



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра геоэкологии, природопользования и экологической безопасности

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)

На тему Оценка методов переработки твердых коммунальных отходов в современной России

Исполнитель Уразбахтина Анжелика Владимировна  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат биологических наук  
(ученая степень, ученое звание)

Мандрыка Ольга Николаевна  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат географических наук, доцент  
(ученая степень, ученое звание)

Дроздов Владимир Владимирович  
(фамилия, имя, отчество)

«\_\_» «\_\_» 2022 г.

Санкт-Петербург,  
2022

## Оглавление

Введение .....	3
Глава 1. Понятие ТКО, состав и свойства.....	5
Глава 2. Методы переработки ТКО.....	11
2.1 Методы термической деструкции .....	16
2.2 Метод пиролиза .....	20
2.3 Метод газификации.....	21
2.4 Комбинированные методы.....	23
2.5 Методы, основанные на применении плазменных источников энергии ..	24
2.6 Компостирование .....	25
Глава 3. Производственный экологический мониторинг на мусороперерабатывающих предприятиях .....	26
3.1 Задачи экологического мониторинга .....	26
3.1 Производственный контроль на МПП .....	27
4.3 Производственный мониторинг на МПП в РФ .....	29
4.4 Мусорная реформа и отдельный сбор .....	30
Глава 4. Анализ проекта Hardferm .....	32
4.1 О проекте Hardferm .....	32
4.2 Технические характеристики завода Hardferm.....	33
4.3 Конечные продукты утилизации отходов.....	38
4.4 Преимущества проекта Hardferm .....	39
4.5 Отрицательные стороны технологии Hardferm .....	41
Заключение .....	44
Список используемой литературы .....	46
Приложение А .....	50

## Введение

Проблема утилизации техногенных отходов давно и остро стоит во всем мире, и Россия не исключение. Ежегодно в нашей стране образуются миллиарды тонн различного мусора. основополагающим законом, регулирующим отношения между участниками рынка отходов, является ФЗ № 89 «Закон об отходах производства и потребления» (1998 г.).

Изначально понятие твердых коммунальных отходов было выдвинуто еще в 2014 году (Федеральный закон №458-ФЗ). Они включают, наряду с бытовыми, отходы, образующиеся в процессе деятельности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, подобные по составу отходам, образующимся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами [1].

Твердые коммунальные отходы захламляют и засоряют окружающую природную среду, они могут являться источником поступления вредных биологических, химических и биохимических веществ в экосистемы. Создать безотходное производство невозможно, как и невозможно сделать безотходным потребление. Решение проблемы переработки твердых коммунальных отходов приобретает в последние годы особое значение.

Подходящих для захоронения отходов территорий вокруг крупных городов становится меньше. Количество коммунальных отходов увеличивается в геометрической прогрессии, так как отходы не сортируются. Существующие полигоны, которые были построены десятки лет назад, заполнены практически полностью. Поэтому, в недалеком будущем, крупным городам, мегаполисам и агломерационным системам поселений грозит «мусорный коллапс».

Реформирование системы управления отходами, выбор оптимального способа их утилизации является сложной, но важной задачей. Для

качественного развития существующей системы обращения с отходами требуется провести анализ имеющихся методов переработки твердых коммунальных отходов, выбрать наиболее предпочтительный из них в качестве технологии для будущего распространения на Северо-Западный регион.

В связи с мусорной реформой и внедрением региональных операторов актуальным является поиск единого экологичного подхода к переработке отходов.

*Целью* дипломной работы является анализ методов переработки ТКО в современной России.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Охарактеризовать понятие и систематизировать ТКО в зависимости от происхождения;
2. Изучить существующие наилучшие методы переработки ТКО;
3. Оценить роль производственного экологического мониторинга на мусороперерабатывающих предприятиях;
4. Проанализировать перспективный проект и дать практические рекомендации.

Объектом исследования являются методы переработки ТКО. Предметом – их анализ.

Новизна исследования заключается в том, что в данной дипломной работе впервые дан социально-экономический анализ проекта Hardferm.

Методика - социально-экономический анализ проекта.

## Глава 1. Понятие ТКО, состав и свойства

В соответствии со статьей 1 Федерального закона от 24.06.1998 N 89-ФЗ "Об отходах производства и потребления" твердые коммунальные отходы - отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд [1].

Юридической основой для классификации ТКО в России служит Федеральный классификационный каталог отходов (ФККО), который классифицирует отходы по происхождению, агрегатному состоянию и опасности. В ФККО используется термин «Твердые коммунальные отходы» код раздела 73100000000 [2].

