

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Системы управления производственной, промышленной и экологической
безопасностью

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

На тему: Экологический риск при функционировании полигонов твердых
коммунальных отходов

Обучающийся

А. А. Евстратов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

д.п.н., профессор, Л. И. Горина

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

к.э.н., доцент, Фрезе Т.Ю.

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2025

Содержание

Введение.....	4
Термины и определения	10
Перечень сокращений и обозначений.....	12
1 Изучение особенностей функционирования полигонов твердых коммунальных отходов.....	13
1.1 Современная ситуация при функционировании полигонов твердых коммунальных отходов.....	13
1.2 Анализ экологических рисков при функционировании полигонов твердых коммунальных отходов	21
2 Методы снижения экологических рисков при функционировании полигонов твердых коммунальных отходов	29
2.1 Реестр экологических рисков при функционировании полигонов твердых коммунальных отходов	29
2.2 Методы снижения экологических рисков при функционировании полигонов твердых коммунальных отходов	38
3 Опыт – экспериментальная апробация методов снижения экологических рисков при функционировании полигонов твердых коммунальных отходов....	67
3.1 Алгоритм внедрения методов снижения экологических рисков при функционировании полигонов твердых коммунальных отходов в рассматриваемой организации.....	67
3.2 Оценка эффективности внедрения методов снижения экологических рисков при функционировании полигонов твердых коммунальных отходов....	82
Заключение	91
Список используемых источников.....	95
Приложение А Смета затрат на внедрение программы мультимодального обучения.....	101

Приложение Б Сводная таблица результатов расчета социальной эффективности.....	102
Приложение В Среднегодовое количество отходов пластика, металла и бумаги, поступающих в общем объеме ТКО на полигон АО «Газпром газораспределение Брянск Восточный»	103

Введение

Современное положение дел в части обращения населения с твердыми коммунальными отходами является насущной проблемой современности как в том числе и в нашей стране.

По актуальным статистическим данным в нашей стране около 85 процентов всех образующихся твердых коммунальных отходов подвержены захораниванию на специальных территориях, которые называются полигонами. Доля же отходов, которые не подвергаются различным видам переработки достигает меньше девяти процентов.

По различным подсчетам в текущих условиях жизнедеятельности каждый житель нашей страны генерирует примерно четыреста килограмм отходов.

Существующая модель сбора, хранения и переработки различных видов твердых коммунальных отходов во многих аспектах уже устарела и не отвечает современным экологическим и общественным запросам.

Отходы, хранящиеся на таких полигонах, различные отравляющие вещества, которые попадая в биосферу приводят к нарушению естественных биологических процессов и отравлению живых организмов. Совместный сбор и хранение различных веществ и материалов, в которых могут присутствовать ядовитые и токсичные включения, приводят к кратному увеличению загрязненности окружающей среды, приводящей к крайнему негативному воздействию на биологические процессы, проходящие в природе.

Объект исследования: экологические риски при функционировании полигона твердых коммунальных отходов, используемого АО «Газпром распределение Брянск Восточный».

Предмет исследования: технологии, методы и управленческие решения, применяемые в АО «Газпром распределение Брянск Восточный»

для обеспечения снижения экологических рисков при функционировании полигона твердых коммунальных отходов, используемого предприятием.

Цель исследования: разработка специализированного образовательного инструментария для персонала полигонов ТКО, обеспечивающего фундаментальное повышение устойчивости полигона к различного рода инцидентам и аварийным ситуациям через целенаправленное формирование у персонала компетентности нового уровня, позволяющей превратить сотрудников в ключевой активный элемент защиты.

Гипотеза исследования заключается, что

– устойчивость полигона ТКО и снижение его негативного воздействия на окружающую среду могут быть повышены в значительной степени через целенаправленное формирование у персонала практических компетенций, алгоритмов действия и культуры безопасности с помощью специализированного образовательного инструментария (интерактивные модули, симуляторы, тренинги);

– компетентный персонал, оснащенный необходимыми знаниями и практическими алгоритмами (предвидение, предотвращение, минимизация), становится ключевым элементом в системе управления рисками полигона ТКО;

– организация регулярных обновлений знаний и навыков персонала через комплексную и непрерывную программу подготовки приведет к значительному улучшению эффективности системы управления рисками.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

– для повышения устойчивости полигона ТКО и снижения его негативного воздействия на окружающую среду обеспечить целенаправленное формирование у персонала практических компетенций, алгоритмов действия и культуры безопасности с помощью разработанного специализированного образовательного инструментария (интерактивные модули, симуляторы, тренинги);

– проанализировать становление компетентного персонала, оснащенного необходимыми знаниями и практическими алгоритмами (предвидение, предотвращение, минимизация), ключевым элементом в системе управления рисками полигона ТКО;

– проанализировать организацию регулярных обновлений знаний и навыков персонала через комплексную и непрерывную программу подготовки в области значительного улучшения эффективности системы управления рисками.

Теоретико-методологическую основу исследования составили: учебная, методическая и научная литература, тематические статьи научно-практических конференций, а также нормативно – правовые акты экологической направленности, принятые в Российской Федерации.

Базовыми для настоящего исследования явились локальные нормативно-правовые акты и отчеты экологической направленности, принятые и используемые в АО «Газпром распределение Брянск Восточный»

Методы исследования:

– метод экспертной оценки для организации проведения анализа рисков функционирования полигонов ТКО с количественной оценкой суждений и анализа их результатов;

– метод анализа для изучения технологий, средств, управленческих решений, обеспечивающих снижение экологических рисков при функционировании полигонов ТКО;

– экспериментальный метод, позволяющий оценить результаты опыта применения методов, технологий и управленческих решений АО«Газпром распределение Брянск Восточный», способствующих снижению негативного воздействия на окружающую среду полигона ТКО, расположенного в поселке Большое Полпино Брянского района.

Опытно-экспериментальная база исследования: АО«Газпром газораспределение Брянск Восточный» и полигон ТКО, расположенный в поселке Большое Полпино Брянского района.

Научная новизна исследования заключается не столько в отдельных элементах (обучение, анализ рисков, симуляторы существуют), сколько в комплексном, системном подходе к разработке специализированного, основанного на глубоком анализе рисков конкретного типа объектов (полигонов ТКО), образовательного инструментария, направленного на трансформацию роли персонала в системе обеспечения устойчивости объекта, и проверке этой гипотезы, возможно, на реальном объекте.

Теоретическая значимость исследования заключается в:

- освещение научной проблемы с целью изучения существующего негативного воздействия полигонов ТКО на биосферу;
- погружение в вопрос с целью раскрытия имеющегося в мировой практике опыта, обеспечивающего снижение негативного воздействия полигонов ТКО на экологическую безопасность окружающей среды;
- решение проблемы путем исследования применяемых технологий, методов и управленческих решений в целях повышения экологической безопасности полигона ТКО, применяемых в АО«Газпром газораспределение Брянск Восточный»;
- проведения изучения эффективности выбранных технологий, методов и управленческих решений, обеспечивающих снижение экологических рисков при эксплуатации полигона ТКО, применяемых в АО«Газпром газораспределение Брянск Восточный».

Практическая значимость исследования заключается в эффективности применяемых методов, технологий и управленческих решений которые используются в АО«Газпром газораспределение Брянск Восточный», обеспечившие снижение количества отправляемых отходов на полигонное хранение от предприятия более чем на 50 процентов, а также рост сознательности персонала предприятия в вопросах обращения с отходами на 62 процента.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечена внутренними мониторинговыми отчетами, полученными при проведении

контроля функционирования системы экологического менеджмента в АО«Газпром газораспределение Брянск Восточный».

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит:

– в проведении анализа научной литературы, статей, публикаций, нормативных и локальных документов в сфере экологических рисков при функционировании полигонов ТКО;

- в изучении и анализе опыта применения методов, технологий и управленческих решений, обеспечивших снижение негативного воздействия полигона ТКО, используемых в АО«Газпром газораспределение Брянск Восточный».

Апробация и внедрение результатов работы представлены в публикации «Проектирование системы обращения с отходами производства на примере газораспределительной организации» // Актуальные аспекты развития современной науки: сборник статей Международной научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и просвещение». – 2023. – 33 с.

На защиту выносятся:

1) Теоретическое обоснование концепции повышения устойчивости полигонов ТКО через развитие человеческого фактора. Доказано, что формирование проактивной компетентности персонала, оснащение его алгоритмами превентивных и корректирующих действий являются ключевыми факторами повышения имманентной устойчивости полигона к экологическим, техногенным и пожарным рискам, трансформируя персонал в активный элемент системы управления рисками.

2) Разработанный специализированный образовательный инструментарий для персонала полигонов ТКО. Представлен комплексный инструментарий, включающий:

– структурированные интерактивные учебные модули, основанные на анализе специфических рисков полигонов ТКО и нормативно-правовых требований;

– детализированные алгоритмы действий персонала для штатных и нештатных ситуаций (предвидение, предотвращение, реагирование, минимизация последствий);

– сценарии для отработки практических навыков (в том числе для симуляторов) и методики кейс-стадии;

– систему оценки, сформированной компетенций.

Научно обоснована структура, содержание и форматы компонентов инструментария, обеспечивающие целенаправленное формирование требуемого уровня компетентности.

3) Систематизация и оценка рисков и дефицитов компетентности как основа для проектирования обучения. Выявлены и систематизированы основные экологические, техногенные и пожарные риски, характерные для эксплуатации полигонов ТКО, определены типовые ошибки персонала, способствующие их реализации. Установлены ключевые дефициты в знаниях, навыках и поведенческих установках персонала, послужившие основой для разработки целевого содержания образовательного инструментария.

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, 3 глав (разделов), заключения, содержит 9 рисунков, 4 таблиц, 3 приложений, список использованной литературы (43 источников). Основной текст работы изложен на 95 страницах.

Термины и определения

Аэротенк – прямоугольный либо круглый резервуар, предназначенная для очищения хозяйственно-бытовых, промышленных сточных вод.

Газификация – преобразование органической части твёрдого или жидкого топлива в горючие газы при высокотемпературном нагреве с окислителем (кислород, воздух, водяной пар, CO_2 или, чаще, их смесь).

Геологическая опасность – неблагоприятные геологические условия, способные привести к широкомасштабному ущербу или гибели имущества и людей.

Горение – сложный физико-химический процесс превращения исходных веществ в продукты сгорания в ходе экзотермических реакций, сопровождающийся интенсивным выделением тепла и света.

Инснериция – термический метод обезвреживания различных отходов с использованием большой печи для сжигания мусора.

Конвекция – вид теплообмена (теплопередачи), при котором внутренняя энергия передаётся струями и потоками самого вещества.

Метантенк — железобетонный реактор, или биореактор, который используется для анаэробного брожения микроорганизмов с целью получения метана.

Пиролиз – это разложение органических природных соединений при недостатке кислорода (древесины, нефтепродуктов и прочего).

Полигоны твердых коммунальных отходов (полигоны ТКО) – это объекты, предназначенные для захоронения отходов потребления, а также отходов производства неопасных, четвертого и третьего классов опасности.

Раздельный сбор мусора – практика сбора и сортировки твердых бытовых отходов для переработки или вторичного использования.

Рециклинг (вторичная переработка) – использование или возвращение в производственный оборот отходов производства, отработанных изделий, мусора.

Рекультивация – комплекс мер по экологическому и экономическому восстановлению земель и водных ресурсов, плодородие которых в результате производственной деятельности человека резко снизилось.

Свалочный биогаз – газ, содержащий в себе около 60 % метана и 40 % остальных примесей, главным образом, углекислого газа, выделяющийся при разложении биологических отходов на полигонах ТКО.

Свалочный фильтрат–минерализованный раствор, который, проходя через толщу отходов, обогащается ядовитыми веществами, входящими в состав отходов или являющимися продуктами их разложения.

Твердые коммунальные отходы (ТКО) – вещества или предметы, которые образованы в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления, которые перерабатываются, утилизируются или захораниваются.

Геологический грунт – естественные грунты и почвы, которые подверглись изменению и перемещению в результате производственной и хозяйственной деятельности человека.

Экологический менеджмент – особая система управления различными производственными процессами, целью которой является сбережение биосферы, а также выполнение нормативных социальных, экологических и экономических параметров.

Перечень сокращений и обозначений

В данной работе применяются следующие обозначения и сокращения:

АО – акционерное общество;

БПК – биологические потребители кислорода;

ВВП – валовый внутренний продукт;

ВМР – вторичные методы разработки;

ГОСТ – государственный стандарт;

ГЭС – гидроэлектростанция;

ДВП – древесноволокнистая плита;

ДСП – древесно – стружечная плита;

ОПП – отходы производства и потребления;

ПАВ – поверхностно-активное вещество;

ПЭТ – полиэтилентерефталат (термопластик);

СанПин– Санитарные (санитарно-эпидемиологические) правила (СП), нормы (СН), правила и нормы;

СБ – свалочный биогаз;

СИЗ – средства индивидуальной защиты;

СЭМ – система экологического менеджмента;

ТКО – твердые коммунальные отходы;

ТМ – тяжелые металлы;

УФ – ультрафиолетовое облучение;

ХПК – химические потребители кислорода.

1 Изучение особенностей функционирования полигонов твердых коммунальных отходов

1.1 Современная ситуация при функционировании полигонов твердых коммунальных отходов

Современное положение дел в части обращения населения с твердыми коммунальными отходами является насущной проблемой современности как в том числе и в нашей стране.

По актуальным статистическим данным в нашей стране около 85 процентов всех образующихся твердых коммунальных отходов подвержены захораниванию на специальных территориях, которые называются полигонами. Доля же отходов, которые не подвергаются различным видам переработки достигает меньше девяти процентов.

По различным подсчетам в текущих условиях жизнедеятельности каждый житель нашей страны генерирует примерно четыреста килограмм отходов.

Существующая модель сбора, хранения и переработки различных видов твердых коммунальных отходов во многих аспектах уже устарела и не отвечает современным экологическим и общественным запросам. Отходы, хранящиеся на таких полигонах, различные отравляющие вещества, которые попадая в биосферу приводят к нарушению естественных биологических процессов и отравлению живых организмов. Совместный сбор и хранение различных веществ и материалов, в которых могут присутствовать ядовитые и токсичные включения, приводят к кратному увеличению загрязненности окружающей среды, приводящей к крайнему негативному воздействию на биологические процессы, проходящие в природе. Кроме того, в районах, прилегающих к полигонам твердых коммунальных отходов, возможны случаи увеличения различных видов заболеваемости населения [1], [5], [8], [9].

При выполнении данного исследования был проведен обширный анализ научных публикаций, нормативных и законодательных документов, касающихся проектирования системы обращения с отходами производства на примере газораспределительной организации.

Для начала, был проанализирован ряд научных публикаций, включая периодические издания, материалы сборников научных конференций и другие источники. Мы ориентировались на тематику, которая охватывает проектирование системы обращения с отходами производства на примере газораспределительной организации. В результате проведенного анализа было выявлено более десяти источников, содержащих полезную информацию по данной теме.

Одновременно обращено внимание на учебную литературу, включая учебники, учебные пособия и методические указания. Эти источники предоставили нам дополнительные материалы и руководства, необходимые для более глубокого понимания проектирования системы обращения с отходами производства в газораспределительной организации.

Объединение научных публикаций и учебной литературы дало нам возможность провести более всесторонний анализ и формирование надежных выводов по теме диссертации. Полученные результаты обеспечили нам качественную основу для дальнейшей разработки и предложения эффективной системы обращения с отходами производства на примере газораспределительной организации.

Можно заключить, что различные методы могут быть применены для эффективной, экологически безопасной и экономически целесообразной очистке отходов газового конденсата. Комплекс методов, приведенных на рисунке 1 являются достаточно перспективным и эффективным.

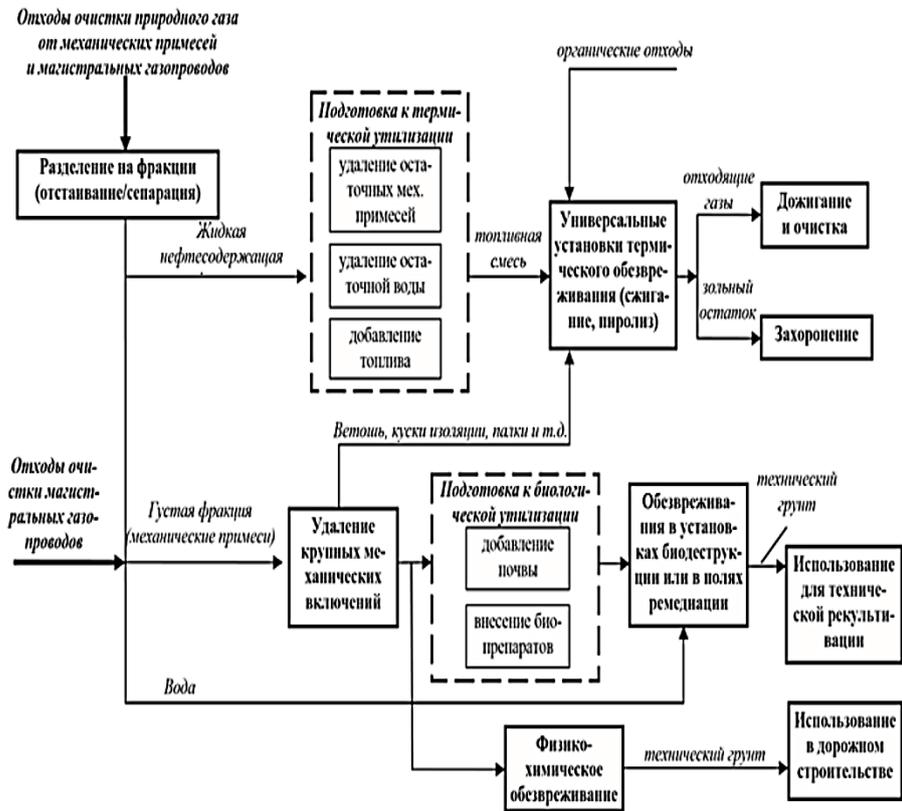


Рисунок 1 –Комплекс методов обращения утилизации отходов газового конденсата

Предварительная подготовка в процессе выполнения мероприятий по обработке и обеззараживанию отходов газового конденсата состоит из следующих операций

- дробление отходов на основные компоненты;
- подготовку нефтесодержащей части к дальнейшей утилизации;
- подготовку «густой» фракции отходов для обезвреживания;
- использование/утилизация воды, отделенной из отходов газового конденсата.

С помощью механических способов очистки жидких фракций отходов получается произвести их разделение и выделить из них нефтяную составляющую, которая в некоторых случаях применяется как вид топлива, а

также в качестве присадки, необходимой для корректирования физико – химических свойств различных видов топлива.

Технология пиролиза позволяет производить утилизацию иных отходов, сопутствующих производственной деятельности предприятия, в том числе такие виды загрязнений как нефтяные, масляные, механические примеси. Кроме того, учитываются технологические отходы, генерируемые при выполнении различных видов обслуживания и ремонта технологического оборудования.

Разнообразие методов, технологий и способов, применяемых на предприятии, обеспечивают получение как экологического позитивного эффекта, так и некоторой экономической выгоды, которые будут рассмотрены в следующих разделах настоящей работы.

В данном исследовании рассматривается проектирование системы обращения с отходами производства на примере газораспределительной организации. Для более точного определения ответственностей и обязанностей, связанных с использованием объекта и предмета исследования, проведем анализ нескольких законодательных документов.

