

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 «Процесс обращения с отходами производства в организации.  
Процедура. Практика реализации. Рекомендации по улучшению».

Обучающийся

Е. В. Рыбакова

(И.О.Фамилия)

(личная подпись)

Научный

К.т.н., А.Б. Стешенко

руководитель

(ученая степень, звание, И. О. Фамилия)

Консультант

к.э.н., доцент Т.Ю. Фрезе

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

Тольятти 2024

## Содержание

Введение.....	3
Термины и определения .....	6
Перечень сокращений и обозначений.....	7
1 Анализ требований по обеспечению безопасности в области обращения с отходами производства.....	8
1.1 Нормативно-правовое обеспечение в области обращения с отходами производства в Российской Федерации.....	8
1.2 Экологические требования относительно отходов производства и потребления.....	13
2 Влияние геоэкологических факторов на выбор оптимальной схемы обращения с отходами .....	17
2.1 Отечественные и зарубежные методы утилизации отходов производства .....	17
2.2 Разработка рекомендаций по совершенствованию региональной системы управления сферой обращения с твёрдыми бытовыми отходами..	26
3 Практика реализации .....	55
3.1 Повышение эффективности системы управления сферой обращения с отходами производства .....	55
3.2 Анализ и оценка эффективности разработанных рекомендаций по совершенствованию системы управления сферой обращения с отходами производства. ....	64
Заключение .....	68
Список используемых источников.....	70

## Введение

Актуальность и научная значимость настоящего исследования. Система управления отходами представляет собой стратегию, которую определенная компания, социальная группа или муниципальное образование применяет для уменьшения, переработки, повторного использования и предотвращения генерации отходов. Список методов удаления отходов включает в себя переработку, компостирование, сжигание, захоронение, биоремедиацию, конвертацию отходов в энергию и сокращение количества отходов.

Подходы к обработке твердых и жидких отходов включают также различные решения для предметов, которые не относятся к категории мусора. Таким образом, вся идея сводится к повторному использованию мусора в качестве ценного ресурса, и, учитывая наш нынешний экологический климат, этот процесс чрезвычайно важен для всех домашних хозяйств и предприятий.

Существует множество стратегий и методов обращения с отходами. Эти стратегии можно комбинировать или перегруппировывать для формирования системы управления отходами, подходящей для конкретной организации. Большинство современных подходов ориентированы на повторное использование, переработку, сокращение.

Физическая переработка идеально подходит для утилизации неорганических отходов, таких как пластик, стекло и металлы. Хотя органические отходы, такие как бумага и продукты питания, также могут быть переработаны в обычном понимании, компостирование было бы лучшим методом их утилизации, поскольку оно превращает органические отходы в богатые питательными веществами удобрения.

Данные процессы должны регламентироваться и закрепляться документированными процедурами. Поэтому актуальна тема исследования: «Процесс обращения с отходами производства в организации. Процедура. Практика реализации. Рекомендации по улучшению».

Объектом исследования является процессы обращения с отходами производства в организации.

Предметом исследования – процедуры обращения с отходами производства в организации.

Цель исследования состоит в исследовании путей совершенствования процесса обращения с отходами производства в организации.

Гипотеза исследования состоит в том, что внедрение автоматизированной информационной системы учета и обращения отходов повысит эффективность управления отходами.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Рассмотреть нормативно-правовые положения в области обращения с производственными отходами в РФ и экологические нормативы, стандарты по обращению с отходами.
2. Изучить влияние геоэкологических факторов на выбор оптимальной схемы обращения с отходами.
3. Провести анализ существующей системы управления отходами на исследуемом предприятии.
4. Провести анализ предлагаемых цифровых решений для учета обращения и накопления отходов производства.

Теоретической основой исследования послужили труды российских ученых, практиков в области управления процесса обращения с отходами производства.

Методы исследования: эмпирический метод исследования, теоретический метод исследования – анализ научных публикаций (периодических изданий, материалов сборников научных конференций и т. п.) и учебных пособий (учебники, учебные пособия, методические указания и пр.), затрагивающих тематику научно–исследовательской работы. Анализ нормативных документов, регламентирующих те или иные характеристики, касающиеся объекта и предмета исследований.

Опытно-экспериментальная база исследования ФГУП «ФЭО».

Научная новизна исследования заключается в предложенных средствах автоматизации для совершенствования процесса обращения с отходами производства в организации.

Практическая реализация результатов исследования внедрение АИС «Отходы» повысит общую эффективность объекта. Автоматизируя ключевые процессы, объекты управления отходами могут сократить администрирование и оцифровать повторяющиеся процессы.

Теоретическая и практическая значимость диссертации заключается в улучшении соблюдения требований. Автоматизация отслеживания отходов помогает предприятиям соблюдать нормативные требования, гарантируя доступность всех необходимых данных.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивается использованием сертифицированного измерительного оборудования, корректным применением методов системного анализа, а также результатами экспериментальной проверки.

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в постановке цели, определении требуемых для ее достижения задач и их теоретической и практической реализации.

На защиту выносятся:

1. Разработанные рекомендации по совершенствованию региональной системы управления сферой обращения с твёрдыми бытовыми отходами.
2. Анализ и оценка эффективности разработанных рекомендаций по совершенствованию системы управления сферой обращения с отходами производства.

Структура работы. Работа состоит из введения, терминов и определений, перечня сокращений и обозначений, трех разделов, заключения и списка используемых источников. Основная часть исследования изложена на 73 страницах, текст иллюстрирован 2 таблицами, 4 рисунками.

## Термины и определения

В настоящем отчете применяют следующие термины с соответствующими определениями.

«Качество окружающей среды – степень соответствия среды жизни человека его потребностям. От окружающей человека среды (природные условия, условия на рабочем месте, жилищные условия) зависит продолжительность жизни, здоровье, уровень заболеваемости и др.» [13].

«Отходы производства и потребления (далее – отходы) – вещества или предметы, которые образованы в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления, которые удаляются, предназначены для удаления или подлежат удалению; классы опасности отходов: 1 – чрезвычайно опасные, 2 – высоко опасные, 3 – умеренно опасные, 4 – малоопасные, 5 – неопасные» [13].

«Утилизация отходов – использование отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг, включая повторное применение отходов, в том числе повторное применение отходов по прямому назначению (рециклинг), их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), а также извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация)» [13].

Обезвреживание отходов – уменьшение массы отходов, изменение их состава, физических и химических свойств (включая сжигание и (или) обеззараживание на специализированных установках) в целях снижения негативного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду [13].

«Экологический контроль – это система мер по предотвращению, выявлению и пресечению нарушения законодательства в области охраны окружающей среды. Различают государственный, производственный и общественный контроль» [13].

## Перечень сокращений и обозначений

В настоящей ВКР используются следующие обозначения и сокращения:

АВТ – установка атмосферной переработки нефти и вакуумной перегонки мазута;

АО – акционерное общество;

АОИР – анализ опасностей и работоспособностей;

НМУ – неблагоприятные метеорологические условия;

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод;

КИПиА – контроль измерительных приборов и автоматики;

ООО – общество с ограниченной ответственностью;

ПАО – публичное акционерное общество;

ПНГ – природный нефть и газ;

ПСБ – промышленная система безопасности;

СИЗ – средства индивидуальной защиты;

СИЗОД – средства индивидуальной защиты дыхания;

УПН – установка подготовки нефти;

ЭЛОУ – электрообессоливающие установки.

# **1 Анализ требований по обеспечению безопасности в области обращения с отходами производства**

## **1.1 Нормативно-правовое обеспечение в области обращения с отходами производства в Российской Федерации**

Нормативные правовые акты федерального уровня в соответствии с иерархией права, принятой в РФ, регулируют сферу обращения с отходами в следующей последовательности:

- Конституция РФ;
- Федеральные законы РФ;
- указы и распоряжения президента РФ [21];
- постановления и распоряжения Правительства РФ;
- ведомственные акты федеральных органов исполнительной власти.

Также применяются технические документы, не принадлежащие по статусу к нормативно-правовым актам [23].

Конституцией РФ закреплены основные права и обязанности в области охраны окружающей среды:

«Каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением.» (ст. 42)

«Каждый обязан сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам.» (ст. 58)

Основными федеральными законами, регулирующими сферу обращения с отходами, являются:

Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления (с изменениями на 29 декабря 2014 года) (редакция, действующая с 1 февраля 2015 года)» (89-ФЗ) определяет правовые основы обращения с отходами производства и потребления в целях предотвращения

вредного воздействия отходов производства и потребления на здоровье человека и окружающую среду, а также вовлечения таких отходов в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья. 89-ФЗ – основной рамочный закон, регулирующий отношения в области обращения с отходами.

Данный ФЗ состоит из 8 глав.

В I главе «Общие положения» – 4 статьи:

В статье 1 приведены основные термины и определения области ОО.

В статье 2 указан предмет регулирования данного ФЗ: это отношения в области обращения с отходами, за исключением радиоактивных, биологических, медицинских отходов, веществ, разрушающих озоновый слой (за исключением случаев, если такие вещества являются частью продукции, утратившей свои потребительские свойства), выбросов вредных веществ в атмосферу и сбросов вредных веществ в водные объекты, отношения с которыми регулируются соответствующим законодательством.

В статье 3 определены основные принципы и приоритетные направления государственной политики в области обращения с отходами.

Это:

- охрана здоровья человека, поддержание или восстановление благоприятного состояния окружающей среды и сохранение биологического разнообразия;
- научно обоснованное сочетание экологических и экономических интересов общества в целях обеспечения устойчивого развития общества;
- использование наилучших доступных технологий при обращении с отходами;
- комплексная переработка материально-сырьевых ресурсов в целях уменьшения количества отходов;
- использование методов экономического регулирования деятельности в области обращения с отходами в целях уменьшения

- количества отходов и вовлечения их в хозяйственный оборот;
- доступ в соответствии с законодательством Российской Федерации к информации в области обращения с отходами;
- участие в международном сотрудничестве Российской Федерации в области обращения с отходами.

Направления государственной политики в области обращения с отходами являются приоритетными в следующей последовательности:

- максимальное использование исходных сырья и материалов;
- предотвращение образования отходов;
- сокращение образования отходов и снижение класса опасности отходов в источниках их образования;
- обработка отходов;
- утилизация отходов;
- обезвреживание отходов.

В статье 4 закреплено, что право собственности на отходы определяется в соответствии с гражданским законодательством. Статьей 41 приведена классификация отходов по степени негативного воздействия на окружающую среду:

- I класс – чрезвычайно опасные отходы;
- II класс – высокоопасные отходы;
- III класс – умеренно опасные отходы;
- IV класс – малоопасные отходы;
- V класс – практически неопасные отходы [26].

Во II главе закреплены полномочия РФ, субъектов РФ, органов местного самоуправления в области ОО.

В III главе представлены требования:

- по лицензированию отдельных видов деятельности в области обращения с отходами;
- к проектированию, строительству, эксплуатации, реконструкции,

- консервации и ликвидации предприятий, зданий и иных объектов;
- к объектам размещения отходов;
- к обращению с отходами, в том числе отдельными видами отходов;
- к профессиональной подготовке лиц, допущенных к обращению с отходами I- IV класса опасности;
- трансграничному перемещению отходов.

В IV главе представлены основные принципы нормирования, государственного учета и отчетности в области обращения с отходами

В V главе определены принципы экономического регулирования в области обращения с отходами, основные из которых:

- плата за НВОС при размещении отходов;
- утилизационный сбор (касается транспортных колесных средств);
- нормативы утилизации от использования товаров и экологический сбор [27].

В VI главе определены принципы государственного надзора в области обращения с отходами, необходимость осуществления производственного и возможность проведения общественного контролей в области обращения с отходами.

VII главой предусмотрены виды ответственности за нарушение законодательства в области обращения с отходами.

В III главе представлены заключительные и переходные положения.

В прочих ФЗ, касающихся охраны окружающей среды и регулирования хозяйственной и иной деятельности, так или иначе связанной с обращением с отходами, также изложены некоторые положения, регулирующие сферу обращения с отходами. Из них:

- Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды (с изменениями на 29 декабря 2014 года)» предусматривает необходимость разработки нормативов образования отходов и лимитов на их размещение, устанавливает общие принципы безопасного обращения с отходами, необходимость

государственного надзора и учета и прочие требования.

