Труба ЛОС 2 гр р-на	5,218	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,913	ИП.6	25%			
Труба ЛОС 3 гр р-на	5,218	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,913	ИП.6	25%			
труба СЭУ тр. судна на пр. 2	10,518	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,785	ИП.3	45%			
труба СЭУ тр. судна на пр. 4	10,518	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,785	ИП.3	45%			
труба СЭУ тр. судна на пр. 6	10,518	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,837	ИП.3	35%			
труба СЭУ тр. судна на пр. 9-10	10,518	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,785	ИП.3	45%			
труба СЭУ тр. судна на пр. 11	10,518	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,837	ИП.3	35%			
уч. рем. вагонов, 1 гр. район (4,5 путь)	0,488																															0,488	ИП.6	0%	
Погрузка ЖРО в трюм на пр 6-7	0,001																															0,001	ИУ.7	0%	
Погрузка КУ в трюм на пр 9-10	0,002																															0,002	ИУ.7	0%	
Выгруз КУ из ЖД на штаб пр9-10	0,358																															0,358	ИУ.2	0%	
Ветровая эрозия штабеля пр9-10	0,853																															0,853	ИУ.3	0%	
Погрузка КУ в трюм на пр 6-7	0,002																															0,002	ИУ.7	0%	
Выгруз КУ из ЖД на штаб пр6-7	0,244																															0,244	ИУ.2	0%	
Ветровая эрозия штабеля пр 6-7	1,601	-	-	-	-	-	-	-	0,25	-	-	0,15	0,15	-	-	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,10	-	-	-	0,240	ИУ.5	85%
Погрузка КУ в трюм пр 4-2	0,002																															0,002	ИУ.7	0%	
Выгруз КУ из ЖД на штаб пр 4-2	0,386																															0,386	ИУ.2	0%	
Ветровая эрозия штабеля пр 4-2	1,213	-	-	-	-	-	-	-	0,25	-	-	0,15	0,15	-	-	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,10	-	-	-	0,182	ИУ.5	85%
Очистка КУ "Zр-130R" пр 2	1,033	-	-	-	-	0,05	0,05	-	-	-	-	-	-	0,15	-	-	-	-	-	0,20	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	0,05	0,362	ИУ.3	65%	
Очист КУ "Zр-130" пр 6-7	1,137	-	-	-	-	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	0,10	-	-	-	0,682	ИУ.3	40%
Очистка КУ "Zр-130" пр 9	2,687	-	-	-	-	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	0,10	-	-	-	1,612	ИУ.3	40%
Погрузка угля в трюм пр 10	0,018																															0,018	ИУ.7	0%	