– Федеральный закон от 24 июня 1998 года № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» – законодательный правовой акт, в котором производится регулирования системы обращение с отходами и устанавливает обязательные требования к организациям, включая газораспределительные организации, в части управления отходами производства;

– Постановление Правительства Российской Федерации от 16 апреля 2010 года № 279 «Об утверждении Правил обращения с отходами, образующимися при осуществлении хозяйственной и иной деятельности» – данное постановление предусматривает обязанности организаций по сортировке, переработке и учету отходов;

– Федеральный закон от 20 августа 2004 года № 122-ФЗ «О переработке отходов производства и потребления» регламентирует показатели и требования к переработке отходов производства и потребления;

– Постановление Правительства Российской Федерации от 03 февраля 2016 года № 72 «Об утверждении требований к организации и содержанию мусоросборников (контейнерных площадок) и пунктов приема вторичного сырья;

– Федеральный закон от 10 января 2002 года № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» устанавливает принципы и требования к охране окружающей среды, а также обязанности субъектов хозяйствования по предотвращению и устранению вредного воздействия на окружающую среду, включая обработку отходов производства;

Анализ указанных законодательных документов позволяет определить основные требования, ответственности и обязанности, связанные с использованием объекта и предмета исследования магистерской диссертации.

Изучение нормативной и правовой документации, характеризующих те или иные особенности, касающиеся объекта и предмета исследований магистерской диссертации, является неотъемлемой частью процесса разработки проекта системы обращения с отходами производства на примере газораспределительной организации. Приведение не менее десяти нормативных документов в данном отчете позволит подтвердить актуальность выбранной темы и обосновать практическую значимость предлагаемых рекомендаций.

В рамках проведенного анализа были рассмотрены следующие нормативные документы:

– Федеральный закон от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления». Данный закон является основополагающим нормативным актом, регулирующим сферу обращения с отходами различных видов;

– Национальный стандарт ГОСТ Р 51858-2002 «Система обращения с отходами. Термины и определения». Стандарт предоставляет единые

термины и определения, используемые в области обращения с отходами производства;

– Постановление Правительства РФ от 17.01.2012 г. № 15 «Об утверждении Правил обращения с отходами производства, утратившими свои потребительские свойства, на территории Российской Федерации». Документ устанавливает порядок обращения с отходами, утратившими свои потребительские свойства, на всей территории России;

– ГОСТ Р 51856-2002 «Система обращения с отходами. Определение случаев утраты потребительских свойств отходов производства и (или) потребления». Стандарт содержит правила и методы для определения случаев утраты потребительских свойств отходов;

– Указ Президента РФ от 07.12.2004 г. № 1509 «О мерах по совершенствованию государственного управления в области обращения с отходами производства и потребления». Данный указ определяет основные направления развития государственного регулирования в сфере обращения с отходами;

– Международные нормативные документы, учитываемые при разработке и реализации системы обращения с отходами производства.

Анализ указанных нормативных документов является основой для разработки эффективной и устойчивой системы обращения с отходами производства на примере газораспределительной организации. Он позволяет оценить правовое поле и существующие ограничения, а также определить оптимальные методы, процедуры и технологии для решения задач, связанных с обработкой и утилизацией отходов.

В рамках проведения магистерской диссертации, которая посвящена проектированию системы обращения с отходами производства в газораспределительной организации, было выполнено обширное исследование патентов на изобретения или полезные модели объектов, сходных с исследуемым объектом. В процессе этого анализа было выделено

не менее пяти патентов, идентичных по своей сущности и предмету изучаемой системы.

Основным заданием данного исследования было выявить недостатки и слабые стороны указанных объектов-аналогов, а также предложить эффективные и применимые способы их устранения. Для достижения этой цели был проделан внимательный анализ каждого объекта-аналога в контексте его функциональности, производительности и безопасности.

Первый выбранный патент отличался недостаточной эффективностью в обработке и переработке отходов производства. Для решения данной проблемы предлагается внедрить инновационные технологии и методы, обеспечивающие более эффективное и экологически безопасное использование отходов, а также их вторичную переработку с целью получения ресурсов и энергии [21].

Второй патент страдает от недостаточно эргономичной системы управления процессом обращения с отходами. Предлагается использовать современные информационные технологии и системы автоматизации с целью упрощения операций и повышения удобства использования данного объекта [22].

Третий патент – имеет недостаточную экономическую эффективность. С целью решения этой проблемы, предлагается улучшить энергетическую эффективность системы обращения с отходами, внедрить инновационные методы и технологии для снижения затрат, а также оптимизировать процесс переработки отходов [23].

В общем, на основании проведенных патентных исследований были выявлены недостатки в патентах на объекты-аналоги системы обращения с отходами производства, и предложены конкретные методы и способы их устранения. Такие разработки и усовершенствования позволят повысить эффективность, экономичность и безопасность системы обращения с отходами, что является важным шагом в направлении устойчивого развития и сохранения окружающей среды.

Объект и предмет исследования магистерской диссертации – проектирование системы обращения с отходами производства на примере газораспределительной организации. Настоящий обзор имеет целью обобщить информацию и определить степень изученности данного объекта и предмета исследования на основе следующих критериев.

Первым критерием, по которому можно определить степень изученности данного объекта, является количество научных публикаций, опубликованных за последние три года. Анализ доступной литературы показывает, что в данной области была проведена ряд исследований, что подтверждается наличием значительного количества научных публикаций. Однако, важно учитывать, что ввиду постоянного развития отрасли, основанных на новых знаниях и технологиях, необходимо регулярно обновлять и расширять базу существующих работ.

Второй критерий – изменения в законодательных документах за последние три года – также важен для определения степени изученности данного объекта. Законодательное регулирование в области обращения с отходами производства является неотъемлемой частью развития данной отрасли. Данное исследование будет рассматривать как национальные, так и международные законодательные акты, чтобы учесть широкий контекст, в котором функционирует газораспределительная организация.

Третий критерий – изменения в нормативных документах за последние три года. Отраслевые стандарты и нормативные требования играют важную роль в определении эффективности системы обращения с отходами производства. Анализ данных изменений поможет в определении актуальности и актуальности исследования, а также учесть возможные препятствия, которые могут возникнуть при реализации предлагаемой системы.

Количество патентов, выданных за последние три года, также является важным критерием для оценки степени изученности данного объекта. Наличие патентов свидетельствует о наличии разработок и инновационных

решений в данном направлении. Однако, следует учитывать, что количество патентов может быть не единственным показателем, и кроме официальных документов могут существовать иные формы инноваций и научных разработок.

В свете приведенных выше критериев, можно заключить, что объект и предмет исследования магистерской диссертации – проектирование системы обращения с отходами производства на примере газораспределительной организации – является достаточно изученным. Доступные научные публикации, изменения в законодательных и нормативных документах, а также наличие патентов свидетельствуют о наличии развития в данной сфере. Однако, с учетом быстрого развития технологий и постоянного обновления нормативно-правовой базы, существует потребность в дальнейшем исследовании и разработке данной проблематики для достижения более высокого уровня эффективности и устойчивости системы обращения с отходами производства.

1.2 Анализ рисков при функционировании полигонов твердых коммунальных отходов

Каждый год на планете в ходе хозяйственно бытовой деятельности население генерируется около двух миллиардов тонн твердых коммунальных отходов различного вида и состава.

В российской Федерации населением генерируется около семидесяти миллионов тонн различных твердых коммунальных отходов, что составляет в мировом масштабе около трех процентов.

Самый распространенный метод утилизации твердых коммунальных отходов на сегодняшний день представляет собой складирование и захоронение их на специально выделенных земельных площадях, которые называются полигонами. А метод называется полигонным хранением твердых коммунальных отходов. Этот метод широко применяется из-за того, что имеет множество преимуществ для субъектов хозяйствования. К

преимуществам такого метода можно отнести его технологическую простоту, относительную дешевизну как при постройке, так и при эксплуатации. Однако имеется достаточное количество недостатков данного метода, самым главным, из которых является пагубность воздействия отходов, хранящихся на полигонах, на окружающую среду. Отходы, содержащиеся на полигонах, содержат в своем составе не малое количество токсических или ядовитых веществ и материалов, которые, в свою очередь, генерируют различные виды жидких и газообразных соединений, оказывающие разнообразное негативное воздействие на состав почв, состояние воздуха, воды, растительного и животного мира.

Одним из видов сложного газообразного соединения, которое оказывает достаточно немалое негативное влияние на окружающую среду, является свалочный газ. В его состав входит метан, углекислый газ, сероводород и еще множество различных небезопасных соединений. Углекислый газ является парниковым газом, который в планетарных масштабах оказывает негативное влияние на состояние климатических характеристик региона. Метан, являющийся продуктом распада органических веществ, горюч и взрывоопасен. Его неконтролируемое накопление в различных сегментах полигона может привести к взрывам или неконтролируемым возгораниям, которые приводят к лавинообразному поступлению в воздух токсических и ядовитых продуктов сгорания полигонных отходов [26].

Негативное воздействие отходов, находящихся на полигонах на водные источники заключается в проникновении через почву и грунт жидких продуктов их распада, так называемого фильтрата. Вместе с фильтратом в поверхностные и грунтовые воды происходит поступление различных соединений тяжёлых металлов, солей, щелочей [12]. Состав и объём фильтрата на полигонах постоянно разнятся. Из-за этого выбор и применение какого-либо одного универсального метода по очистке сточных вод является невозможным. Требуется разработка и применение комплекса методов и

технологий очистки, которые позволяют производить удаление и обеззараживание широкого спектра отходов и мусора.

Неразвитость сферы и практической реализации технологий по применению системы раздельного сбора и переработки мусора, в котором могут содержаться различные токсичные и ядовитые вещества и компоненты (например, использованные батарейки, люминесцентные лампы, ртутно содержащие приборы), оказывает дополнительное воздействие и влияние на жизнедеятельность различных биологических систем, а также приводит к увеличению заболеваемости населения.

Все эти факты вызывают необходимость кардинальным образом изменить подход в вопросах обращения с ТКО. В настоящее время в мировой практике развивается два направления в борьбе негативным влиянием на окружающую среду отходов, хранящихся на полигонах ТКО. Первое направление заключается в кратном уменьшении объемов твердых коммунальных отходов, которые отвозятся на полигонное захоронивание. Второе направление заключается в разработке и введении в эксплуатацию различных технологических приемов, которые обеспечат изоляцию от биосферы самого мусора, а также продуктов его распада. К таким приемам относятся в частности:

- устройство различных защитных экранов,
- применение методов очистки свалочной жидкости,
- добыча свалочного газа,
- разработки и внедрение различных технических систем контроля, мониторинга за состоянием ТКО,
- разработка и внедрение различных систем раннего предупреждения о возникновении неблагоприятной (аварийной) ситуации на полигоне ТКО;
- разработка специализированного образовательного инструментария для персонала полигонов ТКО, позволяющей превратить сотрудников в ключевой активный элемент в обеспечении снижения рисков при функционировании полигона ТКО.

Для реализации направления по снижению количества ТКО, поступающих на полигонное хранение и утилизацию, во многих странах создаются и развиваются технологии рециклинга. Первым звеном рециклинга является сортировка и отдельный сбор различных отходов на стадии их производства. Однако развитие методов отдельного сбора отходов и технологий рециклинга невозможны без принятия необходимых управленческих решений на законодательном уровне стран [13], [14], [18], [24].

Изучение мирового опыта показывает, что практика по отдельному сбору различных видов твердых коммунальных отходов дает достаточно неплохой положительный эффект. Термин «рециклинг» в широком смысле слова подразумевает различные виды организационных, технических и юридических механизмов, которые обеспечивают возвращение твердых коммунальных отходов, генерируемых населением, в различные хозяйственно экономические процессы.

В России, в свою очередь, львиная доля твердых коммунальных отходов продолжает направляться на полигонное хранение. Количество таких отходов достигает 85 процентов. И лишь только десятая часть генерируемых твердых коммунальных отходов направляется на разные виды вторичной переработки. На территории Российской Федерации по различным оценкам находится около 120 официальных мусорных полигонов и различного рода свалок. Кроме того, существует немалое количество стихийных свалок в разных регионах страны. По подсчетам экспертов в среднем каждый житель нашей страны производит ежегодно до 400 килограмм различного мусора. В общем по стране количество произведенных твердых коммунальных отходов ежегодно увеличивается на 60 миллионов тонн.

Теоретическое обоснование концепции повышения устойчивости полигонов ТКО непосредственно связано с ролью человеческого фактора в обеспечении безопасности и эффективности функционирования сложных

технических и экологических систем. Доказано, что формирование проактивной компетентности персонала, оснащение его алгоритмами превентивных и корректирующих действий являются ключевыми факторами повышения имманентной устойчивости полигона к экологическим, техногенным и пожарным рискам, трансформируя персонал в активный элемент системы управления рисками.

В контексте данной концепции важно рассмотреть сущность человеческого фактора. Как отмечается в научной литературе, до сих пор не сформировалось единого, четкого определения социально-экономической категории человеческого фактора. Тем не менее, большинство ученых сходятся во мнении, что современный совокупный человеческий фактор на информационном этапе развития представляет собой высокообразованную, хорошо подготовленную профессионально, нравственную и духовно богатую личность. Такое определение подчеркивает не только профессиональные навыки, но и личностные качества, критически важные для принятия ответственных решений в условиях потенциальных рисков.

Развитие человеческого фактора становится главным условием прогресса в современных условиях, что дает основание говорить о возможной замене традиционной трудовой деятельности новым типом трудовой активности, которая отличается значительными элементами творчества. Это особенно актуально для персонала полигонов ТКО, работа которого связана не только с выполнением рутинных операций, но и с необходимостью гибкого реагирования на изменяющиеся условия, принятия нестандартных решений для предотвращения инцидентов и оптимизации процессов. Проактивная компетентность персонала, упомянутая выше, по сути, является проявлением именно такой трудовой активности с элементами творчества [25], [32].

Возросшая роль человеческого фактора закономерно вызывает необходимость определить его цену, объем, подсчитать эффективность от инвестиций в его формирование. Инвестирование в формирование

человеческого фактора для воспроизводства основывается на принципах рационального экономического поведения, применимых к любым видам инвестиций. Это означает, что затраты на развитие персонала, в том числе на его обучение, должны рассматриваться как инвестиции, приносящие будущие выгоды [25], [32].

Однако, что касается методов расчета эффективности от инвестиций непосредственно в образование человека, то имеется ряд обстоятельств, затрудняющих такой расчет вследствие того, что формирование человеческого фактора представляет собой противоречивый процесс. Это связано, в частности, с необходимостью выбора между формами человеческой деятельности с целью получения немедленного дополнительного дохода (например, максимальная интенсификация труда без упора на развитие) и стремлением к получению высокого уровня образования и компетентности, которое обеспечивает повышенный доход и устойчивость в будущем (через предотвращение потерь, повышение эффективности, снижение рисков). В последнем случае поступками людей руководят сознательный и обоснованный расчет, а не кратковременная выгода. Учеными, такими как Г. Беккер, Б. Вейсброд, Т. Шульц, были разработаны методы подсчета эффективности инвестиций в человека, в основу оценки которых положен метод И. Фишера. Тем не менее, следует отметить, что точно подсчитать приобретенный опыт и профессиональную активность личности, являющиеся ключевыми составляющими проактивной компетентности, не представляется возможным с абсолютной точностью. В этом заключается специфическая особенность человеческого фактора как объекта инвестирования и фактора воспроизводства [25], [32].

Особенности объекта инвестирования (человека) связаны также с экономическими интересами субъектов, которые осуществляют инвестирование (предприятия, государства, самого работника). Однако опыт экономически развитых стран, где отмечается достаточно высокий уровень общественных затрат на образование, свидетельствует об эффективности

таких инвестиций. Высокий уровень образования и профессиональной подготовки содействует возрастанию конкурентоспособности трудовых ресурсов и приводит к преобладанию интеллектуального труда, составляющего значительную долю в структуре занятости в этих странах. В таких условиях формируется развитая личность, которая способна решать сложные инновационные задачи в воспроизводственном процессе, что полностью соответствует требованиям к персоналу, управляющему экологическими рисками на современных полигонах ТКО.

Проблемы развития творческого потенциала человека, необходимого для современного воспроизводства и экономического развития, успешно решаются в ряде стран, например, в Японии, где разрабатывают и реализуют национальные программы, предусматривающие постоянное поощрение творчества работников, развитие их способностей, экономического мышления путем установления повышенной оплаты за более квалифицированный, творческий труд и ответственную работу. Это подтверждает прямую зависимость размера заработной платы работника от его образования и квалификации, прослеживаемую в экономиках всех развитых стран. Многие ученые при расчете эффективности образования предлагают учитывать не только формальные показатели, но и влияние на заработную плату таких факторов, как семейная среда, социальный статус, способности обучаемых, что еще раз подчеркивает комплексность оценки эффективности инвестиций в человеческий фактор [25], [32].

Таким образом, теоретические положения о сущности и возрастающей роли человеческого фактора, его значении как основного условия прогресса и способности к творческой активности полностью подтверждают концепцию повышения устойчивости полигонов ТКО через развитие персонала. Несмотря на методологические сложности точного количественного измерения эффективности инвестиций в человеческий фактор, общий экономический принцип рационального инвестирования и опыт развитых экономик свидетельствуют о целесообразности таких вложений.

Формирование высококвалифицированного, проактивного персонала, способного к превентивным и корректирующим действиям в условиях экологических, техногенных и пожарных рисков, является не просто желательным, а критически необходимым условием для обеспечения долгосрочной и устойчивой работы полигонов ТКО в современных условиях [25], [32].

Вывод по разделу 1. В России проблема хранения и утилизации ТКО является не решенной, так как существующая технология обработки отходов является не совершенной. Для решения проблемы связанной с утилизации и переработки ТКО, необходимо разработать и внедрить на государственном уровне юридические механизмы, обеспечивающие развитие инновационной деятельности и различных инициатив в вопросах утилизации мусора.

В процессе анализа существующих теоретических источников было обнаружено значительное количество научных публикаций, материалов сборников научных конференций, учебных пособий, методических указаний и прочих источников, затрагивающих тематику магистерской диссертации. Всего было проанализировано не менее десяти таких источников. Это свидетельствует о широком интересе исследователей и специалистов к данной проблематике. Также проведен анализ законодательных документов, исследующих вопросы ответственностей и обязанностей, связанных с использованием объекта и предмета исследования магистерской диссертации. В отчете представлены не менее пяти таких законодательных документов, которые регулируют правовые аспекты данной сферы. В целом, проведенный анализ и исследование позволяет подчеркнуть актуальность выбранной темы и глубину ее исследования в рамках магистерской диссертации.

2 Методы снижения экологических рисков при функционировании полигонов твердых коммунальных отходов

2.1 Реестр экологических рисков при функционировании полигонов твердых коммунальных отходов

Опытно-экспериментальной базой исследования является АО «Газпром газораспределение Брянск Восточный».