- Федеральный закон от 04.05.1999 N 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха (с изменениями на 29 декабря 2014 года)» регламентирует требования к предотвращению вредного воздействия на атмосферный воздух отходов производства и потребления при их хранении, захоронении и обезвреживании (ст. 18).
- Земельный кодекс Российской Федерации (с изменениями на 29 декабря 2014 года) (редакция, действующая с 22 января 2015 года) (Федеральный закон от 25.10.2001 N 136-ФЗ) в статье 13 обязывает землепользователей защищать земли от захламления отходами производства и потребления, загрязнения.
- Федеральный закон от 30.03.1999 N 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения (с изменениями на 29 декабря 2014 года)» регламентирует санитарные требования (ст. 22) к порядку, условиям и способам сбора, использования, обезвреживания, транспортировке, хранению и захоронению отходов производства и потребления, которые также должны устанавливаться местными органами самоуправления и иметь санитарно-эпидемиологическое заключение о соответствии указанного порядка санитарным правилам.
- Федеральный закон от 06.10.2003 N 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации (с изменениями на 29 декабря 2014 года)» разграничивает полномочия органов местного самоуправления в сфере обращения с отходами.
- Закон РФ от 21.02.1992 N 2395-1 «О недрах (в редакции Федерального закона от 3 марта 1995 года N 27-ФЗ) (с изменениями на 29 декабря 2014 года) (редакция, действующая с 1 февраля 2015 года)» регламентирует общие требования к обращению с отходами добычи и обогащения полезных ископаемых, а также

использованию искусственных и естественных полостей, выемок недр для целей хранения и захоронения отходов.

- «Кодексом РФ об административных правонарушениях (с изменениями на 31 декабря 2014 года) (редакция, действующая с 5 февраля 2015 года)» (Федеральный закон от 30.12.2001 N 195-ФЗ), «Уголовным кодексом Российской Федерации (с изменениями на 31 декабря 2014 года) (редакция, действующая с 23 января 2015 года)» (Федеральный закон от 13.06.1996 N 63-ФЗ) установлены различные меры ответственности за нарушение требований законодательства в области обращения с отходами.
- Федеральный закон от 23.11.1995 г. № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе (с изменениями на 21 июля 2014 года) (редакция, действующая с 1 февраля 2015 года)» устанавливает необходимость прохождения государственной экологической экспертизы проектной документации объектов, связанных с размещением и обезвреживанием отходов I-V класса опасности, проектов ликвидации горных выработок с использованием отходов производства черных металлов IV и V классов опасности (ст. 10).
- Федеральный закон от 04.05.2011 № 99-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности (с изменениями на 14 октября 2014 года)» устанавливает необходимость лицензирования отдельных видов деятельности в области обращения с отходами.

Подзаконными и ведомственными нормативными актами регулируются отдельные вопросы области обращения с отходами.

## **1.2 Экологические требования относительно отходов производства и потребления**

По вопросам, связанным с обращением с отходами производства и потребления целесообразно руководствоваться требованиями Федерального

закона от 24.06.1998 № 89-ФЗ (письмо Минприроды России от 15.12.2021 N 25-50/17850-ОГ).

Экологические требования по обращению с отходами производства и потребления закреплены так же в части 2 «Временные правила охраны окружающей среды от отходов производства и потребления в Российской Федерации» (утв. Минприроды РФ 15.07.1994)» [19].

Юридически выверенное определение понятию «Отходы производства и потребления» дано в Федеральном законе от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления». В ст. 1 указанного Федерального закона № 89-ФЗ определяется: «отходы производства и потребления (далее – отходы) – вещества или предметы, которые образованы в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления, которые удаляются, предназначены для удаления или подлежат удалению в соответствии с настоящим Федеральным законом».

Обращение с отходами производства и потребления, помимо названного выше Федерального закона от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», регулируется также рядом законодательных и подзаконных актов, а также Базельской конвенцией о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов. Именно ратификация Россией Базельской конвенции в 1995 году во многом стало стимулом для развития национального российского законодательства в этой сфере [20].

Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [15] определяет основные требования в области охраны окружающей среды при обращении с отходами в статье 51.

Статья 51. Требования в области охраны окружающей среды при обращении с отходами производства и потребления.

Отходы производства и потребления, в том числе радиоактивные отходы, подлежат сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, хранению и захоронению, условия и способы которых должны быть

безопасными для окружающей среды и регулироваться законодательством Российской Федерации [6].

Запрещаются:

- сброс отходов производства и потребления, в том числе радиоактивных отходов, в поверхностные и подземные водные объекты, на водосборные площади, в недра и на почву;
- размещение опасных отходов и радиоактивных отходов на территориях, прилегающих к городским и сельским поселениям, в лесопарковых, курортных, лечебно-оздоровительных, рекреационных зонах, на путях миграции животных, вблизи нерестилиц и в иных местах, в которых может быть создана опасность для окружающей среды, естественных экологических систем и здоровья человека;
- захоронение опасных отходов и радиоактивных отходов на водосборных площадях подземных водных объектов, используемых в качестве источников водоснабжения, в бальнеологических целях, для извлечения ценных минеральных ресурсов;
- ввоз опасных отходов в Российскую Федерацию в целях их захоронения и обезвреживания [25];
- ввоз радиоактивных отходов в Российскую Федерацию в целях их хранения, переработки или захоронения, за исключением случаев, установленных настоящим Федеральным законом и Федеральным законом «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»;
- захоронение в объектах размещения отходов производства и потребления продукции, утратившей свои потребительские свойства и содержащей озоноразрушающие вещества, без рекуперации данных веществ из указанной продукции в целях их восстановления для дальнейшей рециркуляции (рециклирования)

или уничтожения [24].

Вывод по разделу 1.

В данном разделе была рассмотрена нормативно-правовая база в области обращения с отходами производства в Российской Федерации.

Источники права федерального уровня в соответствии с иерархией права, принятой в РФ, регулирующие сферу обращения с отходами по степени значимости:

- Конституция РФ;
- Федеральные законы РФ;
- указы и распоряжения президента РФ;
- постановления и распоряжения Правительства РФ;
- ведомственные акты федеральных органов исполнительной власти.

К прочим регулирующим нормам относят технические документы, не имеющие статуса нормативно-правовых актов.

Рассмотрены также экологические требования по обращению с отходами. Вопросы обращения с отходами являются одними из наиболее актуальных проблем экологии. Особенно это касается крупных промышленных предприятий, в процессе деятельности которых образуется большое количество отходов разной степени опасности. Наряду с техническими вопросами сбора, хранения, утилизации и захоронения отходов важным является необходимость соблюдения требований экологического законодательства.

Утилизация отходов и менеджмент вторсырья — это все необходимые действия и виды деятельности по управлению отходами с момента их образования до окончательного удаления. В эту деятельность входят сбор, транспортировка, обработка и утилизация, а также наблюдение, прогнозирование и регулирование [27]. Регулируются вышеперечисленные виды деятельности нормативно-правовой базой, касающейся обращения с отходами, их утилизации и рециклинга.

## **2 Влияние геоэкологических факторов на выбор оптимальной схемы обращения с отходами**

### **2.1 Отечественные и зарубежные методы утилизации отходов производства**

Накопление отходов становится естественным результатом жизнедеятельности поселения людей (далее – муниципального образования (МО)). Чем более масштабным является МО, тем сложнее структура образующегося мусора, т.к. больше связанных с поселением различных производств, всевозможных предприятий и организаций. Главными «производителями» отходов при этом становятся: станции водоподготовки и водоочистки, население, производственные объединения, строительные организации, объекты ремонта, медицинские учреждения [2].

На данный момент принят федеральный Национальный проект «Экология». «Работа по нацпроекту, направленному на охрану окружающей среды, ведётся по следующим направлениям: утилизация и переработка отходов, ликвидация свалок, сохранение лесов и водоемов, снижение выбросов в атмосферу, развитие экологического туризма и экологического воспитания, сохранение биологического разнообразия» [7].

«К 2024 году планируется рекультивировать (технический этап рекультивации и первичная высадка растительности) земельные участки, находящиеся под 191 несанкционированной свалкой; ликвидировать как минимум 88 наиболее опасных объектов накопленного вреда. В рамках федерального проекта в настоящее время ведутся работы по разработке проектно-сметной документации по ликвидации наиболее опасных объектов таких как «Полигон Красный бор» в г. Санкт-Петербург, «ООО «Усольехимпром»» в г. Усолье-Сибирское Иркутской области» [7].

«Также планируется найти средства на ликвидацию брошенных промышленных свалок и предприятий» [7].

Одной из основных составляющих проекта будет реализация качественного и надежного алгоритма утилизации твердых коммунальных отходов. Планируется реализовать до 2030 года стопроцентную сортировку мусора, а также двукратное снижение объема мусора, вывозимого на полигоны. Не менее третьей части бытовых отходов будет подвергаться вторичной переработке. Значительно возрастет количество и качество заводов по переработке вторсырья. Для успешной реализации и адаптации новой инфраструктуры важно не только реализовать данные комплексы по переработке и утилизации отходов, но и развивать новую культуру отношения общества к проблемам экологии в целом и обращению с мусором в частности, активно укоренять отдельный сбор бытовых отходов. Так называемое осознанное потребление, жизнь по принципу нулевого количества отходов позволит заложить прочную основу экологичного будущего [7].

Правильная сортировка мусора даст возможность повторно задействовать сырье в хозяйственном обороте. Определенные вещества и материалы допускают семикратный рециклинг [7].

«В будущем будет создана карта с информацией о ближайших пунктах отдельного сбора отходов. Тем самым каждый человек в своем регионе оперативно может посмотреть, где в шаговой доступности можно сдать стекло, бумагу, батарейки (аккумуляторы, кабели)» [7].

«Из всех доступных на сегодня в России способов борьбы со все возрастающим количеством твердых коммунальных отходов можно выделить следующие:

- захоронение ТКО на полигонах, в том числе свалках;
- сжигание;
- сортировка с получением вторичного сырья» [11].

Последовательная схема переработки потока смешанных отходов показана на рисунке 1.



Рисунок 1 – Последовательная схема переработки потока смешанных отходов [11]

«Как показала мировая практика, только 22-28% предварительно не отсортированных ТКО экономически целесообразно подвергать ресайклингу (переработке и вторичному использованию). По оценкам экспертов, эффективнее перерабатывать ТКО нежилого сектора, так как выход вторичного сырья при переработке отходов нежилого сектора выше (он составляет около 30-40%). При переработке отходов жилого сектора выход полезных фракций вторичного сырья находится в диапазоне 15-20%» [12].

Прочий объем мусора возможно отправить на компостирование (биотермическую утилизацию) либо сжигание. На выходе такой биотермической переработки получают органические удобрения [8].

К сожалению, для биотермической переработки подходят не более четверти всех твердых коммунальных отходов. Порядка половины ТКО в случае биотермической переработки неизбежно приходится либо сжигать, либо отправлять на полигоны [5].

«Как наиболее технически и экономически целесообразный из термических процессов в настоящее время используется процесс сжигания при температурах 900-1100°C. Сжигание ТКО широко распространено в западноевропейских странах, где в настоящее время сжигается от 36% (Франция) до 80% (Швейцария) ТКО, тогда как компостированием перерабатывается от 2% (Германия) до 15% (Нидерланды)» [13].

Максимальный энергетический эффект дают комбинированные способы с использованием оборудования по утилизации вторсырья и сжиганию или непосредственное сжигание отходов без их предварительной подготовки с выработкой тепловой и электрической энергии [18]. Минимальный эффект получается от компостирования с захоронением неорганических остатков [28].

«Исходя из этого, для крупных городов, способных позволить себе строительство мусоросортировочных и мусоросжигательных заводов, больше подходят комбинированные технологии, предполагающие сепарацию отходов в процессе ресайклинга, а также использование дополняющих друг

друга процессов биотермической и высокотемпературной термической переработки компостируемых и некомпостируемых органических отходов» [14].

Рассмотрим предприятие, занимающееся утилизацией отходов.

«Предприятие оказывает следующие услуги:

- сбор и транспортирование отходов;
- обработка твёрдых коммунальных отходов;
- предоставление в аренду специализированной техники;
- утилизация ПЭТ-тары с получением ПЭТ-флекссы, которая используется для производства полиэфирного волокна и другой продукции;
- утилизация полиэтиленовой плёнки с получением вторичного ПЭТ-гранулята;
- утилизация отработанных нефтесодержащих жидкостей, древесных отходов и отходов озеленения;
- утилизация строительных отходов во вторичный щебень;
- термическое уничтожение архивных документов;
- утилизация изношенных колёс для производства резиновой крошки, которая используется для изготовления эластичных травмобезопасных спортивных покрытий, а также в качестве добавки в асфальтобетонные смеси;
- производство полиэтиленовых пакетов и мешков для мусора;
- измельчение крупногабаритных отходов» [4].

Технологическое оборудование компании многообразно и довольно сложно в эксплуатации и по составу. Предприятие оперирует новейшими мусоровозами Золлер [29].

На рисунке 2 представлена схема мини-завода по сортировке ТКО.