Порт 2	УП.2	ИВ.13	ИВ.12	ИВ.11	ИВ.10	ИВ.9	ИВ.8	ИВ.7	ИВ.6	ИВ.5	ИВ.4	ИВ.3	ИВ.2	ИВ.1	ИВ.87	ИВ.85	ИВ.84	ИВ.83	ИВ.82	ИВ.81	ИВ.80	ИВ.79	ИВ.78			
		6224	6203	6202	6201	6223	6222	6221	6220	6219	6218	6217	6102	6101	Открытая автостоянка	0,067									0,067 ИП.6 0%	
															Парковка легкового автотранспорта	0,000									0,000 ИП.6 #####	
															Маневровый тепловоз	41,325										18,596 ИП.2 55%
															ДВС локомобиля	25,000										11,250 ИП.2 55%
															ДВС локомобиля	18,043										8,119 ИП.2 55%
															Пыление полувагонов	0,433										0,433 ИУ.1 0%
															Разгрузка вагонов	9,211										1,382 ИУ.1 85%
															Бурорыхильные работы	0,064										0,064 ИУ.2 0%
															Работа манипуляторов	14,604										6,572 ИУ.6 55%
		ИВ.13	ИВ.12	ИВ.11	ИВ.10	ИВ.9	ИВ.8	ИВ.7	ИВ.6	ИВ.5	ИВ.4	ИВ.3	ИВ.2	ИВ.1	Выгрузка щебня из ат пр. 15	8,225	-	-	-	0,10	0,10	-	-	-	3,701 ИУ.2 55%	
		6224	6203	6202	6201	6223	6222	6221	6220	6219	6218	6217	6102	6101	Ветров эрозия штабеля пр. 13-14	2,373	-	-	-	0,20	0,10	-	-	-	0,831 ИУ.5 65%	
															Очист КУ "Зр-130" пр. 13-14	4,133	-	-	-	0,10	-	-	-	-	2,480 ИУ.3 40%	
															КУ тыл кордон пр. 13-14	8,860	-	-	-	0,15	-	-	-	-	3,544 ИУ.4 60%	
															Погрузка щебня в трюм пр. 15	0,058									0,058 ИП.7 0%	
															Выгрузка щебня из ат пр. 15	8,225	-	-	-	0,10	0,10	-	-	-	3,701 ИУ.2 55%	
															Ветров эрозия штаб щебня пр. 15	3,633	-	-	-	0,25	-	-	-	-	0,545 ИУ.5 85%	
															Выгруз прочих трюм штаб пр. 15	2,891	-	-	-	0,25	-	-	-	-	1,012 ИУ.5 65%	
															Погрузка проч. сып. (Бут. камня) "Местная выдача" пр. 15	1,059									1,059 ИУ.7 0%	
															Ветров эрозия штаб Проч. сып. (Бут. камня) пр. 15	1,504	-	-	-	0,25	-	-	-	-	0,226 ИУ.5 85%	

Приложение В. Результаты подсчета баллов экспертной оценки

Таблица В.1 Матрица значений баллов (эксперты 1...19) по критериям оценки эффективности природоохранных мероприятий

Эксперт	Критерии оценки эффективности																																	
	Производственные														Экономические					Экологические														
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12
1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1		
2	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	-1	-1	1	0	0	1	1	1	
3	1	1	1	1	1	1	-1	0	1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	0	1	0	-1	1	1	1	
4	1	1	1	1	1	1	-1	0	1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	1	
5	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	
6	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	0	1	-1	1	1	1	-1	0	1	1	-1	1	1	0	1
7	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	0	1	-1	1	1	1	-1	0	1	1	-1	1	1	1	
8	1	1	1	1	1	1	-1	0	1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	0	1	1	-1	1	1	0	1
9	1	1	1	1	1	1	-1	0	1	-1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	0	0	1	-1	1	1	1	
10	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	1	
11	1	1	1	1	1	1	-1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	-1	1	0	0	1	1	1	1	
12	1	1	1	1	1	1	-1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	0	1	1	1	-1	-1	1	0	0	1	1	0	1		
13	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	-1	1	1	1	-1	0	0	-1	1	1	0	1	
14	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	-1	1	1	0	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	0	-1	1	1	1	
15	1	1	1	1	1	1	0	0	1	-1	1	1	1	0	1	1	-1	1	1	1	0	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	1	
16	1	1	1	1	1	1	0	1	1	-1	1	1	1	0	0	1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	0	1
17	1	1	1	1	1	1	0	1	1	-1	1	1	1	1	0	-1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	0	-1	1	1	1	
18	1	1	1	1	1	1	1	-1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	-1	0	1	1	1	1	1	1	
19	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	1	
20	1	1	1	1	1	1	-1	0	1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	1	
21	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	0	1
22	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	1	0	-1	1	1	-1	1	1	1	
23	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	0	-1	0	-1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	
24	1	1	1	1	1	1	0	0	1	-1	1	1	1	1	0	-1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	
25	1	1	1	1	1	1	0	1	1	-1	1	1	1	1	0	-1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	
26	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	-1	-1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	-1	0	0	1	1	1	1		
27	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	1	
28	1	1	1	1	1	1	-1	0	1	-1	1	1	1	1	0	-1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	0	1
29	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	1	
30	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	0	0	1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	