Организационная структура предприятия выглядит следующим образом. Руководит предприятием генеральный директор, который осуществляет общее стратегическое руководство развитием предприятия, а также координирует работу подчиненных отделов и служб. Напрямую директору подчинены кадрово-юридическая служба, производственный, экономический отделы, бухгалтерия, отдел снабжения. Первым заместителем директора является главный инженер предприятия. Он по сути является техническим руководителем, которому подчинены основные производственные цеха и службы, которые занимаются вопросами газораспределения и передачи. Кроме того, главному инженеру подчиняется служба промышленной, экологической безопасности и охраны труда предприятия

Таблица 1 – Численность работников АО «Газпром газораспределение Брянск Восточный»

Категория работников	Численность, чел.
Руководители	5
Специалисты	50
Служащие	47
Рабочие персонал:	
основной	100
вспомогательный	27
Общая численность персонала	229

Полигоны твердых коммунальных отходов (ТКО) являются неотъемлемой частью инфраструктуры современных городов и представляют

собой специально оборудованные территории для сбора, временного хранения и обработки мусора. Однако, несмотря на необходимость таких объектов, их работа может оказывать серьезное воздействие на окружающую среду.

Полигон ТКО восточнее города Брянск является одним из объектов, оказывающий существенное влияние на производственную деятельность АО «Газпром газораспределения Брянск Восточный». Полигон имеет несколько компонентов, включая площадку для сбора и переработки ТКО, склады для временного хранения отходов, а также систему линейного отвода сточных вод.

Одной из основных характеристик полигонов ТКО является их грузоподъемность. В случае Брянского Восточного полигона, его грузоподъемность оценивается в несколько тысяч тонн мусора в день. Общая грузоподъемность полигона составляет 220 тысяч тонн отходов. Это позволяет обеспечить сбор и переработку значительного объема твердых коммунальных отходов как от АО «Газпром газораспределения Брянск Восточный», так и от города Брянск [1],[10].

Другой важной характеристикой полигонов ТКО является система обработки и утилизации отходов. В случае Брянского полигона, применяются современные технологии по обработке ТКО, включая сортировку, компостирование и переработку некоторых видов отходов. Такая система обработки позволяет снизить воздействие мусора на окружающую среду и получить ценные материалы из переработанных отходов [3], [4].

Полигоны ТКО (твердых коммунальных отходов) являются основным местом вывоза и утилизации отходов, накапливающихся в течение эксплуатации предприятий и населения. Однако, они также являются потенциальным источником загрязнения окружающей среды [5], [6].

Одной из основных проблем, связанных с полигонами ТКО, является неконтролируемое образование и разложение отходов. Если отходы не утилизируются правильно или не отслеживаются их состояние, то они могут

стать источником почвенного и воздушного загрязнения. Для решения этой проблемы необходимо осуществлять регулярный мониторинг состояния полигонов ТКО, а также принимать меры по ограничению проникновения вредных веществ в почву и воздух [3], [7].

Еще одной проблемой, связанной с полигонами ТКО, является образование площадей с повышенной опасностью. Нерациональное расположение или плохая организация самого полигона часто приводит к возможности аварийной ситуации. Для решения этой проблемы необходимо проводить инженерные изыскания при выборе места для полигона, выявлять и устранять возможные риски, а также строго контролировать выполнение всех требований по безопасности при его эксплуатации [8], [10].

Третьей проблемой, связанной с полигонами ТКО, является негативное воздействие на биологическое многообразие окружающего природного комплекса. Существующие полигоны ТКО могут привести к разрушению природных ареалов, изменению экологических связей, а также гибели редких видов животных и растений.

Одним из возможных решений проблем, связанных с полигонами ТКО, является переход к более современным и экологически безопасным технологиям утилизации отходов. [10]. Кроме того, важно проводить образовательную работу и привлекать граждан к ответственному отношению к ТКО. Культура потребления и воспитание экологического сознания помогут уменьшить объемы образующихся отходов и необходимость в полигонах ТКО.

Для минимизации экологических последствий работы полигонов ТКО необходимо принимать соответствующие меры. Важной задачей является организация адекватной системы управления отходами, включая их отдельный сбор, регулярную очистку полигона и реализацию мер по предотвращению проникновения вредных веществ в почву и воду. Также следует рассмотреть внедрение новых технологий для обработки отходов,

таких как переработка и использование вторичных ресурсов, чтобы максимально снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Одной из важнейших задач современного общества является обеспечение экологической безопасности и сохранение окружающей среды. Одной из основных проблем, которую необходимо решить, является правильная утилизация и обработка твердых коммунальных отходов.

АО «Газпром газораспределение Брянск Восточный», среди других энергетических компаний, активно занимается решением данной проблемы. В рамках своей деятельности, компания разрабатывает и совершенствует полигоны для утилизации и обработки ТКО. Важной особенностью полигона ТКО АО «Газпром газораспределения Брянск Восточный» является его экологическая безопасность. Полигон оснащен системой очистки и переработки выбросов, что позволяет значительно снизить воздействие на окружающую среду. Кроме того, полигон регулярно проходит экологическую экспертизу и получает необходимые разрешительные документы, что подтверждает его соответствие международным и национальным стандартам.

Однако, несмотря на все преимущества, существующий полигон ТКО АО «Газпром газораспределения Брянск Восточный» все еще нуждается в совершенствовании и развитии. В первую очередь, необходимо продолжать исследования, обеспечивающих разработку и внедрение технологий, методов и средств в области эффективного использования ТКО, а также повышение степени переработки и вторичного использования материалов. Вторым направлением развития полигона является разработка и внедрение образовательного инструментария для персонала полигона, способного обеспечить фундаментальное повышение устойчивости полигона к различного рода инцидентам и аварийным ситуациям через целенаправленное формирование высокоуровневой компетентности персонала, превращающей сотрудников в ключевой активный элемент защиты окружающей среды от пагубного воздействия полигона ТКО [9],

[29]. Только таким образом можно обеспечить рациональное использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды.

В рамках поиска решений по повышению экологической безопасности полигона ТКО города Брянск была проведена оценка масштабов задымления в случае возникновения возгораний мусора на полигоне. Оценка негативного воздействия на окружающую среду и здоровье населения проводилась на основе расчетов и моделирования процессов рассеивания загрязняющих веществ, с учетом объема сгоревшего мусора, ширины фронта горения и скорости движения воздушных масс.

Исследование обсуждает результаты, связанные с возникновением пожаров из-за выделения биогаза с высоким содержанием метана в окружающую среду. Высокая температура летом, неосторожное обращение с огнем и умышленные поджоги усугубляют ситуацию.

В процессе функционирования полигонов ТКО происходит активное выделение газообразных загрязняющих веществ. Пожары на полигонах ТКО приводят к значительному усложнению состава газовых выбросов. Согласно анализа опытных и справочных данных, количество загрязнителей выбрасываемых при горении отходов, вдвое превышает количество выбросов выделяемого свалочного газа.

Показатели здоровья персонала и жителей окрестных районов могут быть подвергнуты опасности из-за токсичных химических веществ, образующихся в результате сгорания отходов.

На исследуемом полигоне ТКО была создана карта рассеивания токсичных веществ в результате выброса во время пожара (рисунки 2, 3).



Рисунок 2– Зона задымления при пожаре на полигоне ТКО

Как видно из представленной карты в случае возникновения пожаров на полигоне продукты горения мусора распространяются гораздо дальше санитарно-защитной зоны вокруг полигона. А значит негативному влиянию этих продуктов сгорания подвержена достаточно высокая часть населения и животного мира. Вдыхание продуктов горения может приводить как к общей интоксикации организма, так и вызывать серьезные расстройства и отравления. Из этого вытекает вывод: горение на полигоне в одном регионе может существенно ухудшить экологию в другом. Поэтому и требуется разработка и развитие различных методов и технологий, которые, в первую очередь, обеспечат количественное снижение объемов поступления на полигоны нового мусора. Ведь чем меньше мусора, тем меньше выделяется продуктов горения в случае возникновения возгорания отходов на полигоне.

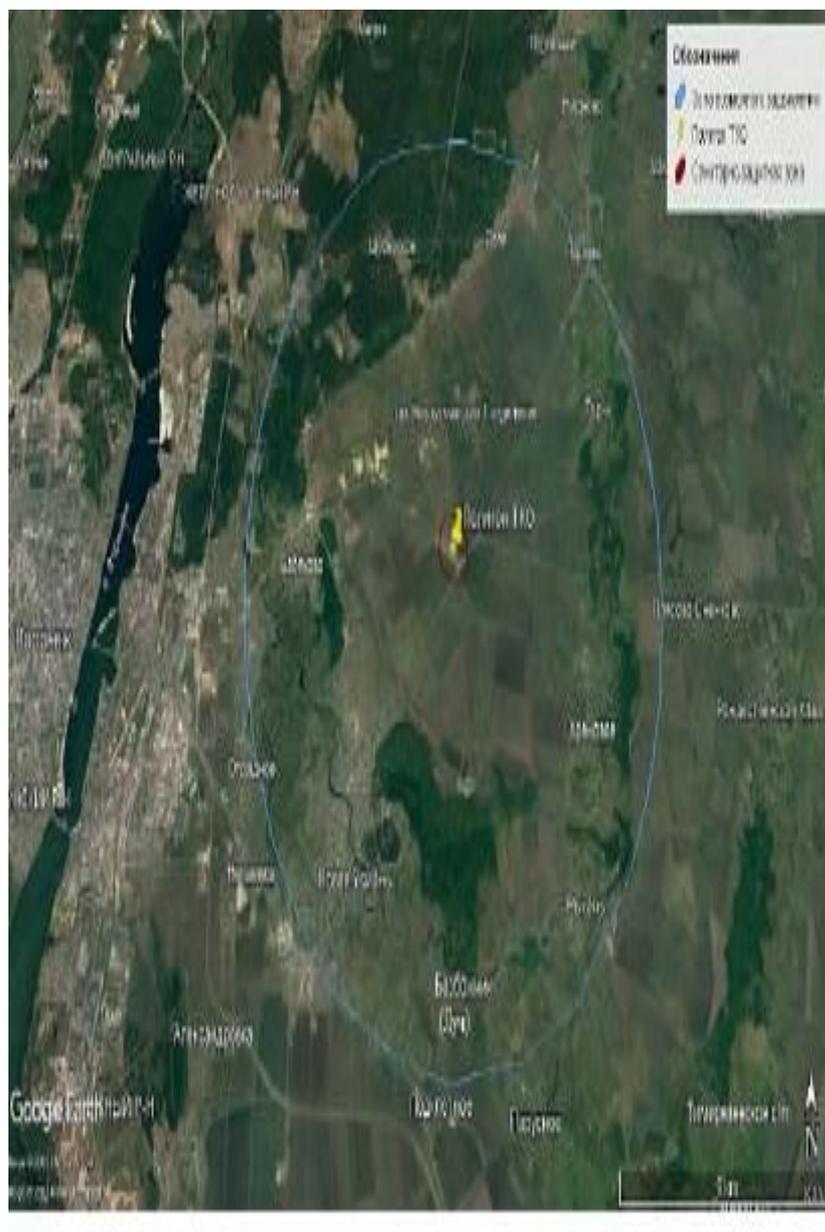


Рисунок 3— Зона возможного распространения загрязняющих веществ при горении отходов на объекте исследования

Проведенные исследования позволили разработать схему комплексного мониторинга пожарной опасности объектов размещения отходов. В схеме комплексного мониторинга учтены все возможные аспекты контроля состояния отходов, находящихся на полигонном хранении, а также контрольные мероприятия при возникновении возгораний пожаров.

Схема контроля пожарной опасности исследуемого полигона ТКО представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Схема мониторинга пожарной опасности исследуемого полигона ТКО

Этапы контроля	Индикативные параметры	Нормативные правовые акты	Мероприятия
1	2	3	4
Первичный контроль	Температура воздуха	Требования к проведению наблюдений за состоянием окружающей среды, ее загрязнением, утв. приказом Минприроды России от 30.07 2020 г. № 524	Измерения температуры на стационарных и передвижных постах
	Объем и скорость образования свалочного газа	-	Изучение и анализ данных газоанализаторов
	Температура поверхности	-	Термометрические исследования в скважинах; Замеры температуры отходов в теле полигона с помощью почвенных термометров; Спектрозональная аэрофотосъемка [3] Тепловизионная съемка с беспилотных летательных аппаратов [3]
	Состав поступающих на полигон отходов	ПНД Ф 16.3.55-08 «Твердые бытовые отходы.»	Исследование проб
	Влажность отходов	ПНД Ф 16.3.55-08 «Твердые бытовые отходы.»	Исследование проб
	Плотность отходов	ПНД Ф 16.3.55-08 «Твердые бытовые отходы.»	Расчет по данным состава отходов
Контроль горения отходов, прогнозирование задымления	Площадь горения отходов		Съемка с беспилотных летательных аппаратов

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
	Направление и скорость ветра	Требования к проведению наблюдений за состоянием окружающей среды, ее загрязнением, утв. приказом Минприроды России от 30.07.2020 г. № 524	Измерения скорости и направления ветра на стационарных и передвижных постах
	Площадь и направление зоны задымления	Временные рекомендации по расчету выбросов вредных веществ в атмосферу в результате сгорания на полигонах твердых бытовых отходов и размера предъявляемого иска за загрязнение атмосферного воздуха, утв. Минприроды России 02.11.1992 г.	Прогнозные расчеты, съемка с беспилотных летательных аппаратов
Контроль состояния окружающей среды и здоровья населения, попавших в зону воздействия пожара	Концентрации загрязняющих веществ в воздухе	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 г. № 2	Лабораторный контроль и проведение инструментальных измерений
	Показатели здоровья населения и состояния среды обитания человека	Методика проведения социально-гигиенического мониторинга Методические рекомендации № 2001/83, утв. Первым заместителем Министра здравоохранения РФ Г.Г. Онищенко 25.05.2001 г.	Эпидемиологический контроль и надзор за инфекционными и неинфекционными заболеваниями

Как видно из представленной таблицы, контролю пожарной опасности полигона твердых коммунальных отходов в АО «Газпром газораспределения Брянск Восточный» уделяется достаточно пристальное внимание и достаточно повышенное внимание. Первичный контроль осуществляется по шести критериям оценки в соответствии с требованиями действующего законодательства страны по утвержденным методикам. Контроль горения отходов, прогнозирование задымления осуществляется по трем критериям. Контроль состояния окружающей среды и здоровья населения, попавших в зону воздействия пожара по двум критериям.

Следует отметить, что для проведения всех видов контроля пожарной опасности в распоряжении предприятия имеется широкая материально-техническая база различных технических средств.

2.2 Методы снижения экологических рисков при функционировании полигонов твердых коммунальных отходов

На сегодняшний день, в стране 96 процентов ТКО складированы на мусорных полигонах. Данный способ хранения отходов является достаточно устаревшим и малоэффективным, так как площади земель, занятых полигонами ТКО с каждым годом лишь увеличиваются. В мировой практике все больше стран начинают выступать против столь устаревшего способа решения проблемы отходов.

К сожалению, на сегодняшний день львиная доля имеющихся полигонов в стране далеки от названных критериев. Большинство так называемых полигонов не отвечают многим требованиям законодательства и, по сути, представляют из себя свалки, на которых происходят неконтролируемые выбросы в окружающую среду различного рода загрязнителей. В результате процессы, происходящие на свалках, приводят к выбросу опасных и вредных веществ.

Для снижения негативного воздействия полигонов ТКО на окружающую среду самой простой и эффективной технологией на

сегодняшний день является физическое сокращение количества отходов, которые поступают на полигонное хранение [6], [8], [18].

Рециклинг относится к современным методам, который может обеспечить количественное снижение поступления мусора на полигоны. Его основой является отдельный сбор отходов, образующихся в процессе как производственной деятельности предприятий, так и жизнедеятельности людей. Отдельный сбор отходов является достаточно перспективными и в тоже время базовыми методом в вопросах обращения с различными видами ТКО. Кроме того, эти методы не являются ни энергоемкими, ни наукоемкими.

Основное направление этого метода заключается в том, что на уже на стадии производства отходов предприятия и население производит их сортировку. Бумага, пластик, стекло, различные тканевые материалы, отходы ДСП, ДВП и тому подобные отходы изначально собираются в отдельные, оборудованные самозакрывающимися крышками, контейнеры.

Широкое внедрение метода по отдельному сбору отходов как на предприятиях, так и в частных домовладениях будет способствовать увеличению доли предприятий, занимающихся рециклингом, так как для них будут снижаться затраты на сырье. Рециклингом называется разновидность переработки отходов. Это один из самых простых, эффективных, неэнергоемких методов борьбы с растущим количеством мусора, находящимся на полигонном хранении.

Варианты рециклинга [29]:

- повторное применение мусора по его прямому назначению (например, стеклянная тара после обработки),
- возвращение отходов в производственный цикл (например, из макулатуры делают бумагу и картон, а из пластика новые пластмассовые изделия).

Рециклингу могут подвергаться различные предметы, которые не подвержены естественному быстрому разложению: изделия из пластика, металла, стекла. Такие изделия разделяются на следующие группы [18], [29]:

- биологические (древесина, бумага, текстиль),
- технологические (металлолом, бетон, кирпич, стекло, пластик, шины),
- многокомпонентные (различная телевизионная и радиотехническая аппаратура).

Существует четыре основных метода рециклинга:

- первичный,
- механический,
- химический,
- пиролиз.

Первичный метод хорошо подходит только для одинаковых материалов, на которых нет никаких загрязнений. Такие материалы смешиваются с новыми.

При механическом методе происходит дробление, измельчение отходов. Полученная масса применяется как добавочный наполнитель в новые изделия. Недостатком такого метода является то, что качества дробленых материалов не самое лучшее, поэтому область применения ограничена.

При химическом методе сырье подвергают обработке различными видами реагентов. Названный метод хорошо подходит для обработки пластика и строительных отходов. Недостаток данного метода заключается в его дороговизне.

При пиролизе происходит сжигание отходов в специальных установках. Преимущества данного подхода в том, что таким способом можно утилизировать опасные вещества и материала (например, медицинского происхождения). К недостаткам относится необходимость дополнительной очистки продуктов сгорания в дымоуловителях.

Благодаря рециклингу сокращается количество вредных выбросов и различных загрязнителей при осуществлении деятельности по добыче полезных ископаемых. Это в свою очередь оказывает положительное воздействие на сохранения природных ресурсов. Также рециклинг обеспечивает экономию топливно-энергетических ресурсов, так как затраты на транспортировку сырья значительно снижаются.

Рециклинг обеспечивает постоянное развитие циклической экономики, ведь различные отходы используются как ресурс для предприятий вторсырья. Благодаря этому обеспечивается создание новых рабочих мест, снижается себестоимость ряда изделий так как переработка обходится значительно дешевле, чем производство сырья с нуля. Переработка материалов на предприятиях региона вносит существенную лепту в экономическое и социальное развитие как отдельного региона, так и в целом всей страны [18], [26], [29].

Частным примером эффективной практики рециклинга можно назвать применение вторсырья в упаковочных материалах. Ведь с ростом производства товаров и услуг неизбежно растет потребность в упаковке. Пластик, как сырье, является достаточно недорогим и удобным материалом для упаковки. Его применение достаточно широко в различных отраслях производства. Он применяется практически во всех отраслях тяжелой, легкой, пищевой промышленности, в сельском хозяйстве, в торговле. Однако, наравне с ростом производства происходит увеличение отходов пластмасс. Это и упаковочная пленка, и фасовочные пакетики, и ПЭТ бутылки, и так далее. Все эти отходы объединяет тот факт, что время разложения пластика исчисляется сотнями лет. Кроме того, эти пластиковые материалы могут вступать в реакцию с другими веществами с образованием токсичных, ядовитых веществ, вызывающих достаточно серьезные проблемы со здоровьем у населения. Поэтому необходимо снижать долю использования ПЭТ сырья, заменяя его либо биоразлагаемыми материалами, либо материалами, произведенными из вторсырья. Некоторые крупные

торговые сети уже пошли по такому пути, заменяя ПЭТ упаковочные пакеты для некоторых видов продукции (например, хлебобулочное изделия) бумажными, а также предлагая к приобретению (для переноса покупок) пакетов и сумок, изготовленных либо из вторсырья, либо из биоразлагаемых материалов (бумага, картон, сахарный тростник, кукурузный крахмал). Следовательно, уменьшение доли использования пластика в производстве упаковочных и оберточных материалов в конечном итоге приведет к сокращению площадей полигонов ТКО, а, следовательно, обеспечит снижение негативного влияния самих полигонов ТКО на окружающую среду [8], [18].