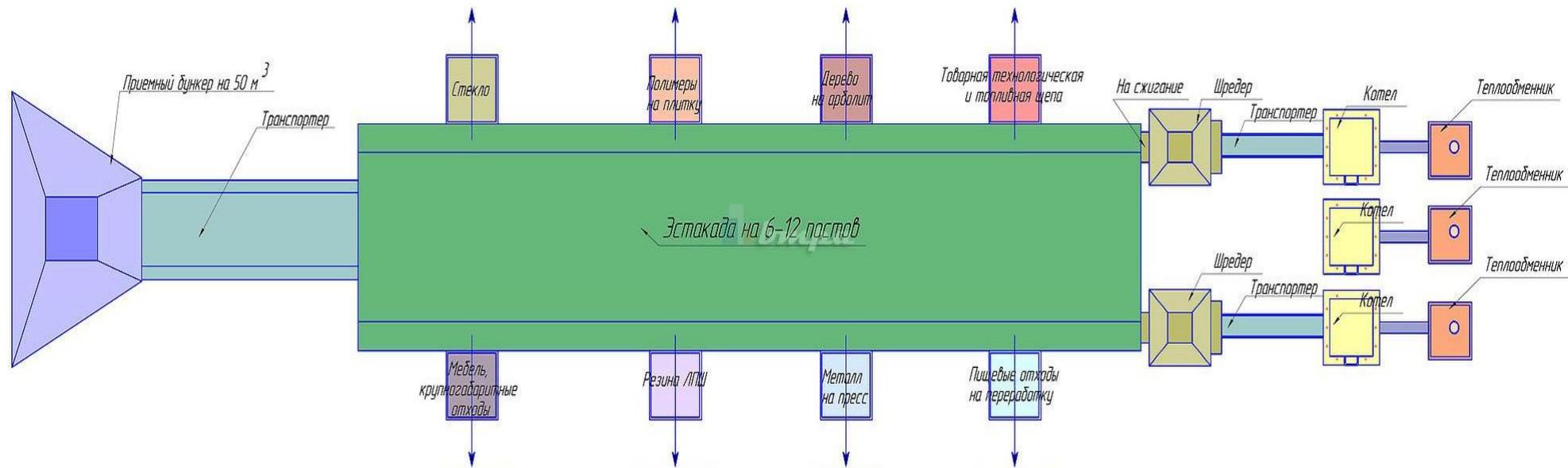


Рисунок 2 – Схема мини завода по переработке и сортировке ТКО

В состав мини-завода входят:

- бункер для приема отходов с сепаратором;
- эстакада для постов;
- транспортер;
- шредеры для бумаги.

Оборудование предназначено для вторично используемых материалов (пластик, пленка, стекло, металлы и др.) из общей массы твёрдых коммунальных отходов (ТКО) и утилизации непригодных к переработке фракций ТКО («хвостов») способом дожига в котле КДО. Может применяться также для сортировки, переработки и утилизации содержимого уже не использующихся закрытых свалок [30].

ТКО выгружаются в приемный бункер, и затем по транспортеру направляются в контейнер, где установлен сепаратор барабанного типа с разрывателем пакетов. Сепаратор предназначен для удаления мелких фракций до 35 мм, которые в процессе прохождения ТКО по барабану, с помощью шнекового транспортера попадают на транспортное устройство. Остальная масса ТКО движется по конвейерной ленте, где сортируется по отдельным фракциям.

«К основным этапам сортировки твердых коммунальных отходов относятся:

1. Подготовка ТКО. Твердые коммунальные отходы проходят предварительную сортировку, в ходе которой отделяются КГО, стекло, опасные отходы, мелкая фракция, а также разрываются пакеты.

2. Основная сортировка ТКО. Из подготовленного потока ТКО выделяется бумага, картон, полимеры, другие виды вторичного сырья вручную или с использованием сенсорного оборудования, позволяющего автоматизировать процесс сортировки.

3. Подготовка вторичного сырья к реализации. Вторичное сырье дополнительно контролируется на соответствии требований к качеству и, при

необходимости, досортировывается. Бумага, картон, полимеры – прессуются и упаковываются в кипы, стекло – грузится в транспортную тару.

4. Извлечение остаточного ресурсного потенциала. Из остатков сортировки выделяется поток материалов с высокой теплотой сгорания для дальнейшей переработки в топливо, поток биоразлагаемых отходов для компостирования, поток инертных материалов для использования в строительстве, а также опасные материалы.

5. Обработка КГО. Крупногабаритные отходы (мебель, дерево, окна, двери, ковры, рубероид, матрасы) вручную разбирают или дробят с использованием специального оборудования для извлечения вторичного сырья и уменьшения объемов материалов, которые необходимо захоранивать.

6. Обработка мелкой фракции. Мелкая фракция подвергается грохочению и другим методам с целью получения вторичного сырья (например, металла).

7. Подготовка опасных материалов. Из опасных материалов извлекают ценные компоненты (литий, серебро, цинк, никель), сливают электролит из аккумуляторов для повторного использования, выделяют поток металлических и пластмассовых элементов для переплавки» [5].

Каждый этап разбивается на отдельные шаги, подэтапы.

Общая технологическая схема сортировки изображена на рисунке 3.

Часть вторсырья, оставшаяся по завершении всех стадий сортировки, имеющая относительно однородный состав, — это так называемые «хвосты» сортировки.



Рисунок 3 – Сортировка отходов. Схема технологическая

Сортировка ТКО относится к основным составляющим общей системы обращения с отходами и дает возможность выполнить ряд функций:

- обособление отдельных элементов отходов для последующей переработки;
- отделение опасных составляющих для последующего обезвреживания;
- снижение до наименьших объемов количества не утилизируемых компонентов для их финального захоронения;
- предотвращение смешивания разнородных составляющих, полученных при раздельном сборе для упрощения их дальнейшей утилизации [10].

С целью обеспечения максимально качественной сортировки ТКО с оптимальным извлечением компонентов, обладающих хорошим ресурсным потенциалом, и уменьшения сопутствующих расходов важно корректно построить технологическую линию, выбрав соответствующее оснащение и оборудование для всех необходимых фаз процесса [16].

## **2.2 Разработка рекомендаций по совершенствованию региональной системы управления сферой обращения с твёрдыми бытовыми отходами**

Сбор ТКО в основном осуществляется посредством мусоропроводов, дворовых и уличных мусоросборников – контейнеров. Вывоз ТКО осуществляется по несменяемой системе контейнеров, на планово-регулярной основе, согласно заключенным договорам. Емкости для временного хранения отходов (контейнеры), используемые на территории г. Тольятти, в основном, изготовлены из листовой стали 3 толщиной 2 мм, снабжены уголками захвата и усилены арматурой по углам контейнера, и имеют вместимость 0,75 куб. м при полной загрузке. Контейнеры установлены в местах временного накопления ТКО – контейнерных

площадках. Для сбора крупногабаритных отходов на площадках предусматриваются специальные отсеки.

В некоторых густонаселенных районах города (частный сектор) применяется бесконтейнерная (планово-поквартирная) схема сбора и вывоза ТКО. Спецавтотранспорт прибывает в точно назначенное время, к которому жильцы выносят отходы и погружают в мусоровоз.

Доставка коммунальных отходов из домовладений и предприятий-природопользователей осуществляется одноэтапно, без использования мусороперегрузочных станций.

Российская Федерация на данный момент не отличается топовыми позициями по объемам и качеству переработки вторсырья. Превалирующее количество отходов все еще оказывается на свалках и полигонах. Редкие предприятия специализируются на переработке, и лишь небольшой процент мусора идет на сжигание. При этом каждый метод имеет и свои отличия.

Согласно свежим данным Росприроднадзора, в Государственный реестр объектов размещения отходов добавлено порядка тысячи полигонов. При сохранении увеличения ТКО примерно на 1–2% ежегодно их возможности довольно скоро будут израсходованы. На каких-то территориях РФ это случится уже в следующем году, на других — через два-три года.

Участвовать в оборудовании новых полигонов муниципалитетам мешают и дефицит средств, и низкая эффективность самих полигонов. Свалки требуют огромных площадей, при этом они подвержены ветровой и водной эрозии, вымыванию из отходов и грунта токсичных веществ и их дальнейшей миграции.

Кроме вышеописанных полигонов, имеются многочисленные несанкционированные места скопления отходов. В 2019 году в разных городах РФ выявили более 27 тыс. незаконных свалок. Стихийные мусорные площадки возникают там, куда легче проехать грузовикам: в лесах, в полях, у трасс и рядом с жилыми комплексами.

Многие жители России вынуждены жить поблизости от таких стихийных свалок в надежде, что рано или поздно эти скопления отходов будут ликвидированы. Так, например, в Дзержинске у трассы М-7 обнаружено место массового сброса гниющего лука. Во Всеволожском районе Ленинградской области найдена свалка старой мебели. Еще одна незаконная помойка появилась на территории сельхозназначения в дер. Сиговка Тверской области. В башкирском городе Туймазы обнаружен склад медицинских отходов из расположенного поблизости лечебного учреждения.

Принимаемая система сбора отходов зависит от расстояния населенного пункта до объекта переработки, вида жилого фонда (высотная или малоэтажная застройка), планировки (ширина проездов, наличие площадей для разворота техники), принятой стратегии обращения с отходами (основной технологией служит захоронение, отбор вторичного сырья или сжигание), климатических условий, принятой технологии сбора (в одно ведро, селективный), применяемой техники для вывоза отходов, наличия ограничений по габаритам и весу транспорта для вывоза отходов.

Основными вариантами реализации сбора отходов являются:

- сбор в контейнеры малой емкости (до 3 куб. м);
- сбор отходов с использованием мусоропроводов;
- сбор с использованием сменяемых контейнеров с подпрессовкой/без подпрессовки в заглубленном или наземном исполнении;
- индивидуальная система сбора с использованием мешков.

Современный и надежный контейнерный парк, позволяющий собирать ТБО, является наряду с мусороуборочной техникой основой для эффективного сбора и транспортировки ТБО к местам их дальнейшей обработки (перегрузки, сортировки, утилизации).

Число контейнеров должно определяться исходя из сложившейся ситуации и экономической целесообразности.

Основные требования к контейнерам:

- наличие крышек для предотвращения распространения дурных запахов, растаскивания отходов животными, распространения инфекций, сохранения ресурсного потенциала отходов, предотвращения обводнения отходов;
- оснащение колесами, что позволяет выкатывать контейнер для опорожнения при вывозе мусороуборочной техникой с задней загрузкой;
- прочность, огнеупорность, сохранение прочностных свойств в холодный период времени;
- низкие адгезионные свойства (с целью предотвращения примерзания и прилипания отходов).

Достоинства данной схемы:

- возможность использования при внедрении отдельного сбора;
- удобство использования для отходообразователей (есть возможность разместить отходы на площадке в любое время);
- достаточно низкие удельные затраты на транспортировку (маршрут может быть легко оптимизирован).

Схема с использованием контейнерных площадок, рассчитанных на сбор отходов от большого числа поставщиков, подходит для сбора отходов от объектов инфраструктуры и благоустроенного жилого фонда. Использование данной схемы в сельской местности нецелесообразно, так как проблематично организовать регулярный вывоз отходов.

Сбор отходов с использованием мусоропроводов реализуется в домах с количеством этажей более девяти. При этом отходы накапливаются в специально отведенном помещении внутри дома в течение суток и более, что приводит к распространению запахов, размножению насекомых и грызунов, являющихся переносчиками различных заболеваний.

Основное и единственное достоинство системы сбора отходов с использованием мусоропроводов – удобство выноса мусора для населения.

К недостаткам такой системы можно отнести:

- невозможность организации селективного сбора;
- распространение насекомых, грызунов, являющихся переносчиками инфекций;
- неудобство обслуживания.

Варианты системы вывоза ТБО: прямой вывоз собирающими мусоровозами и двухэтапный вывоз с промежуточной перегрузкой на станции.

Прямой вывоз с применением собирающих мусоровозов.

Прямой вывоз отходов собирающими мусоровозами (с объемом кузова 12 – 18 куб. м) применим только в том случае, если расстояние до объекта захоронения не более 15 – 17 км, в противном случае их использование становится экономически нецелесообразным.

Мусоровозы с задней загрузкой позволяют:

- обслуживать контейнеры различной конфигурации (от 0,1 до 2 куб. м);
- минимизировать затраты на загрузку отходов (меньшая высота подъема контейнера);
- обеспечить более комфортные условия труда для работников, обслуживающих спецтехнику;
- уменьшить количество просыпающихся отходов.

Подбор транспорта для вывоза отходов во многом определяется принятой системой сбора. Кроме того, при подборе оборудования следует учитывать:

- максимально разрешенные нагрузки на дорожное полотно;
- возможность подъезда и разворота техники (ширина улиц, наличие разворотных площадок, мостов, тоннелей, арок);
- количество и качество образующихся отходов.

Вывоз отходов с контейнерных площадок осуществляется собирающими мусоровозами. По способу погрузки ТБО из контейнера собирающие мусоровозы делятся на две группы: (1) мусоровозы задней загрузки; (2) мусоровозы боковой загрузки. Для обслуживания описанного выше контейнерного парка для сбора ТБО с помощью "евроконтейнеров" или контейнеров типа ГМТ (60...240 л) оптимальным является использование мусоровозов с задней загрузкой, например, типа "ротопресс" или "вариопресс".