Таблица В.2 – Среднее значение модуля оценки j-го фактора по всем экспертам

Среднее значение модуля оценки j-го критерия по всем экспертам																																	
1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12
1	1	1	1	1	-0,57	0,60	0,77	-0,67	1	1	1	0,73	0,70	0,60	-0,73	1	1	0,70	1	-0,73	1	0,97	1	-0,53	-0,43	0,77	0,67	-0,67	1	1	0,77	1	

Таблица В.3 – Отклонения мнения каждого эксперта от среднего мнения группы

Эксперт	Отклонения мнения каждого эксперта от среднего мнения группы																																	
	Производственные															Экономические					Экологические													
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12
1	0	0	0	0	0	0	0,43	0,4	0,23	0,33	0	0	0	0,27	0,3	0,4	0,27	0	0	0,3	0	0,27	0	0,03	0	0,47	0,57	0,23	0,33	0,33	0	0	0,23	0
2	0	0	0	0	0	0	0,43	0,4	0,23	0,33	0	0	0	0,73	0,7	0,4	0,73	0	0	0,3	0	0,73	0	0,03	0	0,47	0,57	0,23	0,67	0,67	0	0	0,23	0
3	0	0	0	0	0	0	0,43	0,6	0,23	0,33	0	0	0	0,27	0,3	0,4	0,27	0	0	0,3	0	0,27	0	0,03	0	0,47	0,43	0,23	0,67	0,33	0	0	0,23	0
4	0	0	0	0	0	0	0,43	0,6	0,23	0,33	0	0	0	0,27	0,3	0,4	0,27	0	0	0,3	0	0,27	0	0,03	0	0,47	0,57	0,23	0,33	0,33	0	0	0,23	0
5	0	0	0	0	0	0	0,43	0,4	0,23	0,33	0	0	0	0,27	0,3	0,4	0,27	0	0	0,3	0	0,27	0	0,03	0	0,47	0,57	0,23	0,33	0,33	0	0	0,23	0
6	0	0	0	0	0	0	0,43	0,4	0,23	0,33	0	0	0	0,27	0,3	0,4	0,27	0	0	0,7	0	0,27	0	0,03	0	0,47	0,43	0,23	0,33	0,33	0	0	0,77	0
7	0	0	0	0	0	0	0,43	0,4	0,23	0,33	0	0	0	0,27	0,3	0,4	0,27	0	0	0,7	0	0,27	0	0,03	0	0,47	0,43	0,23	0,33	0,33	0	0	0,23	0
8	0	0	0	0	0	0	0,43	0,6	0,23	0,33	0	0	0	0,27	0,3	0,4	0,27	0	0	0,3	0	0,27	0	0,03	0	0,47	0,43	0,23	0,33	0,33	0	0	0,77	0
9	0	0	0	0	0	0	0,43	0,6	0,23	0,33	0	0	0	0,27	0,3	0,4	0,73	0	0	0,3	0	0,27	0	0,03	0	0,47	0,43	0,77	0,33	0,33	0	0	0,23	0
10	0	0	0	0	0	0	0,43	0,4	0,23	0,33	0	0	0	0,73	0,3	0,6	0,73	0	0	0,3	0	0,27	0	0,03	0	0,47	0,57	0,23	0,33	0,33	0	0	0,23	0
11	0	0	0	0	0	0	0,43	0,6	0,77	0,67	0	0	0	0,73	0,7	0,4	0,73	0	0	0,3	0	0,73	0	0,03	0	0,53	0,57	0,23	0,67	0,67	0	0	0,23	0