На уже существующих полигонах ТКО также применяются различные технологии для снижения негативного воздействия на окружающую среду уже имеющихся там отходов. Так чтобы сократить количество земельных участков, которые заняты полигонами используется метод многярусного уплотненного хранения твердых коммунальных отходов. Для этого мусор укатывается тяжелой специальной техникой. Такое решение позволяет сократить в несколько раз площадь, занимаемое полигоном. Следовательно, уменьшается количество земель, которые подвергаются загрязнению продуктами разложения мусора. Недостатком такого способа является интенсивное образование свалочного газа. Однако этот недостаток может быть компенсирован техническим оборудованием и инфраструктурой, обеспечивающей сбор, хранение и применение в хозяйственной деятельности предприятий свалочного газа [10], [11], [12].

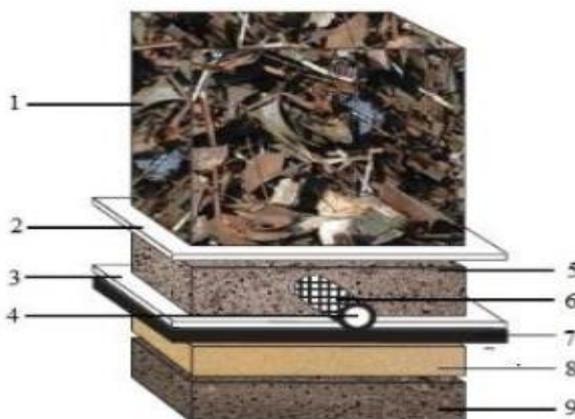
Для защиты грунтовых вод на полигонах, а также предотвращения загрязнения подземных водоносных горизонтов токсичными веществами, на полигонах ТКО активно используется технология применения гидроизоляционных экранов [6], [12], [18], [20].

Экраны представляют собой комплекс конструктивных элементов, направленных на создание водонепроницаемого барьера между складываемыми отходами и окружающей средой. Этот барьер препятствует

проникновению атмосферных осадков в тело полигона и предотвращает миграцию образующегося фильтрата в грунтовые воды и почву. При устройстве экранов используются различные материалы: геомембраны из полиэтилена высокой плотности, бентонитовые маты, геокомпозиаты, глиняные экраны.

Технологи применения экранов обеспечивает защиту грунта, грунтовых и поверхностных вод от проникновения свалочной жидкости, а также атмосферы от выделяющего свалочного газа, пыли, запахов, распространения болезнетворных микробов [11], [12], [23].

Однослойный экран состоит из спланированного и протравленного гербицидами основания из однородного грунта на глубине 15-20 сантиметров фракциями не крупнее 3 миллиметров, уплотненного гладкими катками, и полиэтиленовой пленки. При наличии в грунтах более крупных фракций в основании устраивается песчаная подготовка не менее 10 сантиметров. На пленку укладывается защитный слой из мелкозернистого грунта толщиной 0,5 метра по дну и 0,8 метра на откосах [10], [14]. Схема однослойного геосинтетического экрана поверх основания полигона представлена на рисунке 4 [13].



1 – отходы, 2 – геотекстиль, 3 – геотекстиль, 4 – дренажная труба, 5 – дренажный слой, 6 – дренажный геокомпозит, 7 – геомембрана, 8 – выравнивающий слой, 9 – уплотненный грунт.

Рисунок 4– Однослойный экран

В состав однослойного противofильтрационного экрана в основании полигона входят следующие слои (снизу-вверх):

- спланированное основание участка захоронения отходов;
- выравнивающий слой из уплотненного песчаного грунта, мощностью не менее 0.1 метра,
- мембрана из полиэтилена высокой плотности толщиной не менее 1.5 миллиметра,
- слой синтетического материала для защиты геологической мембраны, укрепления откосов (зависит от наличия камней, щебня в дренажном слое),
- дренажный слой (песчано-гравийная смесь, щебень) не менее 0,3 метра.

Для дренажного слоя применяются песок, песчано-гравийные смеси, щебень фракций 10 – 32 миллиметра.

Монтаж экранов осуществляется по сегментарной технологии. Полигон разбивается на карты. Закладка отходов производится в тех секторах, где экраны уже уложены. А на других секторах производится параллельная укладка экранирующего слоя. Особое внимание при этом уделяется качеству стыковки торцов экранов. Необходимо обеспечить их полную герметичность, чтобы не допустить протечек свалочной жидкости в почву с последующим загрязнением грунтовых вод.

В рамках проведенного исследования были изучены предложения, опубликованные в патенте RU2374386C1: «Способ создания противofильтрационного экрана с геомембраной из полимерного материала» [20]. Изобретение может быть использовано при создании противofильтрационной защиты ложа накопителей отходов и водоемов различного назначения. Способ создания противofильтрационного экрана с геомембраной из полимерного материала включает подготовку грунтового основания, укладку на него водонепроницаемой геомембраны, состоящей из герметично соединенных между собой полотнищ полимерного материала,

устройство компенсаторов деформаций геомембраны со стыковым соединением полотнищ в местах устройства компенсаторов и перекрытием стыков снизу и сверху полосами материала, отличающегося от материала геомембраны, устройство защитного слоя экрана. Перед укладкой полотнищ полимерных материалов на подготовленное грунтовое основание определяют места расположения компенсаторов деформаций геомембраны, в которых затем укладывают полотнища полимерных материалов встык без скрепления полотнищ между собой. На поверхности грунтового основания под каждым стыком предварительно укладывают защитно-изолирующую накладку из непроницаемого материала, поверх нее укладывают антифрикционную прокладку из материала, коэффициент трения которого по материалу геомембраны ниже, чем коэффициент трения материала геомембраны по грунту основания, затем такую же антифрикционную прокладку укладывают поверх стыка и сверху накрывают ее защитно-изолирующей накладкой из непроницаемого материала. Изобретение позволяет обеспечить необходимую подвижность компенсатора без повреждения пленочного противofiltrационного элемента при сохранении его герметичности.

Для ограничения поступления в отходы атмосферных осадков, которые способствуют образованию свалочной жидкости, на полигонах применяется сооружение верхнего изолирующего покрытия. Оно является на сегодняшний день достаточно эффективным методом ограничения образования фильтрата, а, следовательно, обеспечивает снижение негативного влияния хранящихся отходов на окружающую среду [14], [17].

Фильтрат или свалочная жидкость образуется на полигонах ТКО в результате поступления воды, содержащейся самих ТКО и в выпадающих атмосферных осадках, в тело полигона. Фильтрат обладает сложным, многокомпонентным составом, негативное влияние которого на окружающую среду достаточно многогранно.

Разнообразие специфических свойств многокомпонентного состава фильтрата не позволяет применить единую универсальную технологию,

которая позволила бы обеспечить очистку фильтрата от загрязнителей. Поэтому для его очистки применяются различные способы. Одним из таких является метод распыливания фильтрата над полигоном. Этот метод позволяет снизить количество фильтрата за счет естественного испарения жидкости, а также, за счет увлажнения самого мусора обеспечивается снижение рисков его самовозгорания [14], [15], [18].

Для очистки фильтрата на очистных станциях используется цепочка из механических, химических и биологических методов [17], [18], [29]:

Механические способы способны выполнять извлечение загрязняющих включений благодаря таким методам как процеживание, фильтрование, а также благодаря воздействию центробежной силы и силы тяжести.

Все механические способы применяются на начальном этапе для выполнения так называемого «грубого» очищения воды. Благодаря им происходит удаление из состава воды крупных фрагментов твердых коммунальных отходов различного характера, а также снижение концентраций разнообразных взвешенных веществ.

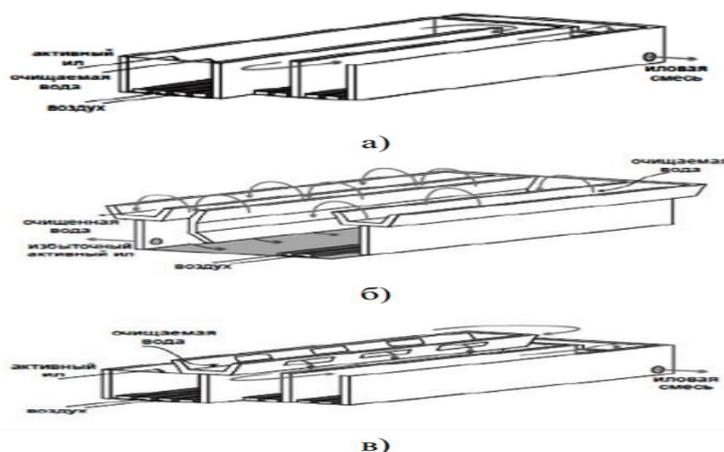
Биологическая очистка воды сама по себе основана на том, что загрязняющие вещества подвергаются разложению до нейтральных продуктов за счет жизнедеятельности различных микроорганизмов. Другими словами, сама по себе биоочистка не обеспечивает извлечение или перевод вредных веществ в другие формы. Эта особенность и обеспечивает практически полную безотходность данного метода. Кроме того, биологические методы экономически более выгодные, так как не требуют эксплуатационных затрат. Основным рабочим компонентом биоочистки является активный ил, который имеет свойство к регенерации.

Технологии биологической очистки в основном подразделяются на следующие способы: аэробные (микроорганизмы используют растворенный в воде кислород), анаэробные (микроорганизмы доступа к кислороду не имеют).

Стадии аэробной биоочистки вод следующие:

- первичная обработка обеспечивает удаление крупнодисперсных частиц;
- разложение органических загрязнителей микроорганизмами, в результате которого образуются простые нетоксичные вещества;
- осуществление доочистки воды химическими методами;
- переработка активного ила, в результате которой уменьшается его объем, количество патогенов, запах, а в анаэробных процессах образуется метан.

Аэробные методы биологической очистки происходят в аэротенках, представляющие собой открытую железобетонную емкость. Через нее проходит прокачка воды, которая в своем составе содержит органические соединения, а также активный ил, который в аэротенке подвергается насыщению кислородом. По способу подачи воды аэротенки бывают: вытеснители, смесители, аэротенки промежуточного типа. По величине нагрузки на активный ил аэротенки классифицируются на высоконагружаемые, обычные, низко нагружаемые. Типовые конструктивные исполнения применяемых аэротенков показаны на рисунке 5.



а – аэротенк – вытеснитель; б – аэротенк – смеситель;
в – аэротенк с рассредоточенной подачей воды

Рисунок 5 – Типовые конструктивные схемы аэротенков

Традиционная технологическая схема очистки сточных вод методом биофильтрами состоит из следующих этапов: первичный отстойник для удаления взвешенных частиц, биофильтр, вторичный отстойник.

При прохождении стока через биофильтр загрязнения, содержащиеся в воде, впитываются и перерабатываются на поверхности фильтрующего материала в биопленке.

Преимущества биофильтров выражаются в простоте, надежности, долговечности, качестве обработки. К недостаткам биофильтров можно отнести следующие моменты:

- трудоемкость в обеспечении необходимого количества кислорода на разных уровнях;
- сложность в обеспечении равномерности орошения и поддержания постоянного напора воды, ввиду того что эти параметры наиболее важны для обеспечения максимального КПД;
- частота заиливания аппарата.

Если произвести сравнение с аэротенками, то биофильтры обладают гораздо меньшей энергоемкостью, однако при этом обладают меньшей производительностью.

Анаэробные способы очистки сточных вод осуществляются с помощью такого оборудования как септиктанки, сброживатели, биофильтры с обратной фильтрацией. Ввиду технологической сложности и финансовой дороговизны эти способы широкого распространения не получили.

Применение химических методы очистки воды обусловлено в тех случаях, когда механические методы очистки являются недостаточно эффективными перед спуском воды в канализацию сеть, перед биологической очисткой воды.

Химическая очистка также производится с целью дезинфекции сточных вод. Принцип действия химической очистки основан на том, что между имеющимися загрязнениями в воде и химическим реагентом

протекают такие типы реакций как нейтрализация, окисление, восстановление.

Заключительным этапом химической обработки сточных вод является дезинфекция, то есть уничтожение микроорганизмов. Для дезинфекции вод применяют такие вещества как хлор, озон, а также УФ облучение. Хлорирование воды является достаточно распространенным способом, который используется для обеззараживания различных стоков. Но ввиду токсичности хлора, его применение ограничено. В качестве альтернативы хлору для химической очистки воды от широкого спектра загрязнителей применяется озон, являющийся по своим химическим свойствам достаточно мощным окислительным реагентом. Применение озона обеспечивает высокую степень очистки и обезвреживания воды от токсичных соединений. Обработка воды озоном имеет ряд преимуществ перед хлорированием [10], [18], [30]:

- озон обладает сильными бактерицидными свойствами;
- при озонировании воды, она не загрязняется побочными продуктами, поскольку избыток озона превращается в кислород.

Дороговизна озона и токсическое воздействие на человеческий организм является недостатками озонирования.

Применение ультрафиолетового облучения воды на сегодняшний момент является более экологическим способом химической обработки. УФ облучение осуществляется с помощью бактерицидных кварцевых ламп. УФ излучение является достаточно эффективным против широкого спектра различных микроорганизмов, которые присутствуют в воде и справляется с обеззараживанием воды в достаточно короткое время. Также ко всему прочему при обработке воды УФ излучением нет необходимости использования каких-либо дополнительных химических реагентов. Это значит, что при очистке воды полностью отсутствует опасность передозировки реагентов, что в свою очередь исключает возможность последующих отравлений или заражений [17], [18], [30].

Качество очистки свалочной жидкости контролируется с помощью отбора и оценки его качества проб. При проведении исследования было обращено внимание на предложения, опубликованные в патенте RU2775302C1 «Устройство для отбора и оценки проб жидкости». Известно, что одним из показателей качества очистки является отсутствие мелких частиц пластика в составе жидкости. Известные ранее устройства не обеспечивали достаточно полное обнаружение мелких частиц пластика. Устройство, описанное в названном патенте, лишено этого недостатка. Оно содержит пробозаборную емкость с входным и выходным отверстиями, внутри которой размещена цилиндрическая оболочка с меньшим диаметром, установленная соосно с пробозаборной емкостью, при этом на входе пробозаборной емкости установлена спиралевидная геликоидальная труба, соединенная с насосом для подачи жидкости, при этом цилиндрическая оболочка, размещенная по центру пробозаборной емкости, прикреплена кронштейном к стенке пробозаборной емкости, а внутри цилиндрической оболочки размещен оптоэлектронный датчик, выход которого через измерительный блок соединен с бортовым компьютером. Изобретение обеспечивает повышение экологической безопасности систем очистки воды за счет оперативного обнаружения и достоверной оценки содержания в ней мелких частиц пластика.

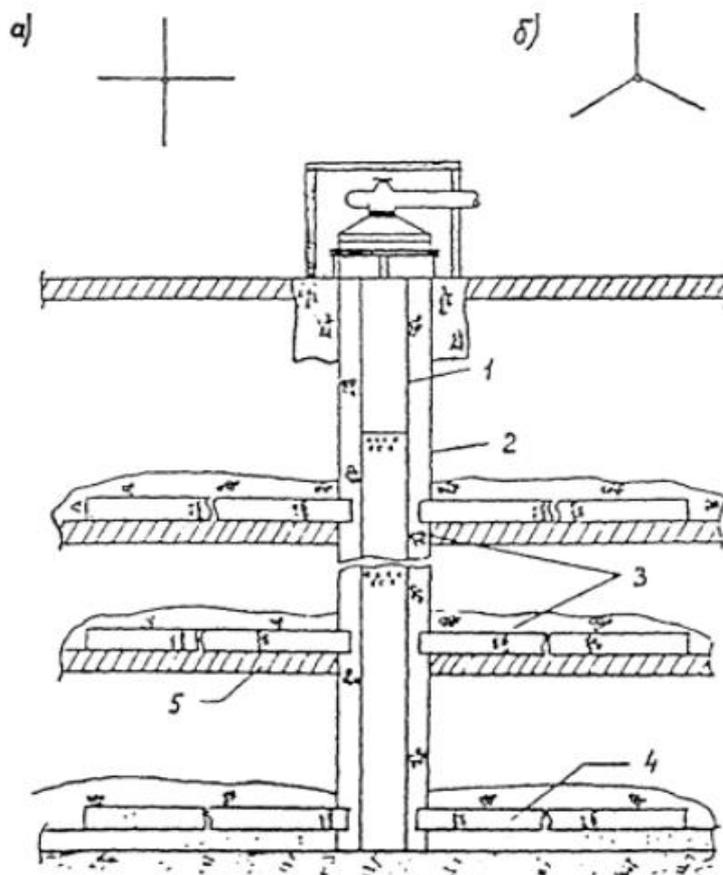
Свалочный газ – это газ, который образуется в результате гниения органических отходов, хранящихся на полигонах ТКО, при отсутствии кислорода. Неконтролируемое выделение биогаза при разложении отходов несет в себе высокий уровень опасности для биосферы. В первую очередь биогаз, в составе которого содержится метан, является потенциальной причиной возгораний. Метан, в составе свалочного газа представляет опасность для обслуживающего и ремонтного персонала, производящего технологические манипуляции различного рода в колодцах или подземных емкостях. Еще одним моментом негативного воздействия биогаза заключается в том, что его миграция в грунте может привести к кислородному голоданию

корневой системы деревьев или растений, приводящее к их вымиранию. Кроме того, метан и диоксид углерода, составляющие основу биогаза, являются парниковыми газами, значительно усиливающими эффект глобального изменения климата. Для минимизации негативных воздействий выделяющегося биогаза от полигонов ТКО, которые не оборудованы устройствами для сбора и транспортировке свалочного газа, используется его сжигание. Оно обеспечивает устранение различных запахов и на порядок снижает уровень пожароопасности на полигоне твердых коммунальных отходов. Ведь в продуктах сгорания могут содержаться токсические и ядовитые вещества, способные вызвать удушья, отравления как у животных, так и людей [7].

В состав технологического оборудования добычи биогаза на полигонах ТКО входят скважины, дренажи, трубопроводы, очистители и газовые осушители. На рисунке 6 показан общий вид скважины, собранной из бетонных колец и используемой для прокладки вглубь полигона асбестовых трубопроводов [23], [32]. Прослойка между внутренними стенками колец и трубами наполняется щебнем. На полигоне производится установка множества таких скважен, на расстоянии друг от друга до 40 метров. Такое расстояние обеспечивает возможность передвижения между ними транспорта. К скважинам осуществляется прокладка трубопроводов дренирования, которые схематическая конструкция которых показана на рисунке 7 [23], [32].

Газ из газовых скважин собирается через специальные устройства в газосборники. отбирают через отвод тройника или крестовины и направляют в газосборную сеть.