Основные преимущества технологии задней загрузки:

- коэффициент уплотнения мусора в мусоровозах с задней загрузкой достигает 5, в то время как в мусоровозах с боковой загрузкой этот коэффициент не превышает 1,5...2, поэтому при одном и том же объеме мусоросборника при применении соответствующего шасси грузоподъемность мусоровоза увеличивается в 2,5...3 раза, что позволяет пропорционально сократить требуемый парк спецтехники;
- технология задней загрузки позволяет решать экологические проблемы за счет исключения просыпания мусора при загрузке контейнера, так как загрузка осуществляется в габаритах мусороприемника, а не через небольшую воронку на крыше мусоросборника, как при боковой загрузке;
- работа с механизмом опрокидывания на мусоровозах с задней загрузкой значительно безопасней для оператора машины, так как подъем контейнера осуществляется на высоту 1,5...1,8 м от земли, а не на 2,5...4 м, как при боковой загрузке;
- при задней загрузке твердыми бытовыми отходами мусоровоз может загружаться и вручную, и фронтальным погрузчиком, что исключено при боковой погрузке.

Двухэтапный вывоз с промежуточной перегрузкой на станции.

Двухэтапный вывоз с промежуточной перегрузкой на станции применяется при дальности вывоза более 17...25 км.

Доставка отходов на мусороперегрузочные станции осуществляется малыми собирающими мусоровозами. Вывоз отходов с мусороперегрузочной станции осуществляется мусоровозами со съемными контейнерами 20...30 куб. м в уплотненном состоянии.

При выборе большегрузных мусоровозов следует учитывать:

- снаряженную массу транспортного средства (не превышает ли она допустимую нагрузку на дороги);
- длину транспортного средства, радиус разворота, высоту, ширину;
- уровень шумности;
- уровень загрязнения окружающей среды (при наличии особых требований);
- возможность работы в зимний период.

Мусороперегрузочные станции.

Устройство мусороперегрузочных станций позволяет:

- снизить временные затраты на сбор и вывоз отходов;
- снизить эксплуатационные затраты на ГСМ и ремонт парка мусоровозов;
- укрупнить объекты переработки;
- накапливать транспортные партии вторичного сырья и компостных фракций на мусороперегрузочной станции;
- производить первичную обработку отходов (прессование, тюкование).

Все указанные преимущества в конечном итоге приводят к снижению затрат на сбор и вывоз отходов.

Общей частью различных вариантов схем одноуровневых МПС является следующий технологический процесс:

а) собирающий мусоровоз выгружает ТБО на бетонированную площадку приемного отделения МПС;

б) на площадке приемного отделения производится ручной отбор крупногабаритных отходов и металлолома;

в) автопогрузчиком ТБО сгружаются на заглубленную часть наклонного приемного пластинчатого конвейера;

г) с наклонного приемного конвейера ТБО сбрасываются либо:

– в транспортный большегрузный (до 25 т) мусоровоз через накопительную воронку путем дозированной подачи ТБО приемным конвейером (вариант 1);

– в пресс-контейнер, а также в буферный накопительный бункер объемом до 30 куб. м каждый со стационарным компактором и последующей погрузкой пресс-контейнера на большегрузное транспортное средство, оборудованное механизмом "мультилифт", тросовым или цепным устройством (вариант 2). Наполнение пресс-контейнера или буферного накопительного бункера регулируется реверсивным конвейером на торце приемного конвейера. Реализация схемы МПС по варианту 2 рекомендуется при невысокой производительности станции и небольшом (порядка 5...10 км) расстоянии до полигона;

– в стационарный пакетирующий пресс для ТБО с автоматической обвязкой 4...5 рядами проволоки и последующей погрузкой сформированных тюков плотностью до 1 т/куб. м с помощью погрузчика с боковым захватом на большегрузное транспортное средство (вариант 3).

Станции большой мощности отличаются наличием зоны для временного накопления отходов (для аккумуляции отходов в часы пик, в случае поломки и при плановом ремонте оборудования). Техника, направляемая на станцию, проходит участок контроля, где машина

взвешивается, подвергается радиационному и визуальному контролю. Далее отходы направляются на площадку разгрузки.

Организация сортировки твердых бытовых отходов.

На первом этапе отделяется крупногабаритный металлолом и древесные фракции. Далее отходы поступают на конвейерную сортировочную линию.

Затем отходы в открытом решете разделяются на две фракции (крупные и мелкие). Размер ячейки решета определяется и оптимизируется в рамках пусконаладочных работ. Первоначально предусматривается размер ячейки решета 20 мм.

На рисунке 4 представлена Конвейерная схема сортировочной установки Фаза 1 + 2.

Просеянная мелкая фракция, компоненты которой имеют размер <40 мм, очищается от содержащихся в ней металлов с помощью надленточного магнитного сепаратора. Магнит устанавливается по направлению движения ленты на месте сброса конвейера, что позволяет извлечь все железомангнитные элементы из потока отходов. После этого поток материала поступает на полигон и используется в рамках рекультивационных мер.

Отбираются такие ценные материалы, как бумага, картон, пленки, бутылки, коробки для напитков, твердые синтетические материалы, стекло. Отсортированное вторсырье сбрасывается в шахты, после чего оно попадает в бункер, находящийся под контрольной площадкой. Когда бункер заполнен, вторсырье конвейером направляется в центральный пакетирующий пресс.

Здесь ценные вещества прессуются в пакеты и направляются в склад пакетов, где они будут находиться до следующего этапа их обработки.

Фракции, оставшиеся на контрольной площадке, очищаются от металлов надленточным магнитным сепаратором. Остатки вывозятся на полигон и уплотняются.

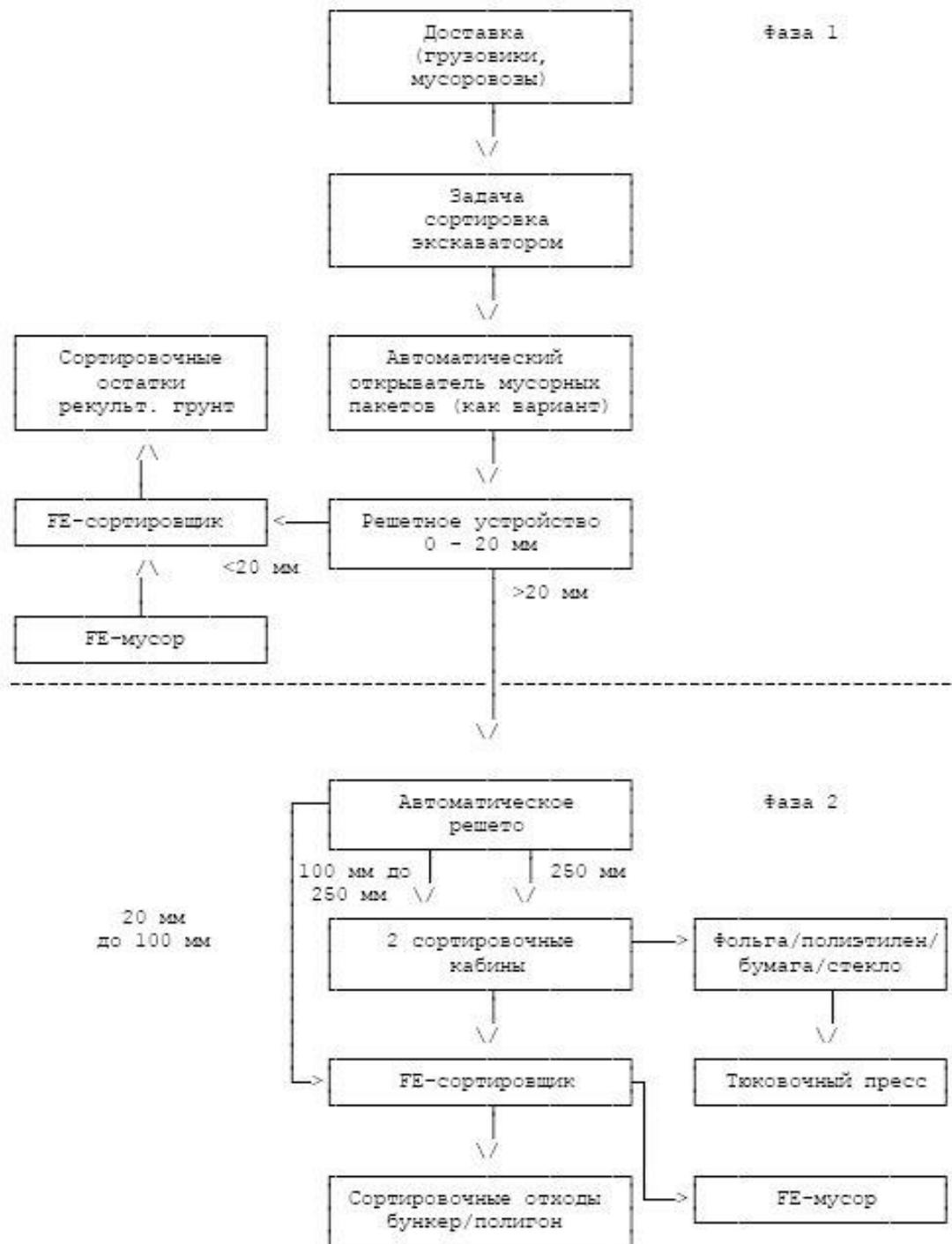


Рисунок 1 Конвейерная схема сортировки отходов

Рисунок 4 – Конвейерная схема автоматической линии сортировки  
Фаза 1 + 2

Транспортировка подлежащего переработке материала или продукции осуществляется при обеспечении непрерывного потока материала. При механической подготовке смешанных отходов происходит выход пыльного

отработанного воздуха. Он вытягивается у источника и выводится на промышленный фильтр, встроенный на этой линии. Пыль добавляется к остаткам, направляемым на полигон.

В качестве основных вариантов промышленной переработки твердых бытовых отходов могут быть рассмотрены:

- технология механобиологической переработки;
- технология энергетической утилизации;
- технология компостирования.

Варианты механобиологической переработки отходов:

1. Процесс предназначен для стабилизации отходов перед дальнейшим захоронением на полигонах. Технология разработана таким образом, чтобы обеспечить максимально полное разложение органических веществ и отделение горючих компонентов. Дополненная процессом перколяции, данная технология позволяет на ограниченном пространстве с низкими эмиссиями сократить время стабилизации отходов на полигоне захоронения. Кроме того, технология позволяет получать компост. Преимущества технологии: увеличение срока эксплуатации полигона захоронения, сокращение массы захораниваемых отходов, снижение затрат на захоронение, стабилизация отходов, производство компоста.

2. Процесс нацелен на оптимальное использование энергетического потенциала отходов. Технология разработана таким образом, чтобы снизить объемы захораниваемых отходов и максимально их гомогенизировать. Фракция с высокой теплотворной способностью может быть использована как вторичное твердое топливо для промышленности или сожжена в энергетических установках. Преимущества: сокращение объемов отходов, направляемых на захоронение, снижение затрат на захоронение, увеличение производительности, получение однородного топлива для энергетических установок.

3. Процесс ориентирован на максимальное сокращение объемов захораниваемых отходов. Оба основных выходящих потока

(высокоэнергетическая и аэробно-стабилизированная фракции) после дополнительной подготовки (сушки, измельчения) могут быть переработаны путем пиролиза, газификации, сжигания в цементных печах.

После удаления негабаритных компонентов отходы измельчаются и перемешиваются при помощи специального оборудования.

Далее отходы при помощи барабанного грохота делятся на два потока, при этом размер отверстий сита подбирается в зависимости от состава отходов. Отсев представляет собой богатую органическими компонентами мелкую фракцию. Крупная фракция – сухие компоненты, обладающие высоким энергетическим потенциалом. Обе фракции проходят магнитный сепаратор для отделения черных металлов. Далее мелкая фракция поступает на биологическую переработку (перколяцию), а крупная (картон, бумага, текстиль) в зависимости от принятой модели направляется на захоронение или энергетическую утилизацию как твердое вторичное топливо напрямую или после дополнительной обработки. Если отсев представляет собой слаборазлагаемую или сухую органическую фракцию, для которой перколяция неэффективна, он может измельчаться или напрямую подаваться на дальнейшую переработку. Это позволяет отправить промышленные и некоторые другие отходы сразу на прессование. Механическая обработка применяется для смеси отходов.

Перколяция (аэробный гидролиз) является центральным процессом механобиологической переработки отходов и лимитирует общую производительность технологии. Перколятор – горизонтальный цилиндрический реактор непрерывного действия с гидравлически вращающимся центральным стержнем со скребками, расположенными над решеткой. Материал находится в перколяторе около двух дней при температуре 40...45 градусов. В реактор подается воздух и подогретая вода, все механически перемешивается, действие воды и микроорганизмов способствует переходу органических веществ в жидкую фазу.

Обогащенная органическими веществами жидкая фаза выходит из перколятора через отверстия в сите. Отмытая твердая фракция через шнековый питатель подается на шнековый пресс для обезвоживания.

Водооборот. Обезвоживание твердой фракции. Твердая фракция выходит из перколятора насыщенной влагой и обезвоживается в шнековом прессе до содержания твердого вещества 55...60%. Отжатая вода возвращается в цикл, твердая фракция поступает на дальнейшую переработку.

Удаление минералов и волокон. Технологическая вода из перколятора и шнекового пресса очень насыщена органическими и взвешенными веществами, а также волокнами. Тяжелые инертные материалы (песок, стекло, камни) удаляются из технологической воды путем седиментации (осаждения).