12	0	0	0	0	0	0	0,43	0,4	0,77	0,67	0	0	0	0,27	0,3	0,4	0,27	0	0	0,7	0	0,73	0	0,03	0	0,47	0,57	0,23	0,67	0,67	0	0	0,77	0
13	0	0	0	0	0	0	0,57	0,4	0,77	0,67	0	0	0	0,27	0,7	0,6	0,73	0	0	0,7	0	0,27	0	0,03	0	0,47	0,57	0,77	0,67	0,33	0	0	0,77	0
14	0	0	0	0	0	0	0,57	0,4	0,77	0,67	0	0	0	0,27	0,3	0,6	0,27	0	0	0,7	0	0,27	0	0,03	0	0,47	0,57	0,23	0,67	0,33	0	0	0,23	0
15	0	0	0	0	0	0	0,57	0,6	0,23	0,33	0	0	0	0,73	0,3	0,4	0,27	0	0	0,7	0	0,27	0	0,03	0	0,47	0,57	0,23	0,33	0,33	0	0	0,23	0
16	0	0	0	0	0	0	0,57	0,4	0,23	0,33	0	0	0	0,73	0,7	0,4	0,27	0	0	0,3	0	0,27	0	0,03	0	0,47	0,57	0,23	0,33	0,33	0	0	0,77	0
17	0	0	0	0	0	0	0,57	0,4	0,23	0,33	0	0	0	0,27	0,3	0,6	0,27	0	0	0,3	0	0,27	0	0,03	0	0,47	0,57	0,23	0,67	0,33	0	0	0,23	0
18	0	0	0	0	0	0	1,57	1,6	0,77	1,67	0	0	0	0,27	0,7	0,6	1,73	0	0	0,7	0	0,73	0	0,97	0	1,53	1,43	1,77	0,67	1,67	0	0	0,23	0
19	0	0	0	0	0	0	0,43	0,4	0,23	0,33	0	0	0	0,27	0,3	0,4	0,27	0	0	0,3	0	0,27	0	0,03	0	0,47	0,57	0,23	0,33	0,33	0	0	0,23	0
20	0	0	0	0	0	0	0,43	0,6	0,23	0,33	0	0	0	0,27	0,3	0,4	0,27	0	0	0,3	0	0,27	0	0,03	0	0,47	0,57	0,23	0,33	0,33	0	0	0,23	0
21	0	0	0	0	0	0	0,43	0,4	0,23	0,33	0	0	0	0,27	0,3	0,6	0,73	0	0	0,3	0	0,27	0	0,03	0	0,47	0,57	0,23	0,33	0,33	0	0	0,77	0
22	0	0	0	0	0	0	0,43	0,4	0,23	0,33	0	0	0	0,27	0,3	0,4	0,27	0	0	0,3	0	0,27	0	0,03	0	0,53	0,57	0,23	0,33	0,33	0	0	0,23	0
23	0	0	0	0	0	0	1,57	0,4	1,77	1,67	0	0	0	0,73	1,7	0,6	0,27	0	0	0,7	0	1,73	0	0,03	0	0,53	1,43	0,77	0,33	1,67	0	0	0,23	0
24	0	0	0	0	0	0	0,57	0,6	0,23	0,33	0	0	0	0,27	0,3	0,6	0,27	0	0	0,3	0	0,27	0	0,03	0	0,53	0,43	0,23	0,33	0,67	0	0	0,23	0
25	0	0	0	0	0	0	0,57	0,4	0,23	0,33	0	0	0	0,27	0,3	0,6	0,27	0	0	0,3	0	0,27	0	0,03	0	1,53	0,43	0,23	0,67	0,67	0	0	0,23	0
26	0	0	0	0	0	0	1,57	0,6	0,23	0,67	0	0	0	0,73	0,7	1,6	0,27	0	0	0,7	0	1,73	0	0,03	0	1,53	1,43	1,77	0,67	0,67	0	0	0,23	0
27	0	0	0	0	0	0	0,43	0,4	0,23	0,67	0	0	0	0,27	0,3	0,4	0,27	0	0	0,3	0	0,27	0	0,03	0	0,47	0,57	0,23	0,33	0,33	0	0	0,23	0
28	0	0	0	0	0	0	0,43	0,6	0,23	0,33	0	0	0	0,27	0,3	0,6	0,27	0	0	0,3	0	0,27	0	0,03	0	1,53	1,43	0,23	0,33	0,33	0	0	0,77	0