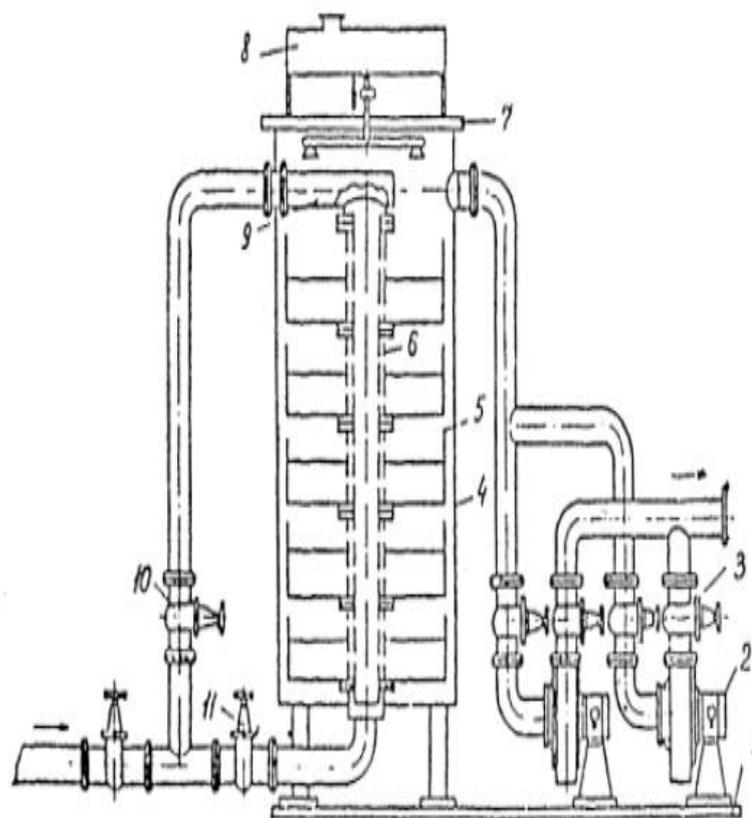
изолирующий слой поверх укладки и работы переносятся на следующий сектор. И так сектор за сектором.



а – дренажные трубопроводы из четырех отводов, б – дренажные трубопроводы из трех отводов, 1 – обсадная труба без перфорации, 2 – железобетонное кольцо, 3 – крупнозернистый щебень, 4 – перфорированная дренажная труба, 5 – изоляционный слой

Рисунок 7– Схема устройства трубопроводов дренирования

В секторе, который оборудован защитным экраном монтируется необходимое оборудование и начинается сбор и перекачка в газосборники свалочного газа. Для очистки добытого газа от различного рода загрязнителей его пропускают через очистительное и осушительное оборудование, конструкция которого представлена на рисунке 8 [14], [23].



1 – рама, 2 – вентилятор, 3, 10, 11 – задвижки, 4 – корпус, 5 – контейнеры, 6 – ствол, 7 – крышка, 8 – бак, 9 – трубопровод.

Рисунок 8 – Аппарат по очистке и осушке биогаза

Так как свалочный газ состоит преимущественно из метана, то все операции по обращению с ним требуют различных систем контроля безопасности, во избежание образования опасных концентраций газа с воздухом, способных привести к пожарам или взрывам. При проведении исследования были изучены предложения, опубликованные в патенте RU2455695C1 «Автоматизированная система мониторинга и контроля газа на объектах и/или в помещениях» [24] Изобретение, относится к системам безопасности критически важных объектов и сооружений. Техническим результатом заявленного изобретения является создание автоматизированной системы контроля содержания вредных примесей, а также концентрации взрывоопасных газов в окружающей среде, позволяющей вести непрерывный

дистанционный мониторинг и помощь в подготовке и принятии краткосрочных управляющих решений для своевременного предотвращения чрезвычайных ситуаций и их последствий. Первичные индикативные датчики устанавливаются в оголовок газозаборной скважины. От них данные мониторинга поступают в систему контроля и оповещения.

Названное изобретение является достаточно наукоемким. Оно требует наличие подготовленного квалифицированного персонала, который будет в состоянии обеспечить работоспособность системы мониторинга. Для этого требуется внедрение специализированного образовательного инструментария, обеспечивающего фундаментальное повышение безопасности полигона к различного рода инцидентам с газом через целенаправленное формирование у персонала компетентности нового уровня, позволяющей превратить сотрудников в ключевой активный элемент защиты окружающей среды от неблагоприятного воздействия техногенных рисков, связанных с биогазом.

В дополнении к вышеназванному изобретению была изучена и проанализирована публикация патентов RU (11) 2 768 772(13) С1: «Автоматическая система координатного обнаружения очагов возгораний» и RU72335U1 «Система автоматизированного дистанционного мониторинга окружающей среды».

Автоматическая система служит для координатного обнаружения очагов возгорания, расчета и определения двухмерных координат очагов возгораний на защищаемой площади. Для осуществления работоспособности системы используются не менее двух пламеуловителей, установленных в самых пожароопасных местах полигона. Пламеуловители позволяют определять угловую координату очага возгорания и оперативно передавать сигнал на рабочие места оператора, для обеспечения принятия мер по локализации и ликвидации возгорания.

Система автоматизированного дистанционного мониторинга окружающей среды, включающая стационарные и мобильные контрольные

посты с детекторами для измерения параметров и характеристик окружающей среды, центральный контрольный пульт, отличающаяся тем, что стационарные и мобильные контрольные посты дополнительно оснащены блоками управления и связи, включающими в себя модем сотовой связи, антенну и запоминающее устройство, передающими информацию как на автоматизированные рабочие места пользователей, так и в общую базу данных центрального контрольного пульта, программное обеспечение которого реализует различный уровень доступа с автоматизированных рабочих мест пользователей.

Названные системы является также наукоемкими, требующие для грамотной эксплуатации обученный и квалифицированный персонал. В свою очередь для подготовки грамотного и квалифицированного персонала требуется внедрение специализированного образовательного инструментария, обеспечивающего фундаментальное повышение безопасности полигона к различного рода инцидентам через целенаправленное формирование у персонала компетентности нового уровня, позволяющей превратить сотрудников в ключевой активный элемент защиты окружающей среды от неблагоприятного воздействия техногенных рисков, связанных с эксплуатацией полигона ТКО.

Основная цель исследования – кардинально изменить подход персонала полигона ТКО к экологической безопасности. Мы стремимся к тому, чтобы каждый сотрудник был обучен передовыми знаниями и практическими инструментами из специально разработанной образовательной программы, в своей повседневной работе не просто реагировал на уже возникшие экологические проблемы, а целенаправленно и активно предотвращал само возникновение загрязнений воды, воздуха и почвы.

Вообще система профессионального и производственного обучения в России строиться на основании Федерального закона от 29.12.2012 N 273-ФЗ

«Об образовании в Российской Федерации». Схема профессионального и производственного обучения в нашей стране представлена на рисунке 9:



Рисунок 9 – Схема профессионального и производственного обучения в России

Профессиональное обучение выделяется как отдельный вид обучения и отличается от профессионального образования. Оно ориентировано на освоение конкретных рабочих профессий и должностей служащих, перечень которых установлен и утверждается соответствующим федеральным органом

исполнительной власти (Министерством просвещения Российской Федерации).

Программы профессионального обучения разрабатываются, как правило, на основе утвержденных профессиональных стандартов, а при их отсутствии – на основании квалификационных требований. Этот момент является важным для понимания, какие категории работников подлежат профессиональному обучению, а какие требуют освоения программ профессионального образования. Профессиональное обучение включает в себя программы профессиональной подготовки (для лиц, ранее не имевших профессии рабочего или должности служащего), переподготовки (для получения новой профессии) и повышения квалификации рабочих и служащих.

В отличие от академического или прикладного профессионального образования, профессиональное обучение сфокусировано на формировании практических навыков и знаний, необходимых для выполнения конкретных трудовых функций по определенной рабочей профессии или должности служащего. Понимание специфики и нормативной базы профессионального обучения имеет ключевое значение при планировании программ подготовки производственного персонала, особенно на таких объектах, как полигоны ТКО [25], [32].

Законодательство Российской Федерации возлагает на работодателя определенные обязательства по обеспечению необходимого уровня квалификации и компетентности своих сотрудников. В частности, статья 196 обязывает нанимателя проводить профессиональное обучение или дополнительное профессиональное образование работников в случаях, предусмотренных федеральными законами, иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, если это является условием выполнения работниками определенных видов деятельности [31]. Данная норма подчеркивает, что в ситуациях, прямо регламентированных законодательством, обеспечение работникам доступа к профессиональному

обучению или дополнительному профессиональному образованию является не правом, а прямой обязанностью нанимателя. Это положение приобретает особую актуальность для отраслей с повышенными рисками, включая сферу обращения с отходами и эксплуатацию полигонов ТКО. Выполнение многих видов работ на подобных объектах сопряжено с воздействием опасных и вредных производственных факторов, а также требует строгого соблюдения технологических регламентов и правил безопасности. Соответственно, законодательные и подзаконные акты, регулирующие данную сферу, зачастую устанавливают специфические требования к уровню квалификации и наличию специальной подготовки у персонала, допущенного к таким работам [31].

Квалификация работника представляет собой комплексную характеристику, интегрирующую совокупность его теоретических знаний, практических профессиональных навыков и накопленного опыта, необходимых для эффективного выполнения трудовых функций определенного уровня сложности и специфики. Уровни квалификации, соответствующие различным позициям или видам деятельности в рамках организации, как правило, формализуются и стандартизируются. Они могут быть закреплены в общеотраслевых профессиональных стандартах или разработаны в виде внутренних стандартов компании, детализирующих требования к образовательному цензу, специфическим (hardskills) и над профессиональным (softskills) компетенциям, а также к объему необходимого опыта для каждого квалификационного уровня [25], [32].

Процесс повышения квалификации рассматривается как переход сотрудника на следующий, более высокий уровень владения профессиональными знаниями и навыками. Достижение этого нового этапа профессионального развития требует наличия организованной системы в рамках организации, обеспечивающей работникам доступ к актуальной информации, возможности для освоения новых методов работы и технологий, а также условия для практического применения полученных

знаний. Конечной целью повышения квалификации является обучение каждого сотрудника передовыми знаниями и практическим инструментам из специально разработанной образовательной программы, для обеспечения в повседневной работе целенаправленного активного реагирования и предотвращения экологических рисков, ведущих к загрязнению воды, воздуха и почвы [25], [32].

Значимость систематического повышения квалификации персонала для деятельности предприятия и развития самих специалистов является обоюдной и взаимосвязанной. Высокий уровень профессионализма сотрудников коррелирует с ускорением темпов развития промышленной и экологической безопасности предприятия, повышением общей ценности и ростом экологических показателей [25], [32].

В мероприятиях по развитию квалификации работников выделяют три основных вида повышения квалификации, дифференцируемые по их целям и аудитории [25], [32]:

- начальное (первичное) обучение,
- обучение, ориентированное на развитие специфических компетенций (под задачи),
- профессиональная переподготовка (кросс-функциональное обучение).

Начальное (первичное) обучение персонала представляет собой базовую программу адаптации и введения в должность для вновь принятых сотрудников. Его основной целью является ознакомление работника с корпоративной культурой, внутренними нормами, правилами безопасности, основными методами работы и спецификой его рабочего места в организации. Процесс начального обучения характеризуется, как правило, относительно небольшой продолжительностью (обычно от одной до нескольких недель), точная длительность которого определяется сложностью осваиваемой должности, объемом необходимой вводной информации и принятыми в компании стандартами.

Обучение, ориентированное на развитие специфических компетенций предназначено для действующих сотрудников организации и направлено на углубление их профессиональных знаний и формирование новых навыков, необходимых для более эффективного выполнения текущих задач или освоения новых аспектов в рамках имеющейся специализации. Такое обучение может включать освоение новых методик, принципов работы с современными технологиями (hardskills) или развитие управленческих и личностных качеств (softskills). Выбор форм и методов обучения (курсы, тренинги, семинары) определяется характером осваиваемых компетенций. Как правило, программы, нацеленные на развитие специфических технических или профессиональных навыков (hardskills), требуют более продолжительного обучения (до нескольких месяцев), в то время как развитие softskills может быть реализовано в рамках более коротких интенсивов [25], [32].

Профессиональная переподготовка (кросс-функциональное обучение) предполагает освоение работником новой профессии, специальности или направления деятельности, которое может быть, как смежным с его текущей специализацией, так и принципиально новым. Переподготовка применяется в случаях, когда происходит существенное изменение требований к содержанию выполняемых работ (например, вследствие внедрения новых технологий, требующих принципиально иных навыков). Профессиональная переподготовка является наиболее продолжительным видом обучения, длительность которого может варьироваться от нескольких месяцев до нескольких лет, в зависимости от сложности осваиваемого направления и требуемого уровня квалификации.

Реализация программ повышения квалификации персонала осуществляется посредством многообразия методов, которые могут быть классифицированы на две основные категории: внешние и внутренние. Внешние методы предполагают обучение за пределами организации с привлечением сторонних образовательных учреждений или провайдеров, в

то время как внутренние методы реализуются силами и ресурсами самой компании. Выбор оптимальных методов повышения квалификации является стратегическим решением, требующим предварительной оценки общей стратегии развития организации, специфических потребностей структурных подразделений и отдельных сотрудников, текущего уровня их знаний и навыков, а также имеющихся финансовых и материально-технических возможностей. Обоснованный выбор методов на этапе планирования способствует повышению эффективности и релевантности обучающих воздействий.

Комплексное и вариативное применение как внешних, так и внутренних методов повышения квалификации позволит внедрить в организации систему непрерывного (перманентного) обучения, обеспечивающей сотрудникам возможность регулярного обновления профессиональных знаний, освоения передовых технологий и методик, а также обмена опытом. Систематическое обучение способствует формированию высококвалифицированного персонала, обладающего в повседневной работе навыками целенаправленного активного реагирования и предотвращения экологических рисков, ведущих к загрязнению воды, воздуха и почвы. Что, в свою очередь, обеспечит снижение экологических рисков про функционирование полигонов ТКО.

На практике на рассматриваемом полигоне ТКО это означает следующее [25], [32]:

1) Внедрение специальной образовательной программы, которая является комплексным обучающим инструментарием, который включает в себя:

– интерактивные модули (e-learning), посвященные специфике образования и миграции загрязнителей на полигоне (фильтрат, свалочный газ), влиянию различных факторов (погода, тип отходов), принципам работы очистных сооружений и систем мониторинга;

– виртуальные симуляторы (VR/AR), позволяющие отработать действия при обнаружении утечек, превышении ПДК, возгораниях в безопасной, но реалистичной среде. Сотрудники смогут "увидеть" невидимые процессы (например, распространение газа под землей);

– практические тренинги и мастер-классы, направленные на отработку конкретных навыков (правильный отбор проб, использование газоанализаторов, обслуживание насосного оборудования, первичные меры при разливах фильтрата);

– кейс-стади, которые заключаются в анализе реальных или смоделированных инцидентов на полигонах, разбору причин, последствий и правильных/неправильных действий персонала.

2) Новизна в знаниях, заключающаяся в получении персоналом не только общей информации, но и в получении глубоких, актуальных и специфичных для полигона ТКО знаний:

– о скрытых индикаторах потенциальных проблем (например, изменение цвета или запаха фильтрата, незначительные просадки грунта, нехарактерные звуки оборудования);

– о взаимосвязи между технологическими операциями (уплотнение, пересыпка) и экологическими рисками (выход газа, образование фильтрата);

– о требованиях природоохранного законодательства и последствиях их нарушения не только для предприятия, но и для окружающей среды и здоровья людей;

– о лучших доступных практиках по минимизации воздействия полигонов на среду.

3) Четкие алгоритмы действий, которыми программа вооружит персонал для различных ситуаций, направленных именно на предотвращение загрязнений:

– алгоритм превентивного осмотра, указывающий что и как проверять во время регулярных обходов территории (целостность обваловки, состояние дренажных канав, работа датчиков);

- алгоритм действий при обнаружении ранних признаков утечки, определяющий кому сообщить, какие первичные меры предпринять для локализации до прибытия специалистов;

- алгоритм контроля параметров работы оборудования (насосы, факельные установки), определяющий как правильно снимать показания, какие отклонения являются критичными и требуют немедленного реагирования;

- алгоритм действий при неблагоприятных погодных условиях (ливень, сильный ветер), определяющий какие дополнительные меры предпринять для предотвращения размыва откосов, сноса легких фракций, переполнения прудов-накопителей.

4) Изменение ежедневных действий персонала, обеспечивших избавление от рутинного и формального подхода к выполнению должностных обязанностей:

- персонал будет проводить осмотры более внимательно и осознанно, понимая, что искать и почему это важно;

- персонал будет точнее и своевременнее фиксировать данные мониторинга и параметры работы оборудования;

- персонал станет проактивно сообщать о любых замеченных отклонениях или потенциальных рисках, даже если те кажутся незначительными;

- персонал будет строже соблюдать технологические регламенты, понимая их прямое влияние на экологическую безопасность;

- персонал станет активнее предлагать улучшения в работе, направленные на снижение рисков.

Вывод по разделу 2. Полигоны твердых коммунальных отходов являются основным местом вывоза и утилизации различных твердых бытовых отходов, накапливающихся в течение эксплуатации предприятий и населения. Однако, они также являются потенциальным источником

загрязнения окружающей среды как на самом полигоне, так и в прилегающих районах.

Основная проблема при полигонном хранении отходов является их неконтролируемое образование и разложение. Если отходы не утилизируются правильно или не отслеживаются их состояние, то они становятся источником масштабного загрязнения биосферы.

Одним из перспективных методов по снижению негативного влияния на биосферу полигонов ТКО является максимальное сокращение количества поступающих отходов на полигонное хранение от предприятий, организаций и жилого сектора. Развитие технологий отдельного сбора отходов и рециклинга, как показывает мировой опыт, на сегодняшний день являются самыми перспективными и эффективными. Отдельный сбор отходов и их рециклинг способен обеспечить снижение потока отходов, поступающих на ТКО на более чем на 75 процентов от общего количества отходов, производимых населением.

Для снижения негативного воздействия отходов, которые уже хранятся на полигонах ТКО одним из самых эффективных методов на сегодняшний день является сооружение на полигонах различных защитных экранов, которые препятствуют проникновению продуктов разложения отходов в почву, грунтовые воды и атмосферу, а также применение технологических методов обеззараживания фильтрата. Кроме того, для снижения вероятности возникновения пожаров на полигонах ТКО свою эффективность показывают технологии по сбору и вовлечению в хозяйственный оборот «свалочного биогаза».

Для обеспечения безопасности ТКО, хранящихся на полигонах ТКО, кроме всего прочего, необходимо наличие высококвалифицированного и подготовленного персонала, способного обеспечивать оперативное обнаружение, локализацию и ликвидацию возможных чрезвычайных и аварийных ситуаций, возникающих на полигонах. А для этого требуется внедрение специализированного образовательного инструментария,

обеспечивающего фундаментальное повышение безопасности полигона к различного рода инцидентам через целенаправленное формирование у персонала компетентности нового уровня, позволяющей обеспечить реализацию ситуации, когда предотвращение загрязнения станет неотъемлемой частью ежедневной работы каждого сотрудника полигона. Персонал, обладая необходимыми знаниями, четкими алгоритмами и практическими навыками, полученными из новой программы, сможет эффективно действовать на опережение, минимизируя негативное воздействие объекта на окружающую среду, а не просто бороться с уже случившимися авариями и загрязнениями. Это переход от реактивного подхода к проактивному управлению экологическими рисками силами самого персонала. Образовательный инструментарий позволит превратить сотрудников полигона в ключевой активный элемент защиты окружающей среды от неблагоприятного воздействия техногенных рисков, связанных с эксплуатацией полигона ТКО.