Важно, чтобы в свободном доступе можно было получить информацию о тех свойствах, которыми ТКО обладают. Такая информация нужна для выбора верной транспортировки, осуществления правильного сбора отходов, верной технологии применения оборудования и рационального распределения ресурсов. Сначала, перед тем как сделать выбор о технологиях обращения с ТКО, нужно оценить, прежде всего состав отходов. Правильно распознав морфологический состав мусора можно грамотно просчитать верный способ утилизации, а также, выявить процент получения из отходов вторичного сырья.

Твердые коммунальные отходы - специфический класс отходов по компонентному содержанию сложного химического состава. Поэтому выделяют несколько параметров, которые характеризуют качественный состав ТКО. Первый параметр – морфологический или компонентный – это объем составляющей части к общему объему, может выражаться в процентах. Согласно утвержденной в 2014 г. методике, морфологический состав твердых отходов производства и потребления [3] определяется содержанием в них

отдельных компонентов, значительно отличающихся между собой по происхождению, химическому составу и свойствам. Вторым параметром – фракционный. Выделяются двенадцать компонентов, из которых, как считается, состоят современные российские ТКО: бумага, картон, пищевые отходы, дерево, металл, текстиль, кости, стекло, кожа и резина, полимерные материалы, прочее (неклассифицируемые материалы) и отсев. Учитывая доступные методы обезвреживания и переработки ТКО, более важными являются данные о морфологическом составе, чем о химическом.

Фракционный состав ТКО – это отношение ячеек разного размера и формы к массе компонентов. Выражается такое отношение в процентах.

Проведя компонентный анализ можно упорядочить собираемые объекты на многокомпонентные и малокомпонентные. В последние входят гостиницы, разные общественные заведения, магазины. Главным объектом, извлекаемым из таких предприятий – это бумага, полиэтилен, различные цветные металлы и стекло. На других объектах сортировка ТКО проходит в разы сложнее. Это обуславливается высокой влажностью воздуха, большого загрязнения и примеси компонентов [4].

Морфологический состав ТКО меняется очень быстро. В повседневной жизни стали широко использоваться упаковочные материалы и полуфабрикаты. Это привело к возрастанию содержания полимеров и бумаги в ТКО, такая категория как кости практически полностью исчезла. Из-за возникновения одноразовых предметов гигиены появилась новая категория – одноразовые подгузники, на которые в современных твердых коммунальных отходах приходится до 2-3 % по массе [5].

Состав ТКО варьируется и в определенных районах. К примеру, отходы в деревне и отходы в городе будут иметь практически колоссальное отличие. Это обуславливается различиями по характеру потребления, по доходу

населения и конечно, весомую роль играет то, многоквартирный это дом или же многоквартирный. То есть сама структура потребления товаров меняется не только во времени, но и по территории. Однако методика по определению морфологического состава отходов не содержит руководства по выполнению исследований. На диаграмме ниже приведен усредненный морфологический состав твердых коммунальных отходов в городе Санкт-Петербург.



Рисунок 1- Усредненный морфологический состав ТКО г. Санкт-Петербург [3]

Параметры, которые используются в исследовании отходов делятся на биологические, химические и физические. Физические свойства ТКО важны при проведении любых действий с ними, химические свойства передают вещественные характеристики отходов, на основе которых оценивается их способность к тому или иному методу переработки или на случай захоронения. Сейчас чаще используются и биологические методы исследования. Эти методы обладают важным преимуществом - можно оценить воздействие, которое оказывает отход, в комплексе [6].

Главными свойствами, которыми обладают ТКО принято выделять плотность и влажность. Именно эти показатели выполняют ключевую роль в последующем обезвреживании отходов. Физические свойства, которыми наделяется ТКО напрямую зависят от множества факторов, среди которых сезон года, погода т.д. Для этого отходы выравниваются и замеряются специальной линейкой. Потом происходит взвешивание ТКО. На основе этих данных высчитывается средняя плотность.

Влажность воздуха, погодные условия, время года и также сам морфологический состав отходов напрямую влияют на их влажность. К примеру, высокой влажностью обладают пищевые отходы, а вот в стекле влажность минимальна [5]. Влага, которая содержится в отходах, делится на наружную и также на гигроскопическую. Многие исследователи дают понятие наружной влаги. В понятии они излагают то, что это влага, существующая в отходах, которая теряется при сушке на открытом воздухе или в открытом состоянии. Воздушно-сухие отходы- это такой тип отходов, который не может меняться под действием обычной комнатной температуры и воздействия влажности, находящейся в воздухе. Под гигроскопической влагой обычно понимают такую влагу, которая при просушивании вещества при температуре в 105<sup>0</sup>С практически полностью теряется. Определить значение наружной влаги очень сложно. Это обуславливается тем, что необходимы специальные шкафчики для сушки, а также проведение специального анализа больших проб. Поэтому чаще всего проводят обычный анализ по определению общей влажности. Для того, чтобы вычислить общую влажность нужно соотнести между собой первоначальную массу к массе сухого образца [7].