29	0	0	0	0	0	0	0,43	0,4	0,23	0,33	0	0	0	0,27	0,3	0,4	0,27	0	0	0,3	0	0,27	0	0,03	0	0,47	0,57	0,23	0,33	0,33	0	0	0,23	0
30	0	0	0	0	0	0	0,43	0,4	0,23	0,33	0	0	0	0,73	0,7	0,4	0,27	0	0	0,3	0	0,27	0	0,03	0	1,53	1,43	0,23	0,33	0,33	0	0	0,23	0

Таблица В.4 – Показатели отклонения экспертов

Эксперт	Суммы отклонений мнений i-того эксперта по всем критериям	Среднее отклонение мнений всех экспертов по всем критериям	Среднее отклонение мнений i-го эксперта по всем критериям от среднего мнения группы
1	5,40	0,16	5,24
2	7,87	0,23	7,64
3	5,80	0,17	5,63
4	5,60	0,16	5,44
5	5,40	0,16	5,24
6	6,20	0,18	6,02
7	5,67	0,17	5,50
8	6,00	0,18	5,82
9	6,47	0,19	6,28
10	6,53	0,19	6,34
11	9,00	0,26	8,74
12	8,33	0,25	8,09
13	9,27	0,27	8,99
14	7,33	0,22	7,12
15	6,60	0,19	6,41
16	6,93	0,20	6,73
17	6,07	0,18	5,89
18	18,60	0,55	18,05
19	5,40	0,16	5,24
20	5,60	0,16	5,44
21	6,60	0,19	6,41
22	5,47	0,16	5,31
23	16,13	0,47	15,66
24	6,20	0,18	6,02
25	7,33	0,22	7,12
26	15,13	0,45	14,69
27	5,73	0,17	5,56
28	8,27	0,24	8,02

29	5,40	0,16	5,24
30	8,20	0,24	7,96

Таблица В.5 – Сумма мнений экспертов по j-му критерию A_j

Сумма мнений экспертов по j-му критерию A_j																										Среднее значение суммы мнений экспертов по всем критериям								
Производственные													Экономические					Экологические																
1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12	16
27	27	27	27	27	27	-20	18	23	-22	27	27	27	21	22	19	-21	27	27	21	27	-24	27	27	27	-18	-16	25	19	-22	27	27	20	27	16
																																	16	

Таблица В.6 – Весовой коэффициент r_j

Весовой коэффициент r_j																																		
Производственные													Экономические					Экологические																
1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12	
1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	-1,3	1,15	1,47	-1,4	1,73	1,73	1,73	1,34	1,41	1,22	-1,3	1,73	1,73	1,34	1,73	-1,5	1,73	1,73	1,73	-1,2	-1	1,6	1,22	-1,4	1,73	1,73	1,28	1,73	16

Примечание: Критерии, выделенные цветом, не участвуют в дальнейших процедурах оценки эффективности ПМ

Приложение Г. Методика исчисления вреда водному объекту

Приказ Минприроды России от 13.04.2009 N 87 (ред. от 26.08.2015) "Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства" (Зарегистрировано в Минюсте России 25.05.2009 N 13989)

П. 11. Исчисление размера вреда, причиненного водному объекту сбросом вредных (загрязняющих) веществ в составе сточных вод и (или) дренажных (в том числе шахтных, рудничных) вод, производится по формуле N 1:

$$Y = K_{ВГ} * K_B * K_{ИН} \sum_{i=1}^n H_i * M_i * K_{из}$$

где: Y - размер вреда, тыс. руб.;

$K_{ВГ}$ - коэффициент, учитывающий природно-климатические условия в зависимости от времени года, определяется в соответствии с таблицей 1 приложения 1 к Методике;

K_B - коэффициент, учитывающий экологические факторы (состояние водных объектов), определяется в соответствии с таблицей 2 приложения 1 к Методике;

$K_{ИН}$ - коэффициент индексации, учитывающий инфляционную составляющую экономического развития, определяется в соответствии с п. 11.1 Методики;

H_i - таксы для исчисления размера вреда от сброса i-го вредного (загрязняющего) вещества в водные объекты определяются в соответствии с таблицей 3 приложения 1 к Методике, тыс. руб./т;

M_i - масса сброшенного i-го вредного (загрязняющего) вещества определяется по каждому загрязняющему веществу в соответствии с главой IV Методики, т;

$K_{из}$ - коэффициент, учитывающий интенсивность негативного воздействия вредных (загрязняющих) веществ на водный объект, определяется в соответствии с пунктом 11.2 Методики.