Волокнистые частицы всплывают и могут быть отделены, однако в них могут содержаться органические растворимые вещества, поэтому они возвращаются на перколяцию. Для отделения и возврата тонких волокнистых частиц используется сито. После отделения волокон и взвешенных частиц технологическая вода через питатель поступает на анаэробное сбраживание.

Анаэробное сбраживание. Технологическая вода перекачивается в сбраживатель, в котором под воздействием анаэробных метаногенных микроорганизмов органические вещества разлагаются до биогаза. Образующийся биогаз состоит в основном из метана, углекислого газа и незначительного количества сероводорода.

Сбраживатель представляет собой автономный горизонтальный цилиндрический резервуар. Время пребывания технологической воды в реакторе достаточно для разложения органических веществ благодаря быстрому протеканию процесса. Технологическая вода поступает в реактор через впускные отверстия таким образом, что образуется взвешенный слой. Микроорганизмы удерживаются в верхней части реактора при помощи

специального слоя. Поступление хлорида железа с отходами вызывает образование серы в осадке, который выводится из цикла.

Очистка технологической воды. Накопление нитратов и солей в технологической воде замедляет процессы биологического разложения, поэтому она периодически очищается. Мелкие взвешенные вещества удаляются путем ультрафильтрации, остаток, обогащенный разлагаемыми органическими веществами, возвращается на анаэробное сбраживание. Азот практически полностью удаляется путем продувания горячим воздухом.

Деминерализация технологической воды проводится при помощи обратного осмоса, после чего она может быть возвращена в технологический цикл. Излишняя влага выводится из процесса после предварительного очищения от нитратов и может быть использована для увлажнения компоста или спущена в канализацию.

Возможно проведение процесса только за счет собственной влаги отходов и конденсата отходящих газов.

Использование биогаза. В соответствии с составом твердых бытовых отходов из каждой тонны отходов образуется 50...60 куб. м высококачественного биогаза, при сжигании которого может быть получено около 140 кВт электроэнергии и 170 кВт тепловой энергии, что достаточно для обеспечения энергией процесса перколяции. Даже без дополнительной переработки отходов этой энергии более чем достаточно для технологических нужд: производимая энергия может использоваться для обогрева зданий, подготовки воды и сушки отходов.

Переработка твердой фракции. Твердая фракция, выходящая из перколятора, измельчается до размеров 30...50 мм и поступает на компостирование.

Твердая фракция, полученная при грохочении отходов, обладает высоким энергетическим потенциалом и может быть использована для получения энергии (как твердое вторичное топливо – RDF) или отправлена на захоронение.

Очистка газов. Сложная система очистки отходящих газов и герметичность оборудования способствуют минимизации выбросов. Так, предварительная сортировка отходов, биологическая переработка и другие процессы, связанные с выделением дурнопахнущих газов, проводятся при отрицательном давлении. Перколяция и очистка технологической воды проводится в герметичном оборудовании. Выделение газов от обработанных отходов минимально благодаря биологическому разложению. Технологические газы от механической обработки подаются для аэрации компостируемых отходов. Для очистки газов, выбрасываемых в атмосферу, используются биофильтры или регенерируемые устройства термического окисления.

Основные характеристики завода механобиологической переработки. Производительность большинства заводов по механобиологической переработке твердых бытовых отходов находится в пределах между 20000 и 100000 т/год, некоторые заводы имеют производительность даже более 200000 т/год.

Время биологической переработки отходов варьирует от 7 дней до 15 недель.

Отходы строительства особенно вредны для экологии, поэтому данной отрасли народного хозяйства важно выбирать оптимальные способы менеджмента материалов и оборудования, а также менее опасные для окружающей среды технологии демонтажа.

Строительные и сносные материалы — это отходы, появляющиеся в ходе строительства, ремонта и сноса сооружений, зданий, строений и т. д.

При этом порядка 50% твердых отходов в мире приходится на строительный мусор. Эти отходы негативно влияют на экологию на всех уровнях стройки от получения сырья, его обработки, до конечных стадий производства и далее до завершающей утилизации после срока эксплуатации постройки или сооружения.

Практически все развитые и большинство развивающихся стран признают важность и необходимость сокращения отходов путем правового регулирования, что непосредственно отражается и на рынке строительных материалов, и на продуктах переработки строительного вторсырья.

Многие материалы могут быть переработаны непосредственно в тот же продукт для повторного применения. Прочие могут быть преобразованы в другие полезные материалы и компоненты для строительства и ремонта. К сожалению, способы вторичной переработки зачастую нерентабельны и экономически нецелесообразны, если только организация, потребляющая переработанные ресурсы, не находится рядом с источником материала. При этом зачастую пригодные для повторного использования строительные отходы можно передавать некоммерческим организациям.

Грамотное планирование является основой любой стратегии по уменьшению строительных отходов. Так, например, дизайн должен основываться на четко выверенных стандартных размерах, материалы следует рассчитывать точнее с минимальными допусками и погрешностями. Применение более качественных материалов в производстве снижает количество брака. Данная методология способна минимизировать объем необходимых материалов, увеличить рентабельность и экономию для всех участников строительства.

Сегодня по-прежнему преобладающее большинство всего объема строительного мусора попадает на свалки, что влечет экономические затраты на погрузку и транспортировку и экологический ущерб, поскольку всевозможные краски, лаки, растворители, обработанные химически материалы неизбежно попадают в природные источники воды, проникают в почву, растения, организмы животных и людей.

Важным преимуществом при рециклинге строительных отходов является сортировка на месте. Сложность формирования этого навыка у людей иногда преувеличивается. Раздельный сбор мусора практически не требует дополнительных временных и финансовых затрат.

Государственный Стандарт Р 57678–2017 позволяет применять для подсыпки дорог строительный мусор, в котором есть щебень, бетон, кирпич. Также подобные отходы могут использоваться (разумеется, при строгом следовании пожарным, санитарно-эпидемиологическим и экологическим нормам законодательства) в производстве соответствующих строительных материалов для создания фундаментных плит и дорожного основания, при благоустройстве территорий.

Повторная переработка стройматериалов несет следующие положительные последствия для окружающей среды: экономия энергии и уменьшение объема мусора на полигонах.

Экономический эффект связан с тем, что переработка позволяет экономить определенное количество энергии, уменьшает потребление ресурсов для изготовления стройматериалов, комплектующих, оборудования.

Уменьшение объема отходов на полигонах: свалки переполняются, а это требует срочного создания инновационных методов обращения с отходами. Переработанные отходы можно использовать повторно, или можно произвести из них что-то полезное.

Еще одно экономическое преимущество связано со снижением расходов на утилизацию и транспортировку строительного мусора. Комплексы по переработке вторсырья не просто берут меньшую плату за утилизацию, но могут и принимать отходы бесплатно и даже доплачивать за поставку для них исходного сырья. Непосредственно сама переработка также уменьшает потребление новых ресурсов, и это минимизирует затраты на транспорт и изготовление.

Дополнительным конкурентным преимуществом для строительных компаний являются экологические сертификаты: поскольку зеленая среда, зеленое строительство и прочие экологические тренды сегодня очень востребованы обществом.

Следующий плюс — создание новых рабочих мест и повышение экономической активности в соответствующих отраслях. Это укрепляет местную экономику в районах, где идет строительство, производится демонтаж или выборочный снос.

Важно отметить и снижение расходов на проектирование и налоговые льготы. Затраты на перевозку тоже уменьшаются благодаря повторному использованию материалов на месте, снижается и число установок для захоронения.

Экономится пространство свалки.

Компенсируется вред природе, связанный с добычей и потреблением ресурсов и изготовлением новых продуктов.

Рассмотрим подробнее типы строительных отходов и стратегии их переработки.

Определенные компоненты строительных сооружений и часть отходов можно утилизировать. Щебень, бетон, кирпич идут на заполнители и бетонные изделия. Дерево и содержащие его материалы переделываются во всевозможные конструкционные изделия. Любые металлы прекрасно подходят для вторичной переработки.

Используют три способа переработки отходов.

Местное разделение: применение тары конкретно для определенного типа отходов. Сортировка отходов на стройплощадке дает немедленную обратную связь, и способно очень помочь достижению целей любого проекта по переработке. Другим приемом является разделение рабочих мест. Это способствует созданию ответственной атмосферы, но требует больше места и высокого уровня организации.

Комбинированная переработка: в данном методе применяется один контейнер. Мусоровоз сортирует все за пределами строительной площадки. Такой подход упрощает работу полевого персонала с отходами на месте. Комбинированная переработка менее требовательна к пространству для

хранения и является отличным вариантом для участков с нехваткой территории.

Гибридная переработка: этот тип переработки сочетает в себе разделение на отдельные участки и смешанную переработку. Например, один ящик для дерева, один ящик для бетона и один ящик для неперерабатываемых отходов. Гибридная переработка взяла лучшее от обоих вариантов. Технология позволяет снизить количество отходов относительно обычного способа сортировки. Поэтапный процесс позволяет уменьшить количество контейнеров и минимизировать объем работы по сортировке самосвалов, параллельно снижая стоимость транспортировки.

Для конкретного проекта топ-менеджмент должен оценить требования, условия и местоположение площадки, чтобы выбрать лучший метод переработки мусора.

Согласно статистике Ассоциации по переработке строительных материалов в США, отходы строительства и сноса являются крупнейшими источниками мусора в этой стране. По данным Ассоциации, каждый год только в Соединенных Штатах вырабатывается 325 миллионов тонн восстанавливаемых строительных отходов. В прошлом весь воспроизводимый металл, а также бетон, асфальт, дерево, кирпич просто вывозились на свалку. Сегодня успешный проект деконструкции сочетает повторное применение всего, что подлежит рециклингу, и грамотную переработку остального.

Кирпичная крошка появляется после сноса зданий, сооружений и зачастую содержит остатки штукатурки и бетонного раствора. Сегодня кирпич принято перерабатывать дроблением и применять в качестве наполнителя. При этом крошка кирпича может быть смешана с прочими строительными отходами, такими как бетон и куски дерева.

Отходы кладки образуются в результате сноса кирпичных построек. Их можно переработать путем измельчения каменных отходов и использовать в качестве переработанного заполнителя для каменной кладки.

Особым применением переработанного заполнителя для каменной кладки является его использование в качестве теплоизоляционного бетона. Еще одно потенциальное применение переработанного заполнителя для каменной кладки – его использование в качестве заполнителя в традиционных глиняных кирпичах.

Отходы бетона появляются в результате сноса существующих строений, испытаний бетонных блоков на производстве и проч. Как правило, в алгоритмах утилизации бетонных отходов применяют в качестве заполнителя бетонный щебень для изготовления бетонных растворов.

Считавшийся ранее просто отходами, бетонный мусор сегодня повсеместно перерабатывается для повторного применения, что дает возможность строителям экономить значительные суммы и сокращать заполнение свалок. Ежегодно только в США организации перерабатывают более 140 млн т бетона.

Методика рециклинга бетона следующая. Когда бетон и штукатурка убираются со строительной площадки, этот мусор за определенную плату вывозится в дробильный цех. Дробильщики принимают лишь бетон без примесей инородного мусора, дерева и подобных материалов. С помощью дробилок они измельчают и сортируют поступающее к ним сырье, очищают его от грязи и примесей. Иногда бетон дробится и просеивается непосредственно на территории стройки. Далее полученные продукты переработки бетонной крошки можно повторно применять в разных местах строительства и ремонта. Вторичный бетон прекрасно подходит для фундамента под укладку инженерных сетей, водопроводных труб и т. д. Более крупные куски бетонной крошки могут быть востребованы ландшафтными дизайнерами. Переработанный бетон можно также использовать для ремонта дорог и тротуаров.

Твердые бетонные отходы, содержащие щебень, могут применяться в качестве добавок при замешивании новой бетонной смеси, также хорошо подходят для возведения и ремонта дорожных оснований.

Каждый год дорожные строители обновляют или меняют покрытие сотен километров дорог. Дорожные бригады применяют асфальт для создания дорог не только в жилых районах, но и на трассах, магистральных, автостоянках, на складах и производствах и т. д. По оценкам американского Федерального управления шоссейных дорог, дорожные строители в течение каждого года убирают с дорог США порядка 100 млн тонн асфальта. Из них целых 90% перерабатываются и повторно применяются в ремонтных или восстановительных работах.

Черный металл – другой тип отходов, которые не только достаточно рентабельны, но и способны почти полностью перерабатываться, причем многократно.

Застройщики практикуют применение стали для создания надстроек небоскребов, многоэтажных жилых домов, эстакад и прочих сооружений. В США каждый год перерабатывается более 65 млн т стального лома. Полученная таким способом сталь сохраняет свою прочность и долговечность. Новый стальной каркас содержит порядка трети переработанной стали. Для постройки дома площадью 200 квадратных метров строители применяют количество стали, равное примерно шести утилизированным авто. Балки, сваи и фермы из стали могут быть переработаны и запущены во вторичное использование.