К химическим свойствам любых отходов относятся: органические вещества, фосфор общий, коррозионная активность, химические яды, хром, свинец, и т.д. [4]. Величина содержания рН- очень важная составляющая, которая определяет верность и безвредность хода многих химических процессов. Она помогает предотвратить загрязнения почвы, подземных вод,

предотвратить коррозию металлов. Основные показатели того, сколько органических материалов содержится в отходах- БПК и ХПК. Это имеет особое значение, так как отсюда слагается и оценка, и дальнейшие планы по разложению отходов. У ТКО есть определенные свойства, которые определяют их компостирование. К таким свойствам относятся: азот, органическое вещество и фосфор. Данные свойства дают возможность дать оценку химическим и биологическим процессам разложения. Токсиканты, ядохимикаты и канцерогены являются определяющей составляющей твердых коммунальных отходов [8].

Тесты на возбудителей болезни и тесты на токсичность дают возможность определить биологические показатели отходов. В твердых коммунальных отходах присутствует огромное количество органических веществ, которые легко загнивают и обладают высокой влажностью. Эти вещества при разложении выделяют сероводород (газ, который издает неприятный запах) и различные жидкости. Данные обстоятельства создают комфортную среду для жизнедеятельности различных возбудителей болезней, таких как тиф и туберкулез. Кроме различных возбудителей болезней отходы также содержат огромное количество яиц глистов и паразитов. Свалки, если от них исходит истошный запах, виден процесс гниения, не создают приятного вида [9].

Параметры и свойства отходов определяются для классификации ТКО по различным показателям, например, как низкий/высокий потенциал загрязнения. Также свойства могут быть использованы для того, чтобы выбрать целесообразный метод обезвреживания или переработки. Некоторые параметры могут помочь в определении качественных характеристик отходов: теплотворной способности, содержание питательных веществ для процессов термообработки и компостирования. Для анализируемых показателей важную роль играет их достоверность. Поэтому отходы выбирают репрезентативно, а пробу готовят очень тщательно [9].

Выбор способа утилизации отходов, их сбор и сортировка зависят напрямую от характеристик, которыми обладают ТКО. Например, при выборе транспортировки ТКО нужно обращать внимание на следующие факторы: сезон, информация о составе отходов, возрастания либо снижения потребления конкретного продукта. Для того, чтобы максимально обезопасить переработку отходов и обезвредить ее ключевыми являются именно эти факторы. Они происходят на начальных этапах, на практике осуществляется через предварительную подготовку, селективный сбор [10].



Рисунок 2 – Систематизация ТКО в зависимости от происхождения

Главная проблема, которая проявляется при переработке твердых коммунальных отходов - это их несортируемость. Из-за этого отходы приобретают высокую влажность. Это сводит к минимуму безопасное хранение отходов на полигоне, а также сжигание мусора [11].

## Глава 2. Методы переработки ТКО

По информации Министерства Природы РФ в государстве каждый год образуется более 70 миллионов тонн отходов. Из них только 10% идет на утилизацию и обезвреживание, остальные 90% размещаются на полигонах и свалках, которые не соответствуют требованиям законодательства. Объем твердых коммунальных отходов, вывезенных на мусороперерабатывающие заводы, в 2017 г. составил 27,9 млн м<sup>3</sup>, или 10% от общего объема ТКО [11].

На данный момент в России при обращении с твердыми коммунальными отходами в основном используется метод захоронения. Так, например, еще в 2017 году число захороненных твердых коммунальных отходов составило почти 60 тысяч тонн, это составило 87% от всего объема вывозимых ТКО. Почти 1 млн. тонн было вывезено на обезвреживание, что составило 2,2% от всего числа вывозимых ТКО [11].

Механизм обращения с ТКО предусмотрен Федеральным законом «Об отходах производства и потребления». Положения этого закона получили развитие в ряде подзаконных актов, а также в законах субъектов РФ, где соответствующие законы приняты.

Основными сценариями захоронения отходов являются: захоронение отходов на полигонах, сжигание, отдельный сбор и переработка.

Первый способ уже изжил себя. Мест для свалок и полигонов не хватает, отходы занимают слишком много места вблизи российских городов.

Способ сжигания имеет много минусов и отрицательных отзывов среди экспертов. Во время сжигания ТКО в атмосферу выделяется большое количество вредных веществ: диоксины, оксиды азота, металлы в виде аэрозолей, хлористый водород и много других. Диоксины являются опасными ксенобиотиками. Они практически не расщепляются и накапливаются в организме человека и биосфере Земли. Летальная доза этих веществ достигает

$10^{-6}$  г на 1 кг живого веса. Эта величина намного меньше аналогичной величины для военных боевых отравляющих веществ (к примеру, для зомана  $10^{-3}$  г/кг). Фильтры, способные уловить диоксины, слишком дорогие [9].