11.1. Коэффициент индексации $K_{иH}$, учитывающий инфляционную составляющую экономического развития, принимается на уровне накопленного к периоду исчисления размера вреда индекса-дефлятора по отношению к 2007 году, который определяется как произведение соответствующих индексов-дефляторов по годам по строке "инвестиций (капитальных вложений) за счет всех источников финансирования".

11.2. Коэффициент $K_{из}$, учитывающий интенсивность негативного воздействия вредных (загрязняющих) веществ на водный объект, устанавливается в зависимости от кратности превышения фактической концентрации вредного (загрязняющего) вещества при сбросе на выпуск сточных, дренажных (в том числе шахтных, рудничных) вод над его фоновой концентрацией в воде водного объекта. Указанный коэффициент принимается в размере:

- рассчитанной кратности превышения для вредных (загрязняющих) веществ I - II классов опасности;
- для вредных (загрязняющих) веществ III - IV классов опасности:
- равном 1 при превышениях до 10 раз;
- равном 2 при превышениях более 10 и до 50 раз;
- равном 5 при превышениях более 50 раз.

Приложение Д. Перечень методик, применяемых для расчета объемов загрязняющих веществ

Определение выбросов загрязняющих веществ от организованных и неорганизованных источников, работающих нерегулярно и кратковременно, имеющих высокую температуру газовоздушной смеси, а также при отсутствии практической возможности забора проб, выполнено расчетным методом на основании методик, входящих в «Перечень методик расчета выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух стационарными источниками» (распоряжение Минприроды России от 28.06.2021г. № 22-Р):

- ✓ Расчет выбросов загрязняющих веществ от **сварочных работ** производится согласно «Методике расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при сварочных работах (на основе удельных показателей)». – СПб, 2015г.;
- ✓ Расчет выбросов загрязняющих веществ от **дизель-генераторов, дизельных компрессорных станций** выполняется в соответствии с «Методикой расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных дизельных установок» [133, 134]. – СПб, 2001г.;
- ✓ расчет выбросов загрязняющих веществ **при сжигании топлива в котлоагрегатах котельной** произведен согласно указаниям «Методики определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 Гкал в час». – М., 1999г. с использованием автоматизированной программы «Котельные» версия 3.3 серии «Эколог» [133];
- ✓ Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от **резервуаров с дизельным топливом** произведен на основании «Методических указаний по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров» - 1998г., а также «Дополнения к «Методическим указаниям по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров» - СПб, 1999г.;
- ✓ Расчет выбросов загрязняющих веществ от **тепловоза** выполнен в соответствии с «Методикой проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в

атмосферу на предприятиях железнодорожного транспорта (расчетным методом)». – М., 1992г.;

- ✓ Расчет выбросов пыли от **открытых складов угля, кокса** определены согласно «Методическому пособию по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленности строительных материалов». - Новороссийск, 2001г.;
- ✓ Расчет выбросов загрязняющих веществ от **судовых энергоустановок** выполнен в соответствии с «Методикой расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных дизельных установок» СПб, 2001г [134];
- ✓ расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от **подвижных источников хозяйствующего субъекта** произведено согласно «Методике проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий (расчетным методом)». М., 1998г., Дополнения и изменения к «Методике проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий (расчетным методом)» [133, 134]. М., 1999г. Расчет выполнен с использованием автоматизированной программы расчета выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта «АТП-Эколог» (версия 3.0).