3 Опытнo-экспериментальная апробация методов снижения экологических рисков при функционировании полигонов твердых коммунальных отходов

3.1 Алгоритм внедрения методов снижения экологических рисков при функционировании полигонов твердых коммунальных отходов

Наиболее важным компонентом в природоохранной деятельности любого предприятия является наличие квалифицированного персонала, подготовленного в области экологического обеспечения функционирования применяемых технологий, методов и средств, обеспечивающих снижение экологических рисков в области сбережения биосферы.

Современные тенденции в области корпоративного обучения характеризуются активным переходом многих традиционных методических подходов из офлайн-формата в цифровые онлайн-среды. Эффективная организация образовательного процесса в дистанционном режиме обуславливает необходимость наличия соответствующего технологического инструментария. Данный инструментарий призван решать специфические задачи онлайн-обучения, в частности [25], [32]:

- обеспечение эффективного управления вниманием обучающихся;
- структурирование и визуализация информации;
- автоматизация процессов обучения, включающие в себя цифровые платформы и инструменты позволяют автоматизировать ряд рутинных задач, связанных с администрированием обучения, таких как запись на курсы, отслеживание прогресса, проведение тестирования и сбор аналитики, что оптимизирует управление образовательным процессом.

Анализ текущих тенденций в области корпоративного обучения персонала, охватывающих специалистов различного уровня – от линейных исполнителей до высшего руководства, позволяет выделить ряд ключевых факторов, определяющих трансформацию подходов к профессиональному развитию [25], [32].

В первую очередь, отмечается интенсивная цифровизация производственных процессов. Цифровые технологии прочно вошли в повседневную деятельность организаций, перестав быть лишь опциональным инструментом и став неотъемлемым элементом операционной эффективности.

Параллельно с этим наблюдается повсеместное распространение персональных цифровых устройств среди сотрудников (смартфонов, ноутбуков, планшетов). Эти устройства активно используются персоналом не только для целей коммуникации и досуга, но и представляют собой мощную платформу для доступа к образовательным ресурсам и инструментам саморазвития.

Третьим значимым фактором является высокий уровень проникновения сети интернет и развитая мобильная связь, обеспечивающие непрерывное подключение к информационным ресурсам практически в любой точке.

Совокупность указанных тенденций привела к фундаментальной трансформации парадигмы корпоративного обучения. Традиционная модель, при которой образовательные мероприятия проводились обособленно от основного рабочего процесса и требовали выделения специального времени, уступает место более гибким форматам. Современные технологии позволяют интегрировать обучение непосредственно в рабочий поток), обеспечивая возможность повышения квалификации, освоения новых навыков или получения необходимой информации здесь и сейчас, в моменты возникновения потребности или при наличии свободной минуты, что существенно повышает оперативность и релевантность учебного процесса.

Мультимодальное обучение – это новый подход к образованию, который объединяет различные модели и учитывает разнообразие способов восприятия информации. В современном мире, где доступ к знаниям становится все более широким и разнообразным, мультимодальное обучение представляет собой эффективный инструмент для повышения эффективности

образовательного процесса. Суть мультимодального обучения построена на четырех каналах передачи информации [25], [32].

Эффективное обучение персонала полигонов ТКО, особенно в части понимания глубинных процессов и их влияния на экологические риски (включая эмиссию биогаза), требует применения мультимодальных подходов, задействующих различные каналы восприятия. Интеграция элементов мультимодального обучения непосредственно в рабочую среду оператора технологического процесса (например, оператора компактора) повышает глубину понимания и применимость знаний [25], [32].

Организация рабочего места с целью поддержки мультимодального обучения предполагает:

- визуальные средства, представляющие собой размещение в кабине техники и на рабочих участках ламинированных памяток, схем и чек-листов, иллюстрирующих технологические операции (уплотнение, укрытие) и признаки экологических проблем (выход газа), а также использование цветового кодирования и маркировки для идентификации зон и систем;

- аудиовизуальные и цифровые ресурсы в виде предоставления доступа к коротким видео- или аудио-инструкциям, объясняющим принципы глубинных процессов и правильное выполнение задач, через защищенные устройства в бытовых помещениях или кабине (при соблюдении безопасности);

- кинестетические и тактильные элементы, предполагающие использование самого рабочего процесса как основного практического тренинга с акцентом на осознанное выполнение действий (почему я это делаю). Дополнение при возможности работой с образцами материалов или упрощенными моделями элементов полигона, а также применением простейших симуляторов;

- доступ к информации, представляющий собой обеспечение легкого доступа к кратким письменным инструкциям и возможность ведения простых записей о наблюдениях.

Организация рабочего места таким образом способствует комплексному восприятию информации, необходимой для понимания глубинных процессов и осознанного выполнения операций, что критически важно для снижения экологических рисков полигона путем повышения квалификации персонала.

Инновационные подходы к обучению искусственного интеллекта: роль синтетических данных и мультимодальных моделей [25], [32].

При прохождении практики в АО «Газпром распределение Брянск Восточный» были выявлены проблемные аспекты в применяемых методах обучения. Традиционное обучение требований экологической безопасности при обращениях с отходами зачастую сводится к формальному зазубриванию однотипных требований нормативной документации. На предприятии имеется часть работников, которая не осмысливает причины и цели проводимого экологического обучения. Такое обучение воспринимается работниками как часть рабочих обязанностей. Восприятие программного материала обучения ими происходит методом так называемого «зазубривания», когда информация усваивается лишь поверхностно, без должного осмысления. Данные, представленные в таблице 3 свидетельствуют об устойчивой тенденции к ухудшению ключевых операционных показателей деятельности предприятия на протяжении последних трех лет. В частности, фиксируется рост количества операционных ошибок, а также систематическое нарушение качества и сроков выполнения поставленных задач частью персонала. Отмеченное снижение качественных показателей напрямую коррелирует с возникновением дополнительных экологических рисков для предприятия. А ведь полигон и окружающая среда являются динамическими, постоянно меняющимися категориями. Риски тоже меняются. Невозможно все учесть при подготовке лекционного материала, а также не всегда получается донести осмысленность до всего персонала.

Таблица 3 – Основные проблемы в системе обучения персонала на полигоне ТКО и мероприятия по их устранению

Выявленная проблема	Обоснование проблемы	Мероприятия по устранению проблемы
Недостаточная периодичность и узкая направленность мероприятий по обучению персонала.	Отсутствие системных обучающих программ негативно отражается на производственных показателях, а также ухудшилось качество выполняемых работ и возросло количество допускаемых ошибок.	Разработка и внедрение Плана регулярного обучения и повышения квалификации для всех категорий персонала, оптимизированного с учетом имеющихся финансовых возможностей предприятия.
Ограниченное использование современных методов и форм обучения персонала.	Анализ текущей практики обучения на предприятии показывает преимущественное применение традиционных методов, включая повышение квалификации (в ограниченном объеме), обучение в период адаптации, проведение инструктажей и поощрение самостоятельного изучения материалов. В то же время, данные проведенного опроса сотрудников свидетельствуют о высокой потребности большей части персонала в дальнейшем профессиональном развитии и явном предпочтении более современных форматов обучения, таких как тренинги, вебинары и дистанционные курсы.	Создание и наполнение корпоративной цифровой базы знаний, обеспечивающей доступ персонала к актуальной информации и учебным материалам.

Для подготовки грамотного и квалифицированного персонала разработан метод мультимодального обучения, который является специализированным образовательным инструментарием. Его цель. является обеспечение фундаментального повышения безопасности полигона к различного рода инцидентам через целенаправленное формирование у персонала компетентности нового уровня, позволяющей превратить сотрудников в ключевой активный элемент защиты окружающей среды от неблагоприятного воздействия техногенных рисков, связанных с эксплуатацией полигона ТКО.

Достижение этой цели означает не просто информирование персонала, а целенаправленное конструирование защитных механизмов самого объекта через человеческий фактор. Конечный результат видится не в формальном повышении уровня знаний (хотя это необходимый компонент), а в формировании у полигона ТКО, как у сложной социотехнической системы, имманентной способности противостоять дестабилизирующим событиям.

Фундаментально повысить устойчивость (резистентность) полигона ТКО к широкому спектру инцидентов (экологических, техногенных, пожарных и др.), используя персонал как ключевой активный элемент защиты, а не как потенциальное слабое звено. Это достигается через разработку, внедрение и поддержание инновационного специализированного образовательного инструментария, целенаправленно формирующего у сотрудников проактивную компетентность нового уровня.

Раскрытие этой цели включает следующие взаимосвязанные аспекты:

- переосмысление компетентности, то есть необходимо не просто передать знания, а сформировать активную операционную готовность;
- глубинное системное понимание, которое обеспечивается видением взаимосвязей рисков, каскадных эффектов и влияния на всю систему полигона;
- проактивность, позволяющая предвидеть риски, распознавать ранние признаки (предпосылки) и применять опережающие, превентивные меры;
- эффективное реагирование, обеспечивающая способность действовать своевременно, точно, адекватно и скоординировано по отработанным алгоритмам в стрессовых ситуациях, грамотно используя ресурсы;
- адаптивность, то есть готовность к новым вызовам, изменениям технологий и типов рисков;
- экологическая безопасность, позволяющая кардинально изменить подход персонала к активному предотвращению загрязнений воды, воздуха и почвы в повседневной работе, а не только реагированию на инциденты;

– пожарная безопасность, то есть обеспечение повышенной устойчивости именно к пожарам, превратив ее в измеримое свойство объекта (менее уязвим, быстрее обнаруживает, эффективнее тушит, минимизирует последствия).

В результате обучения ожидается, что подготовленный персонал будет демонстрировать измененные ежедневные действия: более внимательные осмотры, проактивное информирование о рисках, строгое соблюдение регламентов, инициативность в улучшениях. Предотвращение инцидентов станет неотъемлемой частью работы. В конечном результате необходимо создать полигон ТКО, функционирующий на качественно ином уровне резистентности, где риски активно предвидятся, предотвращаются и нейтрализуются благодаря синергии передовых образовательных методик и глубоко интегрированной, проактивной компетентности персонала.

Ключевыми методами обучения в предлагаемой методике, помимо лекций и семинаров, является наличие динамических сценариев и симуляций, которые позволят обеспечить более глубокое погружение обучающихся в существующие риски при функционировании полигонов ТКО [25], [32].

На первом этапе осуществлен анализ рисков, дефицитов компетентности и проектирование инструментария. Проведен глубокий анализ специфических экологических, техногенных и пожарных рисков, характерных для функционирования современных полигонов ТКО, с учетом их взаимосвязей и потенциальных каскадных эффектов. Выполнена оценка существующих практик и методов подготовки персонала на полигонах ТКО, выявлены ключевые дефициты в знаниях, навыках и поведенческих установках сотрудников, влияющие на уровень рисков. На основе проведенного анализа разработаны концептуальные основы, структура и требования к новому специализированному образовательному инструментарию, ориентированному на формирование проактивных компетенций и повышение резистентности объекта.

Второй этап заключается в разработке мультимодальных обучающих материалов. Разработка кратких схем, инфографики, фото-инструкций, памяток, иллюстрирующих правильные технологические приемы (например, схема уплотнения, фото правильного слоя отходов) и последствия ошибок (например, фото трещин в покрытии из-за неравномерной осадки). Подготовка материалов для размещения в кабинах техники и на информационных стендах. Создание коротких (1-3 минуты) видео- или аудио-роликов, демонстрирующих операции, объясняющих на пальцах суть глубинных процессов и их последствия, процедуры выявления проблем. Разработка инструкций для мастеров/опытных сотрудников о том, как использовать разработанные материалы, проводить практическое обучение с акцентом на понимание почему, давать эффективную обратную связь.

На третьем этапе производится внедрение и интеграция обучения на рабочем месте:

- размещение разработанных визуальных материалов в кабинах техники и на рабочих участках;
- обеспечение доступа к цифровым материалам;
- проведение специализированных тренингов для мастеров и опытных сотрудников, которые будут непосредственно обучать персонал на рабочих местах;
- интеграция обучения в ежедневный рабочий процесс, которое заключается в проведение коротких бесед, демонстраций, разбор ситуаций непосредственно во время выполнения операций (уплотнение, укрытие);
- реализация практических элементов, которое заключается в активном использовании самого рабочего процесса как ключевого элемента обучения, фокусируясь на качестве выполнения операций и их связи с глубинными процессами;
- введение процедур оперативного выявления проблем, которое заключается в обучении персонала распознаванию визуальных и

обонятельных признаков экологических рисков (запах газа, тление) и процедурам незамедлительного сообщения о них.

На четвертом этапе производится оценка эффективности и разработка, при необходимости, корректирующих действий:

- мониторинг качества выполнения операций, который заключается в регулярной оценке инженерно-техническими работниками соблюдения персоналом технологических регламентов (толщина слоя, количество проходов при уплотнении, качество укрытия);

- контроль экологических показателей, который заключается в анализе данных мониторинга эмиссий биогаза (снижение диффузных выбросов), частоты возгораний, выходов фильтрата, а также сравнении показателей до и после внедрения обучения;

- оценка уровня знаний персонала посредством проведения периодических тестирований или опросов для контроля усвоения информации о глубинных процессах;

- организация обратной связи в виде анкетирования или беседы с персоналом и наставниками для выявления наиболее/наименее эффективных обучающих материалов и методов;

- внесение изменений в обучающие материалы и методики, на основе полученных данных и обратной связи для постоянного улучшения системы обучения.

Внедрение данного метода обучения позволит систематизировать процесс повышения квалификации персонала полигона ТКО, обеспечив не только освоение практических навыков, но и формирование фундаментального понимания процессов, протекающих в теле полигона. Такой подход является ключевым фактором для повышения осознанности действий персонала и, как следствие, для эффективного снижения экологических рисков, связанных с эксплуатацией объектов размещения отходов [25], [32].

Для обеспечения реализации концепции мультимодального обучения в условиях операционной деятельности полигона ТКО требуется формирование соответствующей материально-технической и методической базы, адаптированной к специфике рабочей среды. Предлагаемые мероприятия детализируются ниже в разрезе четырех основных модальностей восприятия и доступа к информации [25], [32].

Визуальные средства в обучении персонала направлены на обеспечение постоянного, немедленного доступа персонала к ключевой визуальной информации, необходимой для выполнения технологических операций и оперативного реагирования на потенциальные риски. Использование визуальных средств снижает когнитивную нагрузку, ускоряет принятие решений и минимизирует вероятность ошибок, связанных с неверным запоминанием или интерпретацией вербальных инструкций, особенно в стрессовых или шумных условиях. Реализация мероприятий включает разработку и размещение ламинированных памяток, схем и чек-листов. Предлагается создание наглядных материалов, охватывающих:

- схемы технологических операций (например, последовательность уплотнения и изоляции слоев отходов, порядок отсыпки рабочего и промежуточного изолирующего слоя), схемы расположения ключевых инфраструктурных элементов полигона (газосборных скважин, дренажных колодцев, карт), схемы подключения/отключения коммуникаций;

- ежесменные чек-листы осмотра и подготовки техники (компактора, бульдозера), чек-листы готовности рабочего участка перед началом работ (проверка состояния покровного грунта, наличия дренажных материалов), чек-листы действий при стандартных нештатных ситуациях (например, порядок действий при обнаружении очага тления);

- краткие памятки по технике безопасности при работе с конкретным оборудованием, памятки с визуальными признаками потенциальных экологических проблем (изменение цвета растительности, наличие

удушающего запаха, видимый выход газа, наличие фильтрата на поверхности);

– учитывая условия эксплуатации (пыль, влага, вибрация, перепады температур), все печатные материалы будут подвергнуты ламинированию или изготовлены на иных влагостойких и прочных материалах для сохранения читаемости и целостности на протяжении длительного времени.

Указанные материалы будут размещены непосредственно на рабочих местах:

– в кабинах технологической техники (компакторы, бульдозеры) в легкодоступных и хорошо просматриваемых местах (на приборной панели, боковой стенке кабины);

– на стационарных рабочих участках (пункт весового контроля, бытовой вагончик, пост контроля) на информационных стендах или в защищенных карманах.

Для ускорения идентификации и снижения вероятности ошибок предлагается использовать унифицированную систему цветового кодирования для различных зон, систем или уровней опасности:

– красный для обозначения аварийных систем, зон повышенной опасности, путей эвакуации при пожаре;

– зеленый для обозначения безопасных зон, выходов, путей движения в стандартном режиме, систем контроля состояния окружающей среды;

– синий, желтый и иные цвета для обозначения технологических систем (газосборная, дренажная), навигация по секторам полигона, маркировка типов отходов или материалов.

Цветовое кодирование будет дублироваться на схемах и памятках для обеспечения унификации визуального восприятия.

Аудиовизуальные и цифровые ресурсы в обучении персонала использует преимущества динамического и интерактивного представления информации, что особенно эффективно для объяснения сложных, не наблюдаемых напрямую процессов (глубинных) и демонстрации правильной

последовательности действий. Цифровой формат обеспечивает гибкость доступа и возможность обновления контента.

Реализация мероприятий включает создание библиотеки коротких видео- и аудио-инструкций. Предполагается разработка мультимедийного контента, включающего:

- видео-инструкции в виде коротких (оптимально 2-5 минут) роликов, демонстрирующие правильные приемы работы с техникой (например, техника уплотнения отходов), визуальные признаки нарушений (примеры выхода биогаза, фильтрата, признаки просадки), последовательность действий при обслуживании отдельных узлов, а также визуализацию глубинных процессов с помощью простой графики или анимации (например, движение газа в теле полигона, формирование и миграция фильтрата);

- аудио-инструкции и подкасты для прослушивания в условиях, когда визуальный канал занят (например, при управлении техникой). Могут включать аудио-резюме ключевых разделов инструкций, объяснение принципов анаэробного разложения отходов, миграции фильтрата, процессов усадки в доступной форме, аудио-памятки по действиям в нештатных ситуациях.

Для использования контента в условиях полигона будут закуплены или предоставлены корпоративные цифровые устройства (планшеты или смартфоны), соответствующие требованиям безопасности и устойчивости к рабочей среде (пылезащищенность, влагозащищенность, ударопрочность). Эти устройства будут:

- иметь предустановленное программное обеспечение для воспроизведения медиафайлов;

- конфигурированы с ограниченным доступом к функциям, не связанным с рабочим процессом и обучением, для минимизации отвлекающих факторов и рисков безопасности.

Доступ к аудиовизуальным и цифровым ресурсам будет обеспечен:

– в бытовых помещениях (пункты приема пищи, комнаты отдыха) через локальную беспроводную сеть, позволяющую просмотр видео онлайн или загрузку контента на устройство;

– в кабинах техники (при условии соблюдения всех требований безопасности использования электронных устройств во время работы) путем предварительной загрузки необходимого контента на устройства или через локальную сеть, если таковая имеется и безопасна.

Доступ будет организован таким образом, чтобы сотрудники могли использовать материалы в перерывах или в моменты простоя, интегрируя обучение в рабочий график.