Раздельный сбор практически не развит в России. Малая часть ТКО используется на вторичную переработку.

Итак, существуют следующие технологии переработки ТКО:

– предварительная сортировка, утилизация и реализация ценных компонентов.

– Хранение (биологическая утилизация);

– Мусоросжигание (термическая утилизация);

– Превращение в компост (биологическая ликвидация) [9].

На Российских предприятиях и организациях в настоящее время существуют два основных способа утилизации ТКО, это сжигание мусора и его компостирование.

В начале пути переработки отходы поступают в мусоросортировочный комплекс. Комплекс состоит из:

1. Загрузочного устройства (фронтальный погрузчик, или экскаватор с грейферным захватом, возможно использование отечественной техники).
2. Валковой дробилки DW 3080 "Mammut" (DW 2560 "Bison").
3. Магнитного сепаратора для черных металлов.
4. Сортировочной установки барабанного типа (грохот) SM 618 profi.
5. Сортировочной установки для ручной сортировки DSA-1000.
6. Магнитного сепаратора для черных металлов (возможна установка сепаратора для цветных металлов) [9].

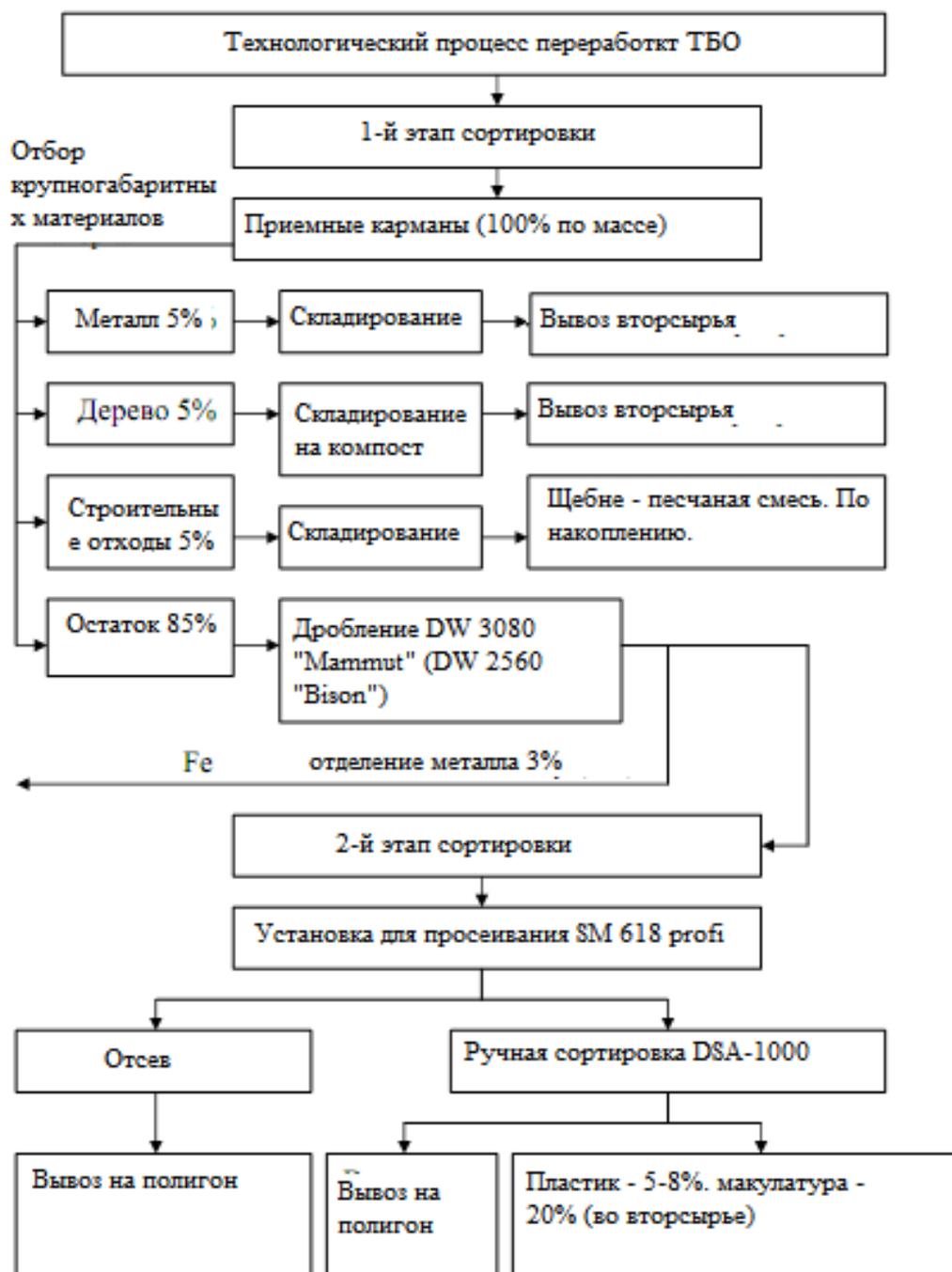


Рисунок 3 - Схема мусоросортировочного комплекса для измельчения и сортировки ТКО [9]