Строительные участки производят также немало отходов цветных металлов, таких как свинец, цинк, медь. Как и любые металлы, они прекрасно перерабатываются для многократного повторного использования.

На строительство многоэтажного дома может потребоваться порядка 180 кг меди (трубы отвода тепла, проводка). Из-за высокой стоимости этого металла даже в развитых странах за ним охотятся разного сорта воры и мародеры, которые могут проникать на стройки, предприятия, срезать провода, вскрывать различные технические устройства и т. д. Подобно изделиям из стали, медь при повторном выплавлении не теряет свои физические свойства. В то же время строительные нормы и правила зачастую

требуют использования лишь новых материалов. Так, провода и трубы из меди запрещено повторно использовать в строительстве, но это не мешает приемщикам лома продавать металл за хорошую цену для всевозможного применения после переработки.

Пластик — один из лучших материалов для повторной переработки. Он активно применяется в различных товарах и продуктах, изначально спроектированных для вторичного применения ПВХ и его производных. Это могут быть кабель-каналы, материалы для ремонта и отделки, расходные материалы, комплектующие для пластиковых окон и дверей и многое другое.

Наиболее эффективно утилизировать пластмассовый мусор в условиях раздельного сбора мусора. И наоборот, если отходы разных видов ПВХ-материалов перемешаны с разнородным мусором, вторичная переработка становится очень сложной и нерентабельной.

Порядка 30% общего количества строительного мусора приходится на картон и бумажные отходы. Они повсеместно подвергаются рециклингу для повторного изготовления свежей бумажной продукции.

Использование стеклянных окон сегодня сводится к минимуму, рынком завладели окна из ПВХ. Тем не менее, в России еще очень много жилых, коммерческих и промышленных объектов, на которых применяется различного рода стекло. Оно не требует серьезных затрат при изготовлении, а песок, который для этого требуется, имеется в избытке повсеместно. Это зачастую делает рециклинг стекла нерентабельным, к тому же зачастую переработанная продукция может не соответствовать нормативным параметрам. Другим препятствием является наличие компонентов из винила, дерева, алюминия и т. д., что требует дополнительных ресурсов при рециклинге.

В России ежегодно образуется более десяти тонн отходов кровельной черепицы. Порядка 90% из них — от сноса старых строений. Важными достоинствами черепицы являются ее прочность и долговечность, а также способность выдерживать широкий диапазон температур. Битумную

черепицу, которую ещё называют мягкой, производят из смешанного с асфальтом стекловолокна с присыпкой гранулятом. Средний срок ее службы превышает тридцать лет. Такой материал можно обрабатывать и применять в ремонте дорог и тротуаров. Активно применяется также деревянная черепица, которую наряду с битумной можно повторно перерабатывать и применять в строительстве.

Материалы на основе дерева также составляют значительную часть строительных отходов. Бревна, брус, шпалы и прочие целлюлозные элементы могут повторно использоваться напрямую после чистки и удаления инородных предметов (крепежа и т. п.).

В России ежегодно возводится порядка 100 млн кв. м нового жилья. Сумма, затрачиваемая на стройку и ремонт существующих зданий и сооружений, исчисляются сотнями миллиардов рублей, при этом значительная часть этих средств расходуется на древесину для вспомогательных конструкций (опалубки и т. п.), декоративных отделочных элементов, для полов, окон, подоконников и мн. др. Поскольку Российская Федерация богата лесами, более 90% материала для изготовления вышеперечисленного — это свежая древесина.

Соединенные Штаты уделяют большое внимание сбережению своих лесов. По оценкам экспертов, при сносе дома площадью порядка 200 кв. м можно сохранить 33 дерева за счет рециклинга содержащих древесину материалов. При этом значительный процент такой древесины сохраняет отличное качество. Также подобное вторичное использование уменьшает объем отходов на полигонах и свалках.

Сохранение древесины — глобальная задача мирового уровня. Большинство населения, находящегося в наиболее неблагоприятном финансовом состоянии, проживает в лесах и на прилегающих к ним землях. Три четверти доступной пресной воды на земном шаре поступает из лесных водосборных бассейнов, при этом изучение 230 основных водосборов мира

выявило, что в 40% из них древесный покров сократился более чем наполовину по сравнению с изначальным.

Дерево может повторно перерабатывать с разными методами. Очистка и фрезерование позволяют изготавливать новые элементы отделки, паркетные доски, оконные рамы и т. д. Востребована древесина и при строительстве различных вспомогательных построек (склады, заборы), где нет повышенных требований к размерам, качеству обработки, что упрощает применение переработанных материалов. Большим потенциалом в плане экономии обладает технология измельчения древесины для производства всевозможных материалов: шпона, клееного бруса, ДСП и мн. др.

Не менее важна и грамотная утилизация ландшафтных отходов, когда для расчистки строительной площадки срезаются деревья, кусты. В США в большинстве штатов и муниципальных образований законодательно запрещено вывозить ландшафтные отходы, что фактически обязывает подрядчиков повторно их перерабатывать. Самый простой способ такой переработки — производство компоста или опилок для клумб.

Гипсокартон также является одним из материалов, активно используемых в отделочных и ремонтных работах. На территории нашей страны каждый год изготавливается порядка 15 млн т гипсокартона. На него же приходится порядка четверти всего строительного мусора.

Данный материал прекрасно перерабатывается для повторного применения. Строители могут использовать его обрывки, чтобы заткнуть проемы в стенах, а рабочие также могут использовать его кусочки для изготовления форм для поддержки влажного бетона. Гипсокартон также можно превратить в сельскохозяйственную продукцию. В частности, в гипсокартоне содержится бор. Хотя бор известен как антипирен, он также является питательным веществом для растений. Ландшафтные дизайнеры могут смешивать этот элемент с почвой, чтобы обеспечить растения источником богатой питательными веществами пищи [источник: CA.gov]. Кроме того, бумагу, которая окружает гипс, также можно добавлять в почву,

перерабатывать в картон или новый стеновой картон или превращать в компост для удобрения.

В мире существует множество интересных подходов к рециклингу строительных отходов.

Гонконг сталкивается с проблемой обработки значительного количества материалов после сноса построек, ежегодно образующихся в результате активного развития городской инфраструктуры.

В основном это обломки камней и бетона, которые могут быть переработаны в переработанные заполнители и гранулированные материалы для использования в строительных работах.

Правительство твердо намерено продвигать переработку и использование переработанных продуктов, насколько это возможно, для устойчивого развития в Гонконге, а также помочь сохранить ценные свалки и общественные мощности. В частности, дробильная установка в районе Цеунг Кван О успешно справляется с изготовлением каменной фракции G200.

С переработкой других инертных материалов Гонконгу справляться сложнее. Рециклинг стекла, кирпича и даже асфальта балансируют на грани рентабельности. Очистка перерабатываемых материалов от посторонних примесей и грязи становится очень трудоемким и энергозатратным процессом. Немного упрощают задачу выборочный снос и сортировка на месте.

В Германии, согласно данным Федерального агентства по окружающей среде, ежегодно образуется порядка 84 млн т строительного мусора после сноса, где это число представляет собой общее количество отходов, строительного мусора и материалов с разбитым дорожным покрытием. Из-за увеличения затрат на захоронение отходов методы восстановления или утилизации, альтернативные традиционным полигонам, вызывают растущий интерес для предприятий. При этом в этой стране комплексы по переработке

отходов постоянно модернизируется еще с 1970-х, когда в ФРГ была законодательно образована система сбора и переработки твердых отходов.

По подсчетам того же агентства, в 2000 г страна потребляла порядка 150 млрд тонн промышленного сырья, а на 2050 г прогнозируют уже 600 млрд т.

Больше всего немцев беспокоит проблема переработки пластика, поскольку на его разложение уходят тысячелетия. Немецкие учёные активно транслируют информацию о том, что на Земле уже не осталось ни единого литра воды, где бы ни было частиц пластмассы.

«Перерабатываемые элементы строительных отходов или отходов сноса, такие как инертные материалы, металлы, дерево, бумага и пластмассы могут быть извлечены с использованием традиционной магнитной технологии плюс сенсорных систем сортировки из нашей серии UniSort и комбинированной сенсорной сортировочной системы STEINERT KSS. Самоочищающиеся подвесные подвесные магниты разделяют черные металлы, такие как арматурные стержни, пластины и болты. Сепараторы цветных металлов, такие как STEINERT EddyC с их эксцентрической системой полюсов, также можно гибко регулировать и извлекать ценные металлы, такие как алюминиевые профили, латунные детали и медные трубы.

Система сортировки STEINERT с помощью индуктивного датчика металла обнаруживает и сортирует нержавеющей сталь (VA), остаточные цветные металлы и комплексные соединения железа и неметаллических металлов, которые могут все еще присутствовать после применения магнитной технологии к отходам сноса. Таким образом, он идеально подходит для производства продукта, не содержащего металлов. Дерево, бумага и пластмассы могут быть восстановлены в ближнем инфракрасном диапазоне с использованием линейки STEINERT UniSort со встроенной технологией гиперспектральной визуализации (HSI) с почти идеальными

результатами сортировки. Обычно это происходит в конце сортировочной линии и служит для дальнейшего сбыта фракций.

Инертный минеральный материал, такой как кирпич или бетон, можно очень эффективно сортировать с помощью комбинированной системы сортировки STEINERT KSS, чтобы уменьшить объем утилизации или увеличить выход продукта из кирпича или вторичного бетона (бетон RC). Используя различные датчики, машина использует свойства металла, цвета и формы материала и связывает их, чтобы отделить, например, красный кирпич от серого бетона. Затем кирпич обычно предварительно измельчают, просеивают и сортируют в диапазоне размеров 30-90 мм автоматически с помощью сенсорной машины, достигая качества более 95%. Далее материал дополнительно разбивается, чтобы получить правильный размер для покупателя вторичного сырья» [9].

В частности, для небольших систем с ограниченными объемами ввода рекомендуется комбинированную систему этого типа, которая в несколько этапов производит продукцию под заказ. За счет сбыта ценных отходов можно получить более высокие доходы, а меньшее количество, отправленное на свалку, также снижает затраты.

Основным подходом к управлению строительными отходами в Гонконге является использование общественных площадок для засыпки инертных строительных отходов многократного использования и свалок для неинертных строительных отходов.

Банки-насыпи временно складывают инертный строительный мусор для последующего повторного использования в мелиорационных работах и работах по формированию площадки.

«Компания KPI-JCI, входящая в корпорацию AstecIndustries, разработала целый ряд передвижных дробильно-сортировочных комплексов разной производительности для переработки строительного мусора и утилизации асфальтобетонного покрытия. KPI-JCI предлагает линейку мобильных дробильно-сортировочных комплексов серии FastTrax на

гусеничном шасси, сочетающих в себе высокую мобильность, универсальность, надежность и простоту эксплуатации. В линейке комплексов используются щековые, конусные, роторные дробилки и грохоты, способствующие выпуску товарного продукта благодаря прекрасной совместимости друг с другом» [9].

«В частности, дробилка DeltaRockster R800 была спроектирована австрийским заводом специально для задач по переработке строительного мусора и рециклингу. Все системы машины разработаны для работы с железобетоном. Мусор, песок просеиваются на колосниках вибропитателя и, минуя дробилку, попадают на специальный грязевой конвейер» [9].

«Это позволяет повысить качество вторичного щебня и уменьшить абразивный износ рабочих органов камеры дробления. Магнитный сепаратор, которым в обязательном порядке комплектуется каждая дробилка, эффективно выделяет металл из раздробленного материала» [9].

«Над главным конвейером установлены форсунки для распыления воды. Экологические нормы подразумевают, что с пылью на полигонах по переработке строительных отходов нужно бороться.

Самый простой и эффективный способ — осадить пыль, разбрызгивая воду через форсунки. Клиент получает два в одном: первичное и вторичное дробление в одной машине. Замена камер дробления занимает 3-4 часа. Другими словами, одним оборудованием можно выполнять целых три задачи: первичное дробление, вторичное дробление и сортировку. Если понадобится расширить объем производства, всегда можно докупить еще одну гусеничную базу для второй камеры» [9].

Выводы по разделу 2.

Подробно изучен отечественный и зарубежный опыт вторичного использования перерабатываемых отходов строительства и производства. Для выбора алгоритма переработки и утилизации конкретного вида мусора нужна грамотная техническая, финансовая и экологическая аналитика, для чего применяется принцип профессионального аудита.

Аудит отходов — это оценка системы управления отходами организации. Он анализирует движение отходов от образования к захоронению. Обычными подходами к проведению аудита отходов являются проверка записей, обход объектов и сортировка отходов.

Первый подход – включает просмотр записей о вывозе и удалении отходов, а также договоров с предприятиями по переработке.

Второй подход – требует, чтобы группа внутренних аудиторов выявляла деятельность, приводящую к отходам, путем наблюдения и опроса сотрудников.

Третий подход – это физический сбор, сортировка и взвешивание образца отходов организации.

Этот образец может представлять собой отходы за день или совокупность отходов из каждого отдела.