Особое внимание в контенте будет уделено визуализации и доступному объяснению процессов, происходящих внутри массива ТКО: анаэробного разложения органической фракции, образования и перемещения биогаза в теле полигона и его выхода на поверхность, формирования фильтрата и его миграции через толщу отходов и изоляционные слои, процессов усадки массива и их влияния на целостность покрытий. Цель – формирование глубокого понимания причинно-следственных связей между действиями оператора (например, уплотнение, укрытие) и этими процессами, а также их влиянием на экологические риски [25], [32].

Кинестетические и тактильные элементы в обучении персонала основывается на принципе обучение через действие и направлен на формирование устойчивых практических навыков, моторной памяти и понимания физических свойств материалов и процессов через непосредственное взаимодействие. Реализация мероприятий включает использование рабочего процесса как основного практического тренинга. Фундаментом кинестетического обучения является сама производственная деятельность. Это обеспечивается:

– структурированным наставничеством в виде закрепления новых сотрудников за опытными операторами с четким планом передачи навыков и знаний непосредственно на рабочем месте;

– в процессе наставничества и самостоятельной работы делается акцент не только на как сделать, но и на почему я это делаю, объясняя связь каждого действия с общей технологией и безопасностью.

Стандартизированные операционные процедуры, которые выражаются в разработке подробных пошаговых описаний ключевых операций, которые служат основой для практической отработки и контроля.

Ротация задач в виде организации работы таким образом, чтобы сотрудники получали опыт выполнения различных операций (уплотнение, укрытие, работа на перегрузке, возможно, участие в работах по ремонту изоляционных слоев), развивая комплексные навыки.

Дополнение обучением с использованием образцов материалов и упрощенных моделей для более глубокого понимания свойств и структур:

– представления в бытовых помещениях или специальном учебном классе образцов различных типов ТКО, поступающих на полигон, образцов используемых изоляционных материалов (геомембраны, геотекстиль, глина, бентонитовые маты), образцов покровных грунтов различной фракции и влажности для формирования тактильного представления о материалах у сотрудников;

– создание макетов или моделей, демонстрирующих устройство ключевых элементов полигона (например, разрез защитных экранов с демонстрацией слоев, модель дренажной трубы с фильтрующей обсыпкой, макет газосборной скважины). Эти модели позволяют визуализировать пространственные и структурные взаимосвязи, которые сложно увидеть на реальном объекте;

– применение простейших симуляторов и тренажеров-макетов для отработки конкретных моторных навыков или последовательностей действий без использования реальной техники.

Доступ к информации через чтение и письмо в обучении персонала обеспечивает возможность углубленного изучения информации в текстовом формате и закрепления знаний через активное ведение записей, что

соответствует предпочтениям части сотрудников и является важным компонентом формального обучения. Реализация мероприятий включает Обеспечение легкого доступа к кратким письменным инструкциям. Полные версии регламентов могут быть объемными, поэтому предлагается [25], [32]:

- предоставление доступа к электронным версиям полных документов на защищенных цифровых устройствах или на стационарных компьютерах в бытовых помещениях;

- разработка и размещение перечней аварийных номеров телефонов и кратких алгоритмов действий при инцидентах в текстовом виде;

- обеспечение возможности ведения простых записей о наблюдениях. Активное фиксирование своих наблюдений помогает структурировать информацию и повышает вовлеченность.

Таким образом, предложенный комплекс мероприятий по внедрению мультимодального обучения охватывает ключевые каналы восприятия и формы активности, интегрируя обучающий контент и инструменты непосредственно в рабочую среду персонала полигона ТКО. Реализация этих мер направлена на повышение не только теоретических знаний, но и практических навыков, а также на формирование осознанного подхода к выполнению технологических операций и понимание их влияния на техносферную безопасность и экологические риски объекта.

В конечном итоге руководством предприятия было принято решение о необходимости включения разработанной методики мультимодального обучения персонала предприятия общую программу подготовки персонала всех уровней в рамках функционирующей системы экологического менеджмента. Цель образовательного инструментария по обеспечению фундаментального повышения безопасности полигона к различного рода инцидентам через целенаправленное формирование у персонала компетентности нового уровня, позволяющей превратить сотрудников в ключевой активный элемент защиты окружающей среды от

неблагоприятного воздействия техногенных рисков, связанных с эксплуатацией полигона ТКО была достигнута.

3.2 Оценка эффективности внедрения методов снижения экологических рисков при функционировании полигонов твердых коммунальных отходов в рассматриваемой организации

Одним из необходимых условий управления техносферной безопасностью в организации является исследование и оценка эффективности принятых к реализации мероприятий. Эта оценка проводится в целях анализа и обоснования выбранных мероприятий, выбора оптимальных проектных решений, определения результатов деятельности, материального стимулирования работников предприятий за разработку и внедрение мероприятий по обеспечению производственной безопасности и решения ряда других вопросов.

Оценка эффективности мероприятий проводится по нескольким направлениям:

- социальная эффективность,
- экономическая эффективность.

Для обеспечения снижения экологических рисков при эксплуатации исследуемого полигона ТКО разработан метод мультимодального обучения, который является специализированным образовательным инструментарием в подготовке грамотного и квалифицированного персонала полигона ТКО. Его целью является обеспечение фундаментального повышения безопасности полигона к различного рода инцидентам через целенаправленное формирование у персонала компетентности нового уровня, позволяющей превратить сотрудников в ключевой активный элемент защиты окружающей среды от неблагоприятного воздействия техногенных рисков, связанных с эксплуатацией полигона ТКО. Затраты на его внедрение представлены в таблице А.1 Приложения А.

Социальная эффективность отражает положительное влияние мероприятий на благосостояние сотрудников, условия их труда, уровень защищенности и общее отношение к вопросам безопасности. В контексте мультимодального обучения персонала полигона ТКО, социальная эффективность проявляется в следующем:

- повышение уровня безопасности труда за счет снижения вероятности возникновения опасных ситуаций и травм за счет лучшего понимания рисков и правильного выполнения технологических операций;

- улучшение условий труда за счет уменьшения воздействия вредных факторов (например, через соблюдение процедур работы с отходами и контроля за выходом биогаза), повышение комфорта и уверенности сотрудников на рабочем месте;

- формирование культуры безопасности благодаря развитию у персонала осознанного подхода к вопросам безопасности, активное участие в выявлении рисков и предложении улучшений, снижение случаев сознательного нарушения правил;

- повышение удовлетворенности и лояльности персонала за счет наличия чувства защищенности, инвестиции компании в их развитие и обеспечение комфортного доступа к необходимой информации способствует росту удовлетворенности работой и лояльности к работодателю;

- улучшение имиджа предприятия благодаря демонстрации приверженности принципам безопасности и инвестиции в персонал положительно сказываются на репутации организации в глазах сотрудников, партнеров и общественности.

Измерение социальной эффективности часто требует применения качественных и полуколичественных методов, таких как опросы, анкетирование, фокус-группы, наблюдение, анализ данных о культуре безопасности.

Исходные данные (при ССЧ = 150 чел.):

Число пострадавших от несчастных случаев ($Ч_{\text{нс}}$):

$$K_{\text{ч}} = (Ч_{\text{нс}} * 1000) / \text{ССЧ} \Rightarrow Ч_{\text{нс}} = (K_{\text{ч}} * \text{ССЧ}) / 1000 \quad (1)$$

$$Ч_{\text{нс_до}} = (60 * 150) / 1000 = 9000 / 1000 = 9 \text{ человек};$$

$$Ч_{\text{нс_после}} = (28.57 * 150) / 1000 \ll 4285,5 / 1000 = 4.2855 \text{ человек.}$$

Количество дней нетрудоспособности в связи с несчастным случаем ($Д_{\text{нс}}$):

$$K_{\text{т}} = Д_{\text{нс}} / Ч_{\text{нс}} \Rightarrow Д_{\text{нс}} = K_{\text{т}} * Ч_{\text{нс}} \quad (2)$$

$$Д_{\text{нс_до}} = 25 * 9 = 225 \text{ дней};$$

$$Д_{\text{нс_после}} = 16.67 * 4.2855 = 71.446 \text{ дней.}$$

Число случаев профессиональных заболеваний ($К_{\text{пз}}$):

$$K_{\text{чпз}} = (K_{\text{пз}} * 1000) / \text{ССЧ} \Rightarrow K_{\text{пз}} = (K_{\text{чпз}} * \text{ССЧ}) / 1000 \quad (3)$$

$$K_{\text{пздо}} = (20 * 150) / 1000 = 3000 / 1000 = 3 \text{ человека};$$

$$K_{\text{пзпосле}} = (9.52 * 150) / 1000 = 1428 / 1000 = 1.428 \text{ человека.}$$

Количество дней нетрудоспособности в связи с профзаболеванием ($Д_{\text{пз}}$):

$$K_{\text{тпз}} = Д_{\text{пз}} / K_{\text{пз}} \Rightarrow Д_{\text{пз}} = K_{\text{тпз}} * K_{\text{пз}} \quad (4)$$

$$Д_{\text{пздо}} = 30 * 3 = 90 \text{ дней};$$

$$Д_{\text{пзпосле}} = 20 * 1.428 = 28.56 \text{ дней.}$$

Число случаев выхода на инвалидность ($И_{\text{нв}}$):

$$И_{\text{нвдо}} = 1 \text{ шт. о } И_{\text{нвпосле}} = 0 \text{ шт.}$$

Коэффициент частоты травматизма ($K_{\text{ч}}$):

$$K_{\text{ч}} = (\text{Ч}_{\text{нс}} * 1000) / \text{ССЧ} \quad (5)$$

До:

$$K_{\text{ч}} = (9 \text{ чел.} * 1000) / 150 \text{ чел.} = 9000 / 150 = 60 \text{ Случаев/1000 человек}$$

После:

$$K_{\text{ч}} = (4.2855 \text{ чел.} * 1000) / 150 \text{ чел.} = 4285.5 / 150 = 28.57 \text{ Случаев /1000}$$

человек

$$\text{Изменение: } 28.57 - 60 = \text{минус } 31.43$$

Коэффициент тяжести травматизма ($K_{\text{т}}$):

$$K_{\text{т}} = \text{Д}_{\text{нс}} / \text{Ч}_{\text{нс}} \quad (6)$$

До:

$$K_{\text{т}} = 225 \text{ дн.} / 9 \text{ чел.} = 25 \text{ (дн./случай);}$$

После:

$$K_{\text{т}} = 71.446 \text{ дн.} / 4.2855 \text{ чел.} = 16.67 \text{ (дн./случай);}$$

$$\text{Изменение: } 16.67 - 25 = \text{минус } 8.33$$

Коэффициент частоты профессиональных заболеваний ($K_{\text{чПЗ}}$)

$$K_{\text{чПЗ}} = (\text{К}_{\text{ПЗ}} * 1000) / \text{ССЧ} \quad (7)$$

До:

$$K_{\text{чПЗ}} = (3 \text{ чел.} * 1000) / 150 \text{ чел.} = 3000 / 150 = 20 \text{ (Случ./1000 чел.);}$$

После:

$$K_{\text{чПЗ}} = (1.428 \text{ чел.} * 1000) / 150 \text{ чел.} = 1428 / 150 = 9.52 \text{ (Случ./1000 чел);}$$

$$\text{Изменение: } 9.52 - 20 = \text{минус } 10.48.$$

Коэффициент тяжести профессиональных заболеваний ($K_{\text{тПЗ}}$):

$$K_{\text{тПЗ}} = \text{Д}_{\text{ПЗ}} / \text{КПЗ} \quad (8)$$

До:

$$K_{T_{ПЗ}} = 90 \text{ дн.} / 3 \text{ чел.} = 30 \text{ (дней/случай)};$$

После:

$$K_{T_{ПЗ}} = 28.56 \text{ дн.} / 1.428 \text{ чел.} = 20 \text{ (дней/случай)};$$

Изменение: $20 - 30 =$ минус 10;

Изменение числа случаев выхода на инвалидность ($D_{\text{Инв}}$):

$$\text{Изменение} = \text{Инв}_{\text{после}} - \text{Инв}_{\text{до}} \quad (9)$$

$$\text{Изменение} = 0 \text{ шт.} - 1 \text{ шт.} = \text{минус } 1 \text{ (шт.)}$$

Сокращение текучести кадров из-за неудовлетворительных условий труда:

$$\Delta C_{\text{п}} = \frac{C_{\text{п1}} - C_{\text{п2}}}{\text{ССЧ}},$$

$\Delta C_{\text{п}}$ - сокращение текучести кадров из-за неудовлетворительных условий труда;

$C_{\text{п1}}$ - количество работников, уволившихся по собственному желанию из-за неудовлетворительных условий труда до проведения мероприятий;

$C_{\text{п2}}$ - количество работников, уволившихся по собственному желанию из-за неудовлетворительных условий труда после проведения мероприятий;

$C_{\text{п1}} = 5$ человек (уволилось "До");

$C_{\text{п2}} = 2$ человека (уволилось "После");

$$\Delta C_{\text{п}} = (5 - 2) / 150 = 0,02$$

То есть, сокращение текучести кадров из-за неудовлетворительных условий труда составляет 0.02;

Потери рабочего времени на 100 рабочих (травматизм):

$$\text{ВУТ} = (D_{\text{нс}} * 100) / \text{ССЧ} \quad (10)$$

До:

$$\text{ВУТ} = (225 \text{ дн.} * 100) / 150 \text{ чел.} = 22500 / 150 = 150 \text{ (дн. /100 чел.)};$$

После:

$$\text{ВУТ} = (71.446 \text{ дн.} * 100) / 150 \text{ чел.} = 7144.6 / 150 = 47.63 \text{ (дн. /100 чел.)};$$

$$\text{Изменение: } 47.63 - 150 = \text{минус } 102.37;$$

Фактический годовой фонд рабочего времени 1 основного рабочего (Фонд):

$$\text{Потери (на 1 рабочего)} = (\text{Д}_{\text{нс}} + \text{Д}_{\text{ПЗ}}) / \text{ССЧ};$$

$$\text{Фонд} = \text{Номинальный фонд} - \text{Потери (на 1 рабочего)};$$

До:

$$\begin{aligned} \text{Потери} &= (225 \text{ дн.} + 90 \text{ дн.}) / 150 \text{ чел.} = 315 / 150 = 2.1 \text{ (дн./чел.)} * \text{Фонд}_{\text{до}} \\ &= 250 \text{ дн.} - 2.1 \text{ дн.} = 247.9 \text{ (дн./чел.)}; \end{aligned}$$

После:

$$\begin{aligned} \text{Потери} &= (71.446 \text{ дн.} + 28.56 \text{ дн.}) / 150 \text{ чел.} = 100.006 / 150 = 0.6667 \\ &\text{(дн./чел.)}; \end{aligned}$$

$$\text{Фонд} = 250 \text{ дн.} - 0.6667 \text{ дн.} = 249.3333 \text{ (дн./чел.)};$$

Прирост фактического фонда рабочего времени 1 основного рабочего:

$$\text{Прирост} = \text{Фонд}_{\text{после}} - \text{Фонд}_{\text{до}} \quad (11)$$

$$\text{Прирост} = 249.3333 \text{ дн.} - 247.9 \text{ дн.} = \text{плюс } 1.4333 \text{ (дн./чел.)}$$

Данные расчета сведены в таблицу Б.1 Приложения Б.

Среднегодовое количество ТКО поступающих на рассматриваемый полигон составляет 25 тысяч тонн. Ввиду того что отдельный сбор и транспортировка ТКО в нашей стране не развита, на полигоне ТКО производится первичная сортировка пребывающих отходов, в рамках которой выделяется из общего объема отходов пластика, бумаги и металлолома для использования их в качестве вторичного сырья. Доля этих компонентов в общем объеме пребывающих отходов может достигать:

- пластика до 50 процентов,
- металлолома до 13 процентов,
- бумаги до 23 процентов.

Экономическая эффективность внедрения метода мультимодального обучения заключается в увеличении доли изъятия отходов из пластика, металла и бумаги в среднем до 60 процентов

В таблице В.1 Приложения В представлены показатели по среднему количеству отходов пластика, металла и бумаги, поступающих в общем объеме ТКО на полигон.

В результате внедрения метода мультимодального обучения персонала полигона количество изъятых отходов пластика, металла и бумаги для направления на вторичную переработку персоналом ТКО увеличилось в среднем на 33 процента. Сравнительные данные по количеству и стоимости изъятых отходов приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Годовая стоимость отходов, направляемых на вторичную переработку

Наименование отходов	Количество изъятия до внедрения обучения, % / тонн в год	Количество изъятия после внедрения обучения, % / тонн в год	Стоимость единицы, рублей за 1 тонну	Общая стоимость до внедрения метода, тысяч рублей в год	Общая стоимость после внедрения метода, тысяч рублей в год
Металлолом	50 / 1625	100 / 3250	20 000	32500	65000
Бумага (картон)	10 / 575	30 / 1755	10 000	5750	17550
Отходы пластика	25 / 3125	55 / 6875	6000	18750	41250
Итого	28 / 5325	61 / 11880		57000	123 800

Как видно из данных таблицы 4 общее количество отходов, направляемых на вторичную переработку увеличилась:

$$K_{\text{сум}} = K_{\text{после}} - K_{\text{до}} = 11880 - 5325 = 6555 \text{ тонн в год.}$$

Экономический эффект от реализации мероприятия измеряется разностью между денежным доходом от реализации мероприятия и денежными расходами на осуществление мероприятия:

Экономический эффект рассчитывается по формуле 12:

$$\mathcal{E}_r = \Pi - \mathcal{Z}, \quad (12)$$

где \mathcal{E}_r – годовой экономический эффект, рублей;

Π – величина полученного дохода (прибыли) от реализации мероприятия, рублей;

\mathcal{Z} – затраты на реализацию мероприятия, рублей.

$$\mathcal{E}_r = 123800 - 57000 - 7315 = 59480 \text{ тысяч рублей.}$$

Вывод по разделу 3. При прохождении практики в АО «Газпром распределение Брянск Восточный» были выявлены проблемные аспекты в применяемых методах обучения. Традиционное обучение требований экологической безопасности при обращениях с отходами зачастую сводится к формальному зазубриванию однотипных требований нормативной документации. На предприятии имеется часть работников, которая не осмысливает причины и цели проводимого экологического обучения. Такое обучение воспринимается работниками как часть рабочих обязанностей. Восприятие программного материала обучения ими происходит методом так называемого «зазубривания», когда информация усваивается лишь поверхностно, без должного осмысления.

Для подготовки грамотного и квалифицированного персонала разработан метод мультимодального обучения, который является специализированным образовательным инструментарием. Его цель. является обеспечение фундаментального повышения безопасности полигона к различного рода инцидентам через целенаправленное формирование у

персонала компетентности нового уровня, позволяющей превратить сотрудников в ключевой активный элемент защиты окружающей среды от неблагоприятного воздействия техногенных рисков, связанных с эксплуатацией полигона ТКО.

Достижение этой цели означает не просто информирование персонала, а целенаправленное конструирование защитных механизмов самого объекта через человеческий фактор. Конечный результат видится не в формальном повышении уровня знаний (хотя это необходимый компонент), а в формировании у полигона ТКО, как у сложной социотехнической системы, имманентной способности противостоять дестабилизирующим событиям.