Принцип работы у мусороперерабатывающего комплекса следующий: ТКО загружаются в бункер дробилки, в котором происходит измельчение до размера фракции отхода 30см. На транспортной ленте проходит измельченный мусор под ленточным магнитным сепаратором, где происходит отбор черного

металла и перемещение его в накопительный бункер. Далее ТКО поступают в грохот, в котором происходит отделение мелкой фракции до 5 см. После грохота отходы поступают в приемник ручной сортировочной установки. Скорость транспортной ленты установки можно плавно регулировать до скорости 0,9 м / с. Здесь вручную можно проводить отбор ПЭТФ бутылок и пластика, цветных металлов, бумаги и картона и т. п. В конце транспортной ленты установлен магнитный сепаратор для черных металлов.

Лидирующие позиции занимают термические методы переработки, они же являются и самыми объемными. У этих методов есть преимущество, которое состоит в том, что объем перерабатываемых отходов значительно уменьшается (масса ТКО уменьшается на 85-90%). Зола и шлак, что образовались в процессе горения, удаляются на полигоны. В процессе термической обработки также образуются газы, которые проходят очистку на специальных сооружениях и удаляются в атмосферу [11].

Перечислим основные методы термической переработки: газификация, сжигание и пиролиз.

Процесс сжигания отходов проводится при температуре выше 600<sup>0</sup>С обязательно в окислительной среде. В данном случае утилизация происходит автотермично. Это означает, что при осуществлении горения отходов не требуется какого-либо дополнительного топлива. На мусоросжигательных заводах применяется именно такой метод. У такого метода есть ряд преимуществ, например, для его реализации нужна минимальная затрата средств, оборудование очень компактное и для его реализации не нужно особых сил. Но также у метода есть и недостатки: мусор важно сортировать перед процессом утилизации, так как он не должен содержать в себе галогены, серу и фосфор.

Если перед утилизацией не провести сортировку мусора, то когда отходы будут гореть - образуются токсичные вещества, которые наносят большой вред организму человека [9].

Некоторая часть заводов, которые направлены на сжигание мусора, приобретены за рубежом. И они не настроены на отходы, которые не прошли предварительную сортировку. В России в основном основополагающими являются комбинированные отходы.

При ликвидации пастообразных и твердых отходов также часто применяется метод *газификации*. Этот метод подразумевает обработку отход при аномально высокой температуре около 1100<sup>0</sup>С. Обработка осуществляется водяным паром, либо кислородом [11].

В реакторе важно постоянно поддерживать стабильную атмосферу, которая будет способствовать восстановлению. Это позволяет избежать образование азота и серы. При осуществлении процесса газификации образуются продукты частичного окисления. (СО, СО<sub>2</sub>, Н<sub>2</sub>О, НСl, альдегиды, фенолы, углеводороды). Газификация осуществляется только с том случае, когда ядовитые вещества, которые выделяются в процессе утилизации отходов, в своей концентрации не превышают установленной нормы. Газ, образуемый в генераторе можно повторно использовать в качестве низкокалорийного топлива [12].

*Пиролиз*- это специальный процесс, который происходит при действии высоких температур без доступа к воздуху. Такие температуры достигают отметки в 1000<sup>0</sup>С. Основание для производства пиролиза- глубокое окисление остатков органических отходов.

Когда происходит осуществление пиролиза, то газификация, сушка и перегонка между собой связываются. Конечным продуктом, получаемым из процесса пиролиза, являются СО<sub>2</sub>, Н<sub>2</sub>О, СН<sub>4</sub> [9].

Когда температура увеличивается- также увеличивается и выход газов, в содержании которых нет примесей токсичных веществ. Когда ТКО нужно подвергать термической обработке, то на заводах в основном используют способ сжигания отходов.

*Компостирование* основано на естественном биологическом разложении отходов. Оно широко применяется для переработки органических, растительных отходов (листья, ветки, трава). В специальных компостных установках процесс разложения специально регулируется: создается температура до 70 °С, при которой погибают микробы и семена сорных растений. Компост, который получают на мусороперерабатывающих заводах, используют как органическое удобрение [12].