### **3 Практика реализации**

#### **3.1 Повышение эффективности системы управления сферой обращения с отходами производства**

Современные методы качественного менеджмента отходов предприятия преследуют цель уменьшения их вредного влияния на всех этапах обращения за счет наибольшего вовлечения имеющихся в отходах материальных и энергетических ресурсов в хозяйственный оборот, использования малоотходных производственных технологий и экологичных способов переработки и обезвреживания отходов [1].

Значимым аспектом при аналитике качества управления становится аудит степени оптимизации потока финансовых потоков и операционных данных системы. Сегодня все составляющие менеджмента процессами используются на определенных этапах обработки мусора. Например, компоненты ИТ применяются в транспортных процессах, различных бизнес-процессах на предприятиях по вывозу мусора, при реализации промышленного мониторинга, документооборота перемещения отходов [2].

При этом разные подходы используются применительно к отдельным блокам системы управления отходов: к сбору и образованию отходов на источнике, транспортировке и сортировке отходов, переработке, обезвреживанию и захоронению отходов.

Обычно аудит качества менеджмента отходов в конкретной организации сегодня состоит лишь в вычислении экономического эффекта от реализации определенных действий по вторичной переработке и утилизации мусора. Согласно практическим наблюдениям, значимым параметром для понимания его качества является определенный показатель безопасности для окружающей среды и фактор социальной эффективности по различным весовым коэффициентам (социальным, рейтинговым, экологическим) [3, 4].

Примером важного критерия менеджмента оборота отходов является их учёт, дающий возможность по мере наполнения баз данных по конкретным параметрам (объем, количество и т. д.) и управления ими активно влиять на корректировку стратегии и выполнять текущие задания на всех уровнях – муниципальном и региональном. Таким образом, увеличение качества учёта и менеджмента в целом определенной компании становится более значимой управленческой задачей, для решения которой необходимо применение адекватной методике и современных методов, инструментов и механизмов.

Система управления движением отходов относится к классу сложных иерархических систем, для анализа которых в смежных областях науки и техники применяются системные подходы, методы математического и физического моделирования, математического синтеза. Для изучения подобных сложных иерархических систем разных уровней в настоящее время широко используется разработанный в 1991 г. метод анализа материальных потоков, представляющий собой естественнонаучный способ количественной характеристики обмена веществ в определённом месте в определённый промежуток времени и заключающийся в учёте, описании и интерпретации процессов вещественного обмена системы, выделенной из окружающей среды [5].

Метод соединяет источник, путь, промежуточные и окончательные звенья материальных потоков. При этом исследуемой системой может быть как отдельно выделенный производственный процесс или его элемент, так и их совокупность. При более масштабном подходе исследуемой системой может стать управление отходами на муниципальном, региональном и межрегиональном уровнях. Практической целью оценки эффективности системы управления отходами является выявление её слабых сторон и разработка рекомендаций и мероприятий, направленных на достижение заданных целевых показателей.

В научном плане большой интерес представляет разработка общих принципов эффективного управления системой обращения с отходами на разных иерархических уровнях. Результаты предварительных исследований системы управления отходами регионального уровня при разработке

Программы по обращению с отходами потребления с использованием методологии анализа материальных потоков позволили сформулировать основные принципы превентивной стратегии управления отходами:

- минимизация образования отходов заданного качества, минимизация эмиссии загрязняющих веществ на всех стадиях обращения с отходами, включая образование, использование, переработку, транспортировку и размещение остатков не утилизируемых отходов;
- максимальное вовлечение заложенных в отходах энергетических и материальных ресурсов в хозяйственный оборот;
- использование экологически безопасных современных технологий обращения с отходами;
- эффективное управление информационными и материальными потоками при обращении с отходами в целях снижения экологической нагрузки до приемлемого уровня.

На сегодняшний день автоматизация всех сфер деятельности предприятия занимает ведущее место.

Согласно накопленному мировому опыту, грамотный менеджмент обращения с мусором эффективно применять в виде информационной системы управления отходами (ИСУО), включающей автоматизацию входящих в систему объектов.

При этом автоматизации подлежат все отделы компании, относящиеся к сферам:

- взаимодействия с поставщиками строительного и промышленного мусора;

- генерации, транспортировки, применения, утилизации мусора на территории компании;
- перевозки их подрядным организациям для дальнейшей переработки, утилизации, захоронения, рекультивации или обезвреживания;
- организации документооборота, связанного с мониторингом генерируемого мусора.

Данный пример касается автоматизации учёта тех отходов, которые передаются на использование сторонним организациям. Часто по итогам работы предприятия за отчётный период эколог получает ворох бумажных документов, которые необходимо проанализировать, обработать (например, определить конкретный вид отхода в терминах ФККО), в ряде случаев перевести отражённое в актах и накладных количество отходов в тонны, учесть данные контрагента, получателя отхода, параметры договоров. Сведения о договорах и контрагентах необходимы для подготовки технического отчёта и приложения к приказу № 721.

В основе автоматизации какого-либо процесса лежит идея, что цифра или иная текстовая информация, однажды введённая в компьютер, должна использоваться во всех случаях, когда её необходимо учесть в расчётах, вывести на печать. В данном случае мы имеем классический пример автоматизации такого рода.

Как правило, данные по актам и накладным, отражающим процесс реализации и отгрузки материальных ресурсов, которые по законодательству относятся к отходам, вводятся в бухгалтерскую программу предприятия. Там же хранятся данные по контрагентам, которым передаётся отход, и, при наличии договора, сведения о договоре. Таким образом, все данные уже есть в компьютере, и задачей автоматизации учёта отходов становится только настройка постоянно действующего канала переноса информации из одного программного продукта в другой.

Но в данном процессе необходимо обратить внимание на несколько моментов.

Во-первых, отходы, которые учитываются в бухгалтерской системе, и отходы, которые должен отразить эколог в своей отчётности, зачастую не совпадают. Например, предприятие реализует сторонним организациям металлические отходы. При этом разные марки стали имеют разную стоимость и подлежат в бухгалтерских программах разделённому учёту. Для эколога же это может быть один вид отхода, например «Лом стальной несортированный». Никакой проблемы в этом нет, просто перед тем как данные попадут из бухгалтерской программы в экологическую они должны быть автоматически приведены к нужному виду. Такой подход сработает и тогда, когда несколько видов отходов в бухгалтерии фактически являются одним видом отхода с точки зрения экологов.

Во-вторых, если программа не интегрирована с бухгалтерской системой изначально, необходимо решить организационно-технические проблемы по переносу информации. Фактически разработчики двух программ должны договориться между собой. На практике это может быть решено, например, так:

- согласовывается формат обменного файла.
- разработчики бухгалтерской системы (или любой другой программы, где лежит нужная экологу информация) создают так называемый «обработчик», который с заданной периодичностью выгружает в обменный файл сведения. Готовый файл автоматически выкладывается на сетевой ресурс, доступный обеим программам.
- разработчики программы для эколога дорабатывают её так, чтобы через определённый временной интервал из обменного файла загружались данные по движению отходов;
- процесс тестируется и запускается в работу.

В результате выполненных работ:

- эколог однократно настраивает свою программу так, чтобы она «понимала», что данный вид материального ресурса из бухгалтерской программы с точки зрения экологического законодательства является видом отхода по ФККО;
- эколог в отчётный период не беспокоится об обработке большого количества документов, так как программа всё учитывает и заполняет автоматически.

Так же эколог получит возможность контролировать процесс передачи отходов на использование в любой момент. Достаточно зайти в собственную программу.

Рассмотрим несколько ведущих программ для учета образования отходов на предприятии, их движения, программ для мусороперерабатывающих предприятий.

1С представляет целый комплекс пакетных решений для автоматизации.

#### 1С:Предприятие 8. Управление переработкой отходов и вторсырья

При выполнении проектов в отрасли переработки отходов, кроме типовых задач автоматизации учета, 1С создали работающий инструмент для решения задач:

- постановка процессов бюджетирования и управления финансами на предприятиях и в холдингах;
- управление ремонтами и обслуживанием оборудования;
- оптимизация транспортной логистики;
- управление отношениями с клиентами.

Компания ООО «КомЭко» является разработчиком целой серии программных продуктов, входящих в состав программного комплекса «ЭкоСфера».

- ЭкоСфера-ПРЕДПРИЯТИЕ. Автоматизация экологического учета на предприятии и формирования отчетности согласно требованиям

- контролирующих органов. Регистрация объектов НВОС. Выгрузка в электронные форматы для портала РПН;
- Учет отходов. Учет образования, движения отходов производства и потребления в подразделениях предприятия;
  - Экомониторинг. Хранение и анализ результатов промышленного экологического контроля на промышленном предприятии;
  - ЭкоСфера-ПОЛИГОН. Автоматизация работы с клиентами полигона, учет отходов, размещаемых на полигонах ТБО и ПО в соответствии с требованиями природоохранного законодательства. Позволяет вести базы данных клиентов и договоров на получение отходов полигоном;
  - Эколаборатория. Автоматизация работы по вводу и обработке результатов замеров в экологической лаборатории;
  - ПЭК. Формирование отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля для предоставления в природоохранные органы;
  - Вывоз ТКО. Ведение первичного учета вывозов твердых коммунальных отходов (ТКО) и пересчета на конкретные виды отходов;
  - Парниковые газы. Расчет выбросов парниковых газов от источников предприятия и формирования отчетности;
  - Расчетные методики. Расчетные методики по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу, реализованные в ПП «ЭкоСфера-Предприятие»;
  - Мероприятия при НМУ. Ведение базы данных планов мероприятий по снижению выбросов ЗВ в период НМУ. Ведение журнала прогнозов НМУ. Контроль мероприятий;
  - Платежи за сброс в ЦСВ. Расчет платы за сброс сточных вод в ЦСВ. Формирование отчетов по выполненным расчетам;

- Журнал учета водопотребления. Автоматизация учета водопотребления и водоотведения в подразделениях предприятия;
- Формы 6.1-6.3 по Приказу МПР № 30. Формирование отчетности по формам 6.1-6.3 согласно Приказу МПР 30 от 06.02.2008 г.;
- Нормативные документы по экологии. База данных нормативной документации по экологии. Отслеживание изменений в природоохранном законодательстве;
- ЭкоСфера-ЛАЙТ. Формирование отчетности в региональный кадастр отходов Пермского края;
- ЭкоСфера-РЕГИОН. Ведение базы данных по выбросам, сбросам, образованию отходов предприятий региона, отчетов по платежам, статистических и сводных аналитических отчетов, разрешительной документации. Разработан для государственных природоохранных органов.

Рассмотрим подробнее программный модуль «Учет отходов», который предназначен для занесения и хранения первичной информации по движению отходов в подразделениях предприятия.

Является дополнительным модулем, расширяющим функциональность программного комплекса «ЭкоСфера-ПРЕДПРИЯТИЕ».

Одной из главных функциональных особенностей программного модуля «Учет отходов» является возможность занесения данных по обращению с отходами, которые образуются непосредственно в подразделении предприятия.

Программный модуль "Учет отходов" позволяет организовать учет движения отходов предприятия в разрезе его филиалов, цехов, подразделений, участков.

Наиболее эффективным вариантом внедрения является установка модуля в подразделениях предприятия непосредственно лицам, отвечающим за учет отходов на местах.

Разработан программный механизм, когда эколог жестко задает структуру занесения информации для каждого подразделения. Например, какие отходы могут образовываться в данном подразделении, куда они потом направляются, с какой целью. Если отход передается в итоге в стороннюю организацию, то эколог заносит договор, при передаче отхода организации ответственный исполнитель выбирает кому передан отход и по какому договору. В дальнейшем операция будет учитываться в разрезе договора, контрагента.

Если единицы измерения отличаются от тонн, то эколог задает удобные для ведения первичного учета единицы измерения для данного отхода, а также коэффициент пересчета в тонны. Таким образом, учет ведется в удобном формате, а в экологическом учете отражается вес отхода в тоннах, как и требуют нормативные акты.

Выполнение экологом настроек позволяет минимизировать ошибки занесения информации, делают учет отходов на предприятии наглядным и прозрачным.

При наличии у предприятия нормативов образования отходов, программный модуль будет в течение отчетного года в процентах отслеживать величину фактического образования отхода по отношению к установленному нормативу.

Использование модуля Учет отходов систематизирует экологический учет отходов на предприятии, снижает трудозатраты, повышает качество соблюдения природоохранного законодательства.

Данные по учету отходов автоматически переносятся в журнал движения отходов ПП «ЭкоСфера-ПРЕДПРИЯТИЯ», и в дальнейшем по ним формируются отчеты по приказу МПР РФ № 1028 от 08.12.2020 (ранее Приказ № 721). Также эти данные будут использованы при расчете платежей за размещение отходов, формировании статистического отчета "2-ТП (отходы)".

### 3.2 Анализ и оценка эффективности разработанных рекомендаций по совершенствованию системы управления сферой обращения с отходами производства.

Разработка плана мероприятий по обеспечению техносферной безопасности. Для оценки экономической эффективности руководству необходимо рассчитать затраты на внедрение предложенных мер [22].