Разработанный образовательный инструментарий успешно способствовал решению проблемы снижения экологических рисков при функционировании полигона ТКО. Повышение компетентности персонала позволило сотрудникам эффективно предотвращать инциденты, приводящие к загрязнению, и минимизировать их последствия, тем самым напрямую снижая негативное воздействие объекта на окружающую среду.

Проведенные расчеты комплексно подтверждают экономическую целесообразность и эффективность рассмотренных мероприятий по снижению рисков на полигоне ТКО. В совокупности, все расчетные показатели свидетельствуют о положительных результатах и экономической оправданности вложений в безопасность и снижение негативного воздействия на полигоне ТКО. Анализ данных Приложения Б показывает на значительное улучшение повышение удовлетворенности и лояльности персонала за счет наличия чувства защищенности, инвестиции компании в их развитие и обеспечение комфортного доступа к необходимой информации способствует росту удовлетворенности работой и лояльности к работодателю. Экономическая эффективность внедренного метода обучения за счет увеличения изъятия отходов пластика, бумаги и металлолома в среднем на 33 процента составила 59480 тысяч рублей.

Заключение

В настоящей работе проведено исследование экологических рисков при функционировании полигонов твердых коммунальных отходов.

Текущая ситуация в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами на сегодняшний день является одной из самых актуальных проблем во всех странах мира, в том числе и в России. Она характеризуется высокой степенью образования ТКО и их накопления в окружающей среде.

В России же до 85 процентов от основной массы ТКО на сегодняшний день всё еще складировается на полигонах для захоронения, и только 7 – 8 процентов отходов подвергаются переработки. В нашей стране насчитывается более 118 официальных полигонов и свалок и приблизительно ещё 14 процентов неофициальных точек складирования бытового мусора. На сегодняшний день в среднем на одного жителя России приходится около 400 кг различных отходов, при этом их количество увеличивается на 60 миллионов тонн ежегодно.

Система обращения с ТКО в нашей стране достаточно устарела и не адаптирована к современности. Меры по урегулированию этой проблемы в целом на разных уровнях желаемого результата не приносят, и все критические вопросы по ТКО остаются открытыми. Отходы, хранящиеся на таких полигонах, выделяют парниковые газы и различные загрязняющие вещества, которые попадая в атмосферу, гидросферу, в поверхностные слои грунта, грунтовые воды, недра приводят к нарушению естественных биологических процессов и отравлению живых организмов.

Отсутствие отдельного сбора и переработки отходов, содержащих токсичные компоненты, увеличивает степень загрязнения биосферы ядовитыми веществами. Все это оказывает негативное влияние на жизнедеятельность экосистем, а также снижает качество жизни в близлежащих жилых районах, что приводит к увеличению заболеваемости населения.

Объектом исследования в диссертации явились экологические риски при функционировании полигона твердых коммунальных отходов, используемого АО «Газпром распределение Брянск Восточный»

Предметом исследования явились технологии, методы и управленческие решения, применяемые в АО «Газпром распределение Брянск Восточный» для обеспечения снижения экологических рисков при функционировании полигона твердых коммунальных отходов, используемого предприятием.

Полигоны твердых коммунальных отходов являются основным местом вывоза и утилизации различных твердых бытовых отходов, накапливающихся в течение эксплуатации предприятий и населения. Однако, они также являются потенциальным источником загрязнения окружающей среды как на самом полигоне, так и в прилегающих районах.

Основная проблема при полигонном хранении отходов является их неконтролируемое образование и разложение. Если отходы не утилизируются правильно или не отслеживаются их состояние, то они становятся источником масштабного загрязнения биосферы.

Одним из перспективных методов по снижению негативного влияния на биосферу полигонов ТКО является максимальное сокращение количества поступающих отходов на полигонное хранение от предприятий, организаций и жилого сектора. Развитие технологий отдельного сбора отходов и рециклинга, как показывает мировой опыт, на сегодняшний день являются самыми перспективными и эффективными. Благодаря современным технологиям переработке поддаются более 80 процентов разновидностей пластика и 100 процентов отходов из бумаги. Раздельный сбор отходов и их рециклинг способен обеспечить снижение потока отходов, поступающий на ТКО на более чем на 75 процентов от общего количества отходов, производимых населением.

Для снижения негативного воздействия отходов, которые уже хранятся на полигонах ТКО одним из самых эффективных методов на сегодняшний

день является сооружение на полигонах различных защитных экранов, которые препятствуют проникновению продуктов разложения отходов в почву, грунтовые воды и атмосферу, а также применение технологических методов обеззараживания фильтрата. Кроме того, для снижения вероятности возникновения пожаров на полигонах ТКО свою эффективность показывают технологии по сбору и вовлечению в хозяйственный оборот «свалочного биогаза».

При прохождении практики в АО «Газпром распределение Брянск Восточный» были выявлены проблемные аспекты в применяемых методах обучения. Традиционное обучение требований экологической безопасности при обращениях с отходами зачастую сводится к формальному зазубриванию однотипных требований нормативной документации. На предприятии имеется часть работников, которая не осмысливает причины и цели проводимого экологического обучения. Такое обучение воспринимается работниками как часть рабочих обязанностей. Восприятие программного материала обучения ими происходит методом так называемого «зазубривания», когда информация усваивается лишь поверхностно, без должного осмысления.

Для подготовки грамотного и квалифицированного персонала разработан метод мультимодального обучения, который является специализированным образовательным инструментарием. Его цель. является обеспечение фундаментального повышения безопасности полигона к различного рода инцидентам через целенаправленное формирование у персонала компетентности нового уровня, позволяющей превратить сотрудников в ключевой активный элемент защиты окружающей среды от неблагоприятного воздействия техногенных рисков, связанных с эксплуатацией полигона ТКО.

Достижение этой цели означает не просто информирование персонала, а целенаправленное конструирование защитных механизмов самого объекта через человеческий фактор. Конечный результат видится не в формальном

повышении уровня знаний (хотя это необходимый компонент), а в формировании у персонала ТКО, как у сложной социотехнической системы, имманентной способности противостоять дестабилизирующим событиям.

Разработанный образовательный инструментарий успешно способствовал решению проблемы снижения экологических рисков при функционировании полигона ТКО. Повышение компетентности персонала позволило сотрудникам эффективно предотвращать инциденты, приводящие к загрязнению, и минимизировать их последствия, тем самым напрямую снижая негативное воздействие объекта на окружающую среду.

Проведенные расчеты комплексно подтверждают экономическую целесообразность и эффективность рассмотренных мероприятий по снижению рисков на полигоне ТКО. В совокупности, все расчетные показатели свидетельствуют о положительных результатах и экономической оправданности вложений в безопасность и снижение негативного воздействия на полигоне ТКО. Анализ данных Приложения Б показывает на значительное улучшение повышение удовлетворенности и лояльности персонала за счет наличия чувства защищенности, инвестиции компании в их развитие и обеспечение комфортного доступа к необходимой информации способствует росту удовлетворенности работой и лояльности к работодателю. Экономическая эффективность внедренного метода обучения за счет увеличения изъятия отходов пластика, бумаги и металлолома в среднем на 33 процента составила 59480 тысяч рублей.

Цель образовательного инструментария по обеспечению фундаментального повышения безопасности полигона к различного рода инцидентам через целенаправленное формирование у персонала компетентности нового уровня, позволяющей превратить сотрудников в ключевой активный элемент защиты окружающей среды от неблагоприятного воздействия техногенных рисков, связанных с эксплуатацией полигона ТКО была достигнута.

Список используемых источников

1. Вайсман Я. И. Управление метаногенезом на полигонах твердых бытовых отходов / Я. И. Вайсман, О. Я. Вайсман, С. В. Максимова. — Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2003. — 228 с.
2. Гапонов Д. А. Исследование полигонов и свалок: геофизические методы / Д. А. Гапонов // Твердые бытовые отходы. — 2010. — №7. — С. 38-41.
3. Гальперин А. М. Техногенные массивы и охрана окружающей среды / А. М. Гальперин, В. Фепстер, Х. Ю. Шеф. — 2-е изд. — М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2001. — 534 с.
4. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. — М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. — 16 с.
5. Графкина М. В. Теория и методы оценки геоэкологической безопасности создаваемых природно-технических систем: специальность 25.00.36 «Геоэкология»: автореф. дис. д-ра. техн. наук / Графкина Марина Владимировна. — М., 2009. — 40 с.
6. ГОСТ Р 56598-2015 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Общие требования к полигонам для захоронения отходов» / Разработан Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации материалов и технологий» (ФГУП «ВНИИ СМТ»). — М.: Стандартинформ, 2019. — 23 с.
7. Заиканов В. Г. Антропогенный фактор в геоэкологической оценке территорий / В. Г. Заиканов, Т. Б. Минакова // Геоэкология. Инженерная геоэкология. Гидрогеоэкология. Геокриология. — 2014. — №3. — С. 270-276.
8. Зомарев А. М. Санитарно-гигиенический мониторинг полигонов захоронения твердых бытовых отходов (ТБО) на этапах жизненного цикла: специальность 14.02.01 «Гигиена»: дис. д-ра. мед. наук / Зомарев Александр Михайлович. — Пермь, 2010. — 307 с.

9. Игнатович Н.И. Что нужно знать о твердых бытовых отходах / Н.И. Игнатович, Н. Г. Рыбальский // Экологический вестник России. — 1998. — № 1. — С.53-60.
10. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов / принята Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации 02.11.1996. — 39 с.
11. Инструкция по обращению с отходами в «АО Газпром распределение Брянск Восточный» / утверждена приказом главного инженера филиала АО Газпром распределение Брянск Восточный. — Брянск, 2022.
12. Кашников В.И. Геологический анализ техногенно-природных геосистем : специальность 25.00.35 «Геоэкология» : автореф. дис. канд. географ. наук / Кашников Владимир Иванович. — Воронеж, 2007. — 24 с.
13. Кокурин Д. И. Основы рециклинга. Общая теория : учебное пособие для вузов / Д.И. Кокурин, К.Н. Назин. — М.: Издательство Юрайт, 2020.—21 с.
14. Коротаев В.Н. Научно-методические основы и технические решения по снижению экологической нагрузки при управлении движением твердых бытовых отходов : специальность 11.00.11 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» : дис. д-ра. техн. наук / Коротаев Владимир Николаевич. — Пермь, 2000. — 319 с.
15. Лифшиц А.Б. Современная практика управления твердыми бытовыми отходами / А. Б. Лифшиц // Чистый город. — № 1. — С.2-14.
16. Максимова С.В. Экологические основы освоения территорий закрытых свалок и полигонов захоронения твердых бытовых отходов : специальность 03.00.16 «Экология» : дис. д-ра. техн. наук. / Максимова Светлана Валентиновна. — Пермь, 2004. — 285 с.
17. Малышевский А. Ф. Обоснование выбора оптимального способа обезвреживания твердых бытовых отходов жилого фонда в городах России / А. Ф. Малышевский // Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. — 2012. — № 5. — С. 3-5.

18. Мирный А.Н. Критерии выбора технологии обезвреживания и переработки твердых бытовых отходов / А. Н. Мирный // Чистый город. — 1999. — №1. — С.8-14.

19. Перфилов Е.В. Снижение антропогенного воздействия полигонов твердых бытовых отходов на воздушную среду : специальность 03.00.16 «Экология» : дис. канд.техн. наук / Перфилов Евгений Владимирович. — Волгоград, 2006. — 140 с.

20. Пляскина Н.И. Утилизация твердых коммунальных отходов: эколого-экономическая оценка использования инновационных технологий / Н. И. Пляскина, В.Н.Харитоновна, И. А. Вижина// Экологический вестник России. — 2016. — №2. — С. 34-39.

21. Патент № 2213908 Российская Федерация, МПК F23G5100, C1 (2002.02). Способ переработки твердых бытовых и промышленных отходов : № 2002122797103 :заявл. 26.02.2002 :опубл. 10.10.2003 / Новиков А.С., Корюков М.А., Новиков Н.Н., Мельников АВ., – 7 с.

22. Патент № 77984 Российская Федерация, МПК G05B 19/00 (2006.01), U1 (2006.01). Система управления потоками и отходами производства : № 2008126549/22 :заявл. 02.07.2008 :опубл. 10.11.2008 / Шайкенова О.В., – 12 с.

23. Патент № 2726979 Российская Федерация, МПК F01K13/00 (2006.01), F236 5/08 (2006.01), C1. Энергетический комплекс для переработки твердых бытовых отходов : № 201911628 :заявл. 24.06.2019 :опубл. 20.07.2010 / Паршуков В.И., Ефимов Н.Н., Кихтев И.М., Прятнина В.С., Капица В.В., Васильев Б.Н., – 9 с.

24. Савельев А.А. Оценка и обеспечение геоэкологической устойчивости массивов твердых коммунальных отходов для строительного хозяйственного освоения: специальность 25.00.36 «Геоэкология» : дис. канд. техн. наук / Савельев Алексей Александрович. — Самара, 2014. — 323 с.

25. Сигаева В.В.Характеристика стилей обучения (по VARK) / В.В. Сигаева // Новый взгляд на систему образования: сборник трудов III Международной научно-практической конференции. – Прокопьевск, 2021

[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46013417>
(дата обращения: 11.04.2025). – EDN PIMVHH

26. Сметанин В.И. Учебное пособие по курсовому проектированию: Проект полигона захоронения твердых бытовых отходов / В. И. Сметанин, И.А. Соломин, О. И. Соломина. — М.: МГУП, 2006. —68 с.

27. СНиП 2.01.28-85. Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию / утвержден Госстроем СССР. — М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985 — 16 с.

28. СП 2.1.7.1038-01. «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов» / утвержден 30.05.2001. — М.: Информационно-издательский центр Минздрава России. Бюллетень нормативных и методических документов Госсанэпиднадзора № 2, 2001. — 28 с.

29. СП 45.13330.2017. «Свод правил. Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87» / утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 27.02.2017 № 125/пр (ред. От 16.12.2021). — М., 2017. — 179 с.

30. Тупицына О.В. Оценка и восстановление природно-техногенных систем, нарушенных строительно-хозяйственной деятельностью : специальность 25.00.36 «Геоэкология» : дис. д-ра. техн. наук / Тупицына Ольга Владимировна.— Самара, 2014. — 323 с.

31. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 28.12.2013) // Собрание законодательства Российской Федерации. - 07.01.2002. - N 1 (Ч. 1). - Ст. 3.

32. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (ред. от 12.03.2014) // СПС КонсультантПлюс https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/
(дата обращения: 25.03.2025).

33. Юрченков В. Обучение через вызов, педагогика отношений и мультимодальность – в топе глобальных трендов, актуальных для российского контекста / В. Юрченков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sberuniversity.ru/edutech-club/pulse/trendy/40927/> (дата обращения: 11.04.2025).

34. Шаимова А. М. Анализ жизненного цикла природно-промышленной системы «Полигон ТБО» / А.М. Шаимова, Л. А. Насырова, Г. Г. Ягафарова// Материалы 21-й Международной научно-технической конференции «Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии». — Уфа: Реактив, 2008. — С. 216–217.

35. Ясовеев М.Г. Оценка основных подходов и методов геоэкологического исследования природно-техногенных систем / М.Г. Ясовеев, А.И. Андрухович // Экологический вестник. — 2013. — № 3. — С. 5-12.

36. Шубов Л.Я. Технология отходов :учебник / Л. Я. Шубов, М.Е. Ставровский, Д. В. Шехирев. — М.: Инфра-М, 2006. — 411 с.

37. Belevi H. Long-term behavior of municipal solid waste landfills/ H. Belevi, P. Vaccini// Waste Management and Research. — 1989. — № 7. — Pp. 43-56.

38. Huber-Humer M. Approaches to assess biocover performance on landfills / M. Huber-Humer, S. Roeder, P. Lechner // Waste Management. — 2009. — № 29 — Pp.2092–2104.

39. Karanjekar R.V. An improved model for predicting methane emissions from landfills based on rainfall, ambient temperature and waste composition / R.V. Karanjekar/ Doctor of philosophy the University of Texas at Arlington August, 2012. — 314 p.

40. Laner D. Understanding and evaluating long-term environmental risks from landfills / D. Laner. — PhD Thesis, 2011. — 243 p.

41. Popow V. Landfill emission of gases into the atmosphere. Boundary element analysis / V. Popow, H. Power // WIT press Boston Southampton Computational Mechanics Publications, 1994. — 189 p.

42. Sharma K., Yannakos M. The possibilities of multimodal data for learning: what can multimodal data tell us about learning [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bera-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/bjet.12993> (дата обращения: 11.04.2025).

43. Valsky A. Material Flux Analysis of a Sanitary under Semi Arid with Special Consideration of the Water Balance: Diplomarbeit/ A. Valsky// Wien: TechnischeUniversitat, 1998. — 155 p.

Приложение А

Смета затрат на внедрение программы мультимодального обучения

Таблица А.1 – Годовые затраты на внедрение метода мультимодального обучения в организации

Вид затрат	Стоимость, рублей
Анализ рисков, дефицитов компетентности и проектирование инструментария	50 000
Затраты на обучение персонала	300 000
Разработке мультимодальных обучающих материалов в том числе:	
– мультимедийное оборудование,	5 000 000
– формирование и загрузка контента (в том числе и печатной продукции),	565 000
– настройка локальных и сетевых параметров системы в соответствии с требованиями предприятия,	750 000
– обновление, содержание и сопровождение цифровой базы знаний,	350 000
– создание	
Оценка эффективности и разработка корректирующих действий	300 000
Итого	7 315 000

Приложение Б

Сводная таблица результатов расчета социальной эффективности

Таблица Б.1 – Сводная таблица результатов расчета социальной эффективности

Показатель	Ед.изм.	Период «До»	Период «После»	Изменение (Прирост/снижение)	Вывод
Коэффициент частоты травматизма	случаев на 1000 чел.	60	28.57	минус 31.43	Значительное снижение
Коэффициент тяжести травматизма	дней/случай	25	16.67	минус 8.33	Снижение (случаи менее тяжелые)
Коэффициент частоты профзаболеваемости	случаев на 1000 чел.	20	9.52	минус 10.48	Значительное снижение
Коэффициент тяжести заболевания	дней/случай	30	20	минус 10	Снижение (заболевания менее тяжелые)
Число случаев выхода на инвалидность	шт.	1	0	минус 1	Уменьшение
Сокращение текучести кадров из-за неудовлетворит. условий труда	ед./чел.	(5 до 2)	-	плюс 0.02	Снижение увольнений по этой причине
Потери рабочего времени на 100 рабочих (травматизм)	дней /100 человек в год	150	47.62	минус102.38	Значительное снижение потерь
Фактический годовой фонд рабочего времени 1 основного рабочего (с учетом потерь)	дней /100 человек в год	247.9	249.33	плюс 1.43	Небольшой прирост фактически отработанного
Прирост фактического фонда рабочего времени 1 основного рабочего после мероприятий	дней /100 человек в год	-	47.62	минус 102.38	Есть положительный прирост

Приложение В

Среднегодовое количество отходов пластика, металла и бумаги, поступающих в общем объеме ТКО на полигон АО «Газпром газораспределение Брянск Восточный»

Таблица В.1 – Среднегодовое количество отходов пластика, металла и бумаги, поступающих в общем объеме ТКО на полигон АО «Газпром газораспределение Брянск Восточный»

Наименование отходов	Единица измерения	Количество
Металлолом	тысяч тонн / год	3250
Бумага (картон)	тысяч тонн / год	5750
Отходы пластика	тысяч тонн / год	12500
Итого:		21500