## 2.1 Методы термической деструкции

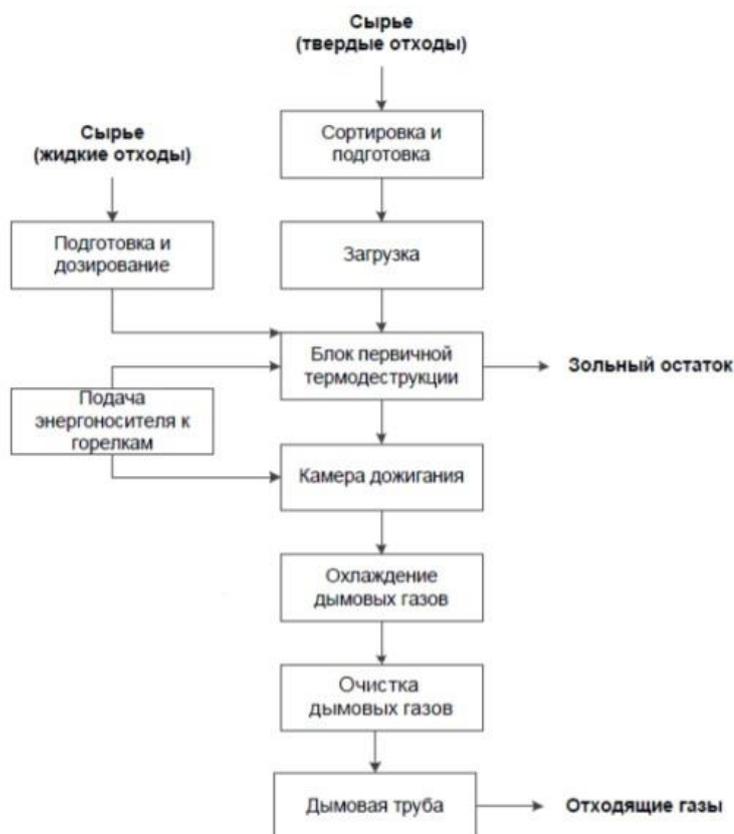


Рисунок 4 — Общая схема сжигания отходов с целью обезвреживания [13]

За рубежом применяются *трубчатые (барабанные) вращающиеся печи* для огневого обезвреживания ТКО. Такая технология применяется в основном во Франции, в России они только разрабатываются. Преимущество данного метода переработки заключается в том, что в барабанных печах отсутствуют движущиеся металлические части, которые бы контактировали с отходами, тем самым снижая надежность установки в целом. Это обеспечивает низкую стоимость ремонта. Однако такие печи для неподготовленных ТКО используют очень редко. Сжигание отходов происходит при температуре выше 900 С. Для повышения долговечности вращающейся печи иногда применяют водяное охлаждение стенки барабана [14].



Рисунок 5 – Барабанная вращающаяся печь [14]

Еще одним способом термического обезвреживания отходов является сжигание их в *топках с кипящим слоем*. Особенность такой технологии состоит в том, что создается эффект псевдооживления (кипения) отходов за счет восходящего газового потока. Из-за того, что отходы активно перемешиваются и отдача тепла происходит более усиленно, дымовых газов при этом используется гораздо меньше. Это обуславливается тем, что избыточного воздуха образуется меньше. В нашей стране такая технология осуществляется в больших объемах на МСЗ № 4 (промзона Руднево) [13].



Рисунок 6 – Топка с кипящим слоем [13]

Третьим методом термической деструкции ТКО является *сжигание отходов в котлах с циркулирующим кипящим слоем*. В них можно сжигать различные топлива (угли, шламы, другие виды отходов). Общая зольность отходов после сжигания составляет 12%. Но есть ряд экономических и технических трудностей, из-за которых данная технология используется редко. Но технология все равно считается перспективной для использования, и внедряется по всему миру, в том числе и в России [15].

Положения ИТС 9-2015 прописывают важность начала вложения капитала в развитие технологического оборудования [13].

*Сжигание в металлургических печах*. Основное преимущество данной технологии состоит в том, что за счет сжигания отходов при высоких температурах вредные соединения полностью разлагаются. В данный момент известно много вариаций технологий сжигания ТКО в шлаковом расплаве, которые в зависимости от характера процесса различают с использованием:

- доменных печей с добавлением угля;
- обогащенного кислородом дутья (процесс Ванюкова);
- в качестве дутья природного газа (флюминг-процесс);
- электрошлакового расплава.

Газы, образованные при сгорании охлаждаются, потом проходят через два газовых реактора, где напыливаются нейтрализующими средствами (активированным углем и сорбалитом). В ходе химических реакций нейтрализуются кислые газовые соединения и образуются соединения, которые связывают диоксины, фураны и тяжелые металлы. Продукты реакций отделяются от чистых газов с помощью керамических фильтров [16].

Достоинствами технологии являются: разрушение органических веществ (т.е. полное уничтожение патогенной микрофлоры); снижение риска загрязнения почвы и воды отходами [16].

Недостатки технологии: уничтожение ценных фракций, высокий выход золы и шлаков (около 30% по массе), высокий уровень загрязнения атмосферы.