План мероприятий представим в виде таблицы 1.

Таблица 1 – План мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

План мероприятий по обеспечению техносферной безопасности _____ на 2024 год (наименование организации)				
Наименование структурного подразделения, рабочего места	Наименование мероприятия	Цель мероприятия	Срок выполнения	Источник финансирования мероприятия
Предприятие	Разработка приказа об установлении противопожарного режима	Обеспечение пожарной безопасности	Январь	Бюджет организации
Предприятие	Закупка, наладка и внедрение АИС «Отходы»	Обеспечение техносферной безопасности	Февраль	Бюджет организации
Предприятие	Проведение исследований с применением АИС «Отходы»	Обеспечение техносферной безопасности	Ежемесячно	Бюджет организации

Смета затрат на финансирование мероприятий по обеспечению безопасности представим в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Смета затрат на финансирование мероприятий

Наименование статьи затрат	Единицы измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Стоимость, руб.
Разработка и утверждение локальных документов	-	1	50000	50000
Закупка, наладка и внедрение АИС «Отходы»	-	1	275000	275000
Проведение исследований с применением АИС «Отходы»	-	1	50000	50000
Итого	-	-	-	375000

Смета затрат на финансирование мероприятий показывает необходимость привлечения денежных средств в размере 375000 руб.

Самое значимое мероприятие это разработка и утверждение локальных документов.

«Экономический эффект от реализации мероприятия – это конечный результат, который возникает после реализации мероприятий и приводит к улучшению безопасности в организации либо позволяет минимизировать возможный ущерб. Экономический эффект измеряется разностью между денежным доходом от реализации мероприятия (предотвращенный ущербом) и денежными расходами на осуществление мероприятия» [17]:

$$Эг = П - З \quad (1)$$

«где Эг – годовой экономический эффект, руб.;

П – величина полученного дохода (прибыли) от реализации мероприятия, руб.;

З – затраты на реализацию мероприятия, руб.» [17]

Таким образом, годовой экономический эффект за 2023 г. (после внедрения предложенного инженерного решения) составил:

$$\text{Эг} = 60\ 000 - 50\ 000 = 10\ 000 \text{ руб.}$$

«Основной целью расчета экономического эффекта является определение эффективности. Эффективность – одна из характеристик мероприятия, которая отражает соотношение затрат и результатов внедрения с экономической точки зрения. То есть это характеристика, которая отвечает на вопрос, стоит реализовывать мероприятие или нет, повлияет ли оно позитивно на обеспечение безопасности в организации» [17]:

$$\text{Э} = \text{П}/\text{З}, \quad (2)$$

«где Э – экономическая эффективность мероприятия» [17].

Таким образом, экономическая эффективность составит:

$$\text{Э} = 60\ 000/50\ 000 = 1,2$$

«Срок окупаемости затрат на проведение мероприятия:» [17]

$$\text{T}_{\text{ед}} = \frac{\text{З}}{\text{Э}}, \quad (3)$$

$$\text{T}_{\text{ед}} = \frac{50000}{10000} = 5 \text{ лет}$$

Таким образом, срок окупаемости от разработки и утверждение локальных документов составит 5 лет.

Вывод по разделу. Одним из практикуемых методов повышения эффективности управления отходами является использование программного обеспечения для управления отходами, такого как АИС «Отходы». Этот тип программного обеспечения может помочь мусороперерабатывающим предприятиям отслеживать и управлять ввозимыми розничными и коммерческими грузами, а также оптимизировать операционные процессы, происходящие после получения отходов.

Сегодня на рынке представлено множество различных программ для управления отходами. Некоторые из этих программ предназначены для определенных методов переработки мусора, тогда как другие носят более общий характер. При настройке ПО важно правильно использовать алгоритмы, чтобы используемый функционал способствовал уменьшению затрат и увеличению эффективности. Предлагаемое мероприятие экономически целесообразно.

Проведенная нами оценка эффективности предложенных решений, позволяет сделать следующие выводы:

- годовой экономический эффект за 2023 г. составил 10 000;
- экономическая эффективность мероприятия составила 1,2;
- срок окупаемости 5 лет.

Выводы по разделу 3.

Одним из практикуемых методов повышения эффективности управления отходами является использование программного обеспечения для управления отходами, такого как АИС «Отходы». Этот тип программного обеспечения может помочь мусороперерабатывающим предприятиям отслеживать и управлять ввозимыми розничными и коммерческими грузами, а также оптимизировать операционные процессы, происходящие после получения отходов.

Сегодня на рынке представлено множество различных программ для управления отходами. Некоторые из этих программ предназначены для определенных методов переработки мусора, тогда как другие носят более общий характер. При настройке ПО важно правильно использовать алгоритмы, чтобы используемый функционал способствовал уменьшению затрат и увеличению эффективности.

Грамотный менеджмент отходов не только непосредственно сокращает объем мусора, но также и уменьшает его воздействие на экологию, в частности, редуцирует воздействие вредных парниковых газов, таких как моноокись и двуокись углерода, метан.

## Заключение

Тема диссертационного исследования – «Процесс обращения с отходами производства в организации. Процедура. Практика реализации. Рекомендации по улучшению».

В работе проведен анализ требований по обеспечению безопасности в области обращения с отходами производства. Была рассмотрена нормативно-правовая база в Российской Федерации по данной теме исследования.

Нормативные правовые акты федерального уровня в соответствии с иерархией права, принятой в РФ, которые регулируют сферу обращения с отходами можно привести в следующей последовательности:

- Конституция РФ;
- Федеральные законы РФ;
- указы и распоряжения президента РФ;
- постановления и распоряжения Правительства РФ;
- ведомственные акты федеральных органов исполнительной власти.

Отдельно стоят нормативные технические документы, не имеющие статуса нормативных правовых актов.

Также было рассмотрено влияние геоэкологических факторов на выбор оптимальной схемы обращения с отходами, приведены отечественные и зарубежные методы утилизации отходов производства. Рассмотрены так же экологические требования по обращению с отходами. Вопросы обращения с отходами являются одними из наиболее актуальных проблем экологии. Особенно это касается крупных промышленных предприятий, в процессе деятельности которых образуется большое количество отходов разной степени опасности. Наряду с техническими вопросами сбора, хранения, утилизации и захоронения отходов важным является необходимость соблюдения требований экологического законодательства.

Управление отходами или удаление отходов — это все виды

деятельности и действия, необходимые для управления отходами с момента их образования до их окончательного удаления. Это включает, среди прочего, сбор, транспортировку, обработку и утилизацию отходов, а также мониторинг и регулирование. Он также включает нормативно-правовую базу, касающуюся обращения с отходами, в том числе рекомендации по переработке.

В третьем разделе была рассмотрена практика реализации, в том числе повышение эффективности системы управления сферой обращения с отходами производства. Одним из способов повышения эффективности управления отходами является использование программного обеспечения для управления отходами, такого как АИС «Отходы». Этот тип программного обеспечения может помочь мусороперерабатывающим предприятиям отслеживать и управлять ввозимыми розничными и коммерческими грузами, а также оптимизировать операционные процессы, происходящие после получения отходов.

Сегодня на рынке представлено множество различных программ для управления отходами. Некоторые из этих программ предназначены для конкретных типов объектов по обращению с отходами, тогда как другие носят более общий характер. Независимо от типа программного обеспечения, которое вы выбираете, есть несколько ключевых функций, на которые следует обращать внимание, чтобы убедиться, что оно поможет вам сократить расходы и повысить эффективность.

Правильное обращение с отходами не только устраняет последующие отходы, но также снижает воздействие и интенсивность вредных парниковых газов, таких как двуокись углерода, моноокись углерода и метан, которые часто выделяются из накопленных отходов на свалках.

## Список используемых источников

1. Бобович Б. Б. Процессы и аппараты переработки отходов: учебное пособие. М.: Форум, 2016. 288 с.
2. Бузмаков С. А., Воронов Г. А. Основные подходы в определении качества окружающей среды // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 2–2. С. 587–590.
3. Ветошкин А. Г. Основы инженерной экологии: учеб. Пособие. Санкт – Петербург: Лань, 2018. 332 с.
4. Загвоздин В. И. и др. Химический экологический мониторинг выбросов перерабатывающих предприятий: проблемы информационной поддержки // ЭЖиП: Экология и промышленность России. 2018. № 10. С. 35–38.
5. Исаева А. В. Отходы как перспективный источник энергии // Экология производства. 2015. №10. С.56-59
6. Колотырин К. П. Управление развитием экологоэкономических систем в сфере обращения с отходами потребления: Автореф. дисс. ... д. э. н. Саратов, 2015. 39 с.
7. Михайлова Е. Л. Эколого-экономический мониторинг в системе экономической безопасности предприятия // Научный форум: Экономика и менеджмент: сб. ст. по материалам XVII междунар. науч.-практ. конф. № 5(17). М. Изд. «МЦНО», 2018. С. 157 – 160.
8. Николаева К. В., Сагдеева А. А., Григорьева О. Н. Управление отходами производства и потребления: мировой опыт и Российская практика [Электронный ресурс] : Вестник Казанского технологического университета. 2017. №20. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-othodami-proizvodstva-i-potrebleniya-mirovoy-opyt-i-rossiyskaya-praktika> (дата обращения: 11.09.2023).
9. Николаева К. В., Сагдеева А. А. Использование зарубежного

опыта в формировании методологической базы по управлению отходами в инновационной экономике // Вестник Казан. технол. ун-та. 2016. Т.15 №22. С.194 -195.

10. Оболенский Евгений Сергеевич Экономика мусорной катастрофы России // Economics. 2019. №1 (39). [Электронный ресурс] : URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomika-musornoy-katastrofy-rossii> (дата обращения: 30.10.2023).

11. О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды Федеральный закон и отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.07.2014 № 219 – ФЗ. URL:[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_165823](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_165823). (дата обращения: 30.10.2023).

12. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.07.1997 № 116 – ФЗ. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_15234/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/) (дата обращения: 30.10.2023).

13. Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов. Федеральный классификационный каталог отходов ФККО. [Электронный ресурс]: Приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 № 242 URL:[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_218071/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_218071/). (дата обращения: 30.10.2023).

14. Об отходах производства и потребления» [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 24.06.1998 г. № 89 – ФЗ. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19109/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/). (дата обращения: 30.10.2023).

15. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7 – ФЗ. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/) (дата обращения: 30.10.2022).

16. Обухова Д. М. Плата за размещение отходов: обзор судебной

практики // Экология производства. 2016. №11. С.47-50.

17. Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности [Электронный ресурс]: Методические указания. URL: <https://edu.rosdistant.ru/course/view.php?id=3014> (дата обращения: 27.02.2024).

18. Оценкова А. З. Техническое регулирование и управление отходами // Экология производства. 2015. №4. С.36-41.

19. Павлова Е. И. Общая экология : учебник и практикум для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Издательство Юрайт, 2024. 167 с. URL: <https://urait.ru/bcode/538288> (дата обращения: 24.02.2024).

20. Переработка строительных отходов – защита окружающей среды и дополнительная прибыль [Электронный ресурс] : Журнал «Горная Промышленность» №2 2008. URL: <https://mining-media.ru/ru/article/drobilka/800-pererabotka-stroitelnykh-otkhodov-zashchita-okruzhayushchej-sredy-i-dopolnitelnaya-pribyl>(дата обращения: 30.10.2022).

21. Попов А. А. Производственная безопасность: учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 432 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/211274> (дата обращения: 25.02.2024).

22. Рашоян И. И. Расчетные методы оценки пожарного риска: учебно-методическое пособие. Тольятти: ТГУ, 2017. 225 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/140055> (дата обращения: 15.02.2024).

23. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Основные положения. [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 52108 – 2003. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200032450> (дата обращения: 30.10.2023).

24. СП 127.13330.2023 «Объекты размещения отходов производства. Основные положения по проектированию (СНиП 2.01.28-85 Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию)».

25. Толстокорова О. Н. ФККО и паспортизация отходов: все по-новому // Экология производства. 2016. №10. С.24-28.

26. Alvarez R. A., Pacala S. W., Winebrake J. J., Chameides W. L. and

Hamburg S. P. 2012. Greater focus needed on methane leakage from natural gas infrastructure. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109: 6435–6440.

27. Burton G. A., Nadelhoffer K. J. and Presley K. 2013. Hydraulic fracturing in the state of Michigan: Environment/ecology technical report. University of Michigan. September 3.

28. McKenzie L. M., Witter R. Z., Newman L. S. and Adgate J. L. 2012. Human health risk assessment of air emissions from development of unconventional natural gas resources. *Science of the Total Environment* 424: 79–87. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.02.018.

29. Kitzis J., Miller D., Welsh D., Wolfe D., Neff W. and Tans P. 2012. Hydrocarbon emissions characterization in the Colorado Front Range: A pilot study. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 117(D4). doi:10.1029/2011JD016360.

30. Williams H. F. L., Havens D. L., Banks K. E. and Wachal D.J. 2008. Field-based monitoring of sediment runoff from natural gas well sites in Denton County, Texas, USA. *Environmental Geology* 55:1463–1471.