*Технология сжигания в циклонных печах.* Можно рассмотреть на практике то, как происходит установка для осуществления термической деструкции жидких отходов с циклонными реакторами подтвердила их технические и экономические преимущества перед другими типами установок. Среди основных преимуществ можно выделить существенное уменьшение затрат, возможность извлечения вторичных минеральных продуктов, быстрый запуск, надежность и долговечность эксплуатации [17].

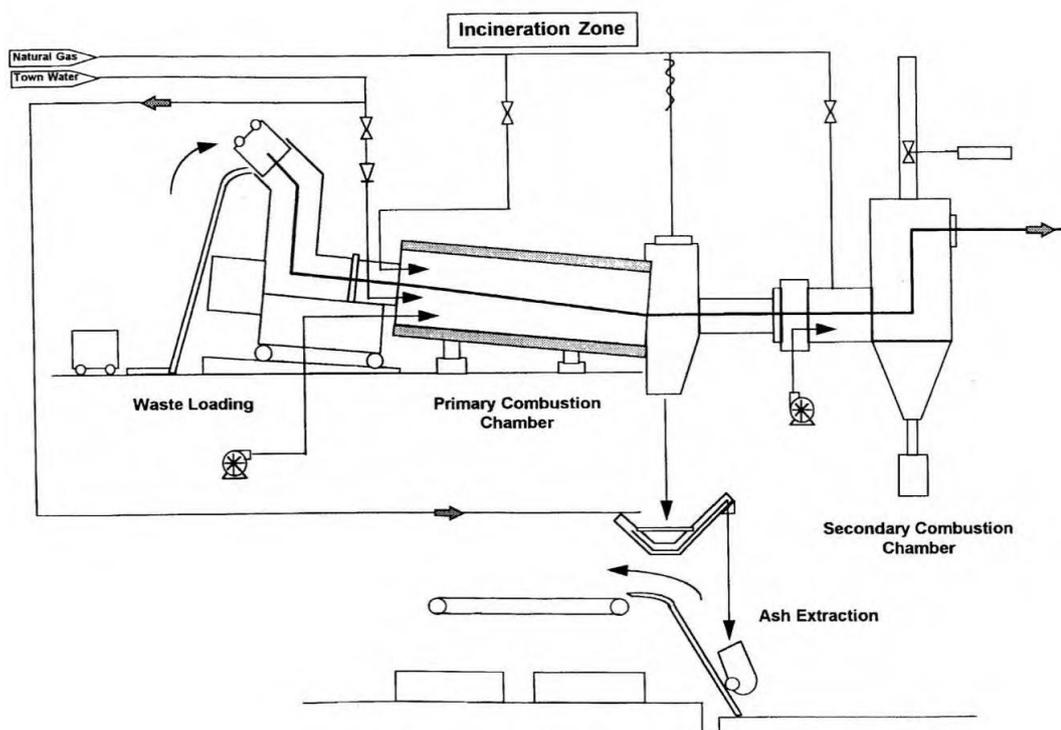


Рисунок 7 – Принципиальная схема печи для сжигания опасных отходов [18]

## 2.2 Метод пиролиза

Технология обезвреживания ТКО методом пиролиза состоит из следующих этапов: дробление отходов, процесс пиролиза и очистка газа. Существуют следующие классификации метода пиролиза по типу используемого реактора:

- установки пиролиза во вращающемся барабане (низко – и среднетемпературный пиролиз);
- установки пиролиза в кипящем слое (среднетемпературные пиролиз);
- шахтные печи (высокотемпературный пиролиз).



Рисунок 8 – Общая схема пиролиза отходов [18]

У данной технологии существуют проблемы. Первая – это необходимость очистки газов от сероводорода, смол, тяжелых металлов. Вторая – это необходимость очистки промывочной воды. Третья – это необходимость использования дополнительных котлов для сжигания газа, полученного при пиролизе, а это удорожает проект. Кроме того, установки быстрого пиролиза не дают большой производительности очистки городов от ТКО [18].

### 2.3 Метод газификации

Технология газификации состоит из трех стадий. На первой стадии отходы измельчают и сушат до влажности 25 %. Далее ТКО, воздух и водяной пар отправляют в реактор. В нем происходит термическое разложение отходов при температуре 600-1000 °С. Заключительным этапом газификации является очистка и охлаждение до 40 °С газа, полученного при деструкции. Дистиллят же отводят для очистки с помощью фильтров. Следующий шаг - смесь необходимо подвергнуть ректификации при температуре 180-300 °С. По

окончанию образуются: легкие жидкие углеводороды (к примеру, дизельное топливо, бензин), метанол, аммиак [19].

Если сравнивать метод сжигания с методом газификации то можно заметить несколько преимуществ газификации:

- Газы, которые были получены в ходе сжигания можно в последующем использовать в как энергетическое топливо;
- Смола, полученная в результате сжигания отходов, также может быть использована в качестве жидкого топлива;
- При осуществлении метода газификации количество выбросов газа в атмосферу значительно снижается по сравнению с другими методами [20].

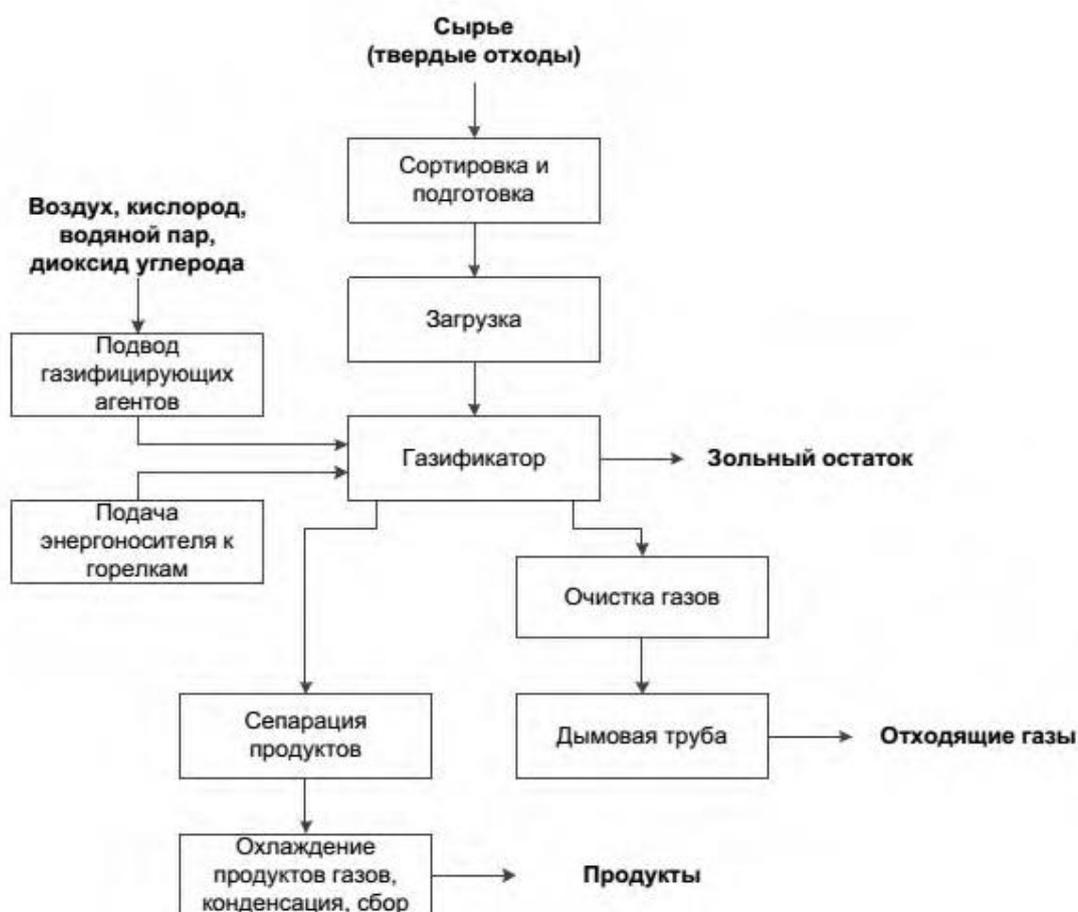


Рисунок 9 – Общая схема газификации отходов [18]

В России разрабатывается на опытных установках технология газификации в фильтруемом плотном слое. В верхних слоях загрузки топлива температура составляет от 100 до 200 °С. Там происходит сушка топлива генераторным газом. При фильтрации газа сквозь слой топлива осуществляется нейтрализация кислых газов минеральными компонентами топливной загрузки. Ниже находится промежуток, в котором проходят пиролиз и возгонка. Там, где кислорода нет, происходит процесс разложения массы. На этом этапе газ генераторный наделяется составляющими пиролиза. В другой части реактора при температуре примерно в тысячу двести градусов Цельсия идет взаимодействие кислорода с остатком кокса. Какая-то часть углерода подвергается процессу горения, это позволяет поддерживать нужную температуру в зоне газификации. Нижняя часть реактора-это зона, где твердый остаток уже окончательно проходит процесс охлаждения. Достигается температура примерно в сто градусов. Затем зольную часть, которая осталась, как только она накапливается, убирают из реактора [17].

#### 2.4 Комбинированные методы

Существуют и комбинированные методы утилизации отходов. Они включают в себя процессы «пиролиз-сжигание» и «пиролиз-газификация». Сначала отходы обрабатываются на ленточном фильтр-прессе, далее проходят термическое обезвреживание, за ним следует пиролиз и термодесорбция, заключительным этапом является сжигание пирогазов и очистка дымовых газов [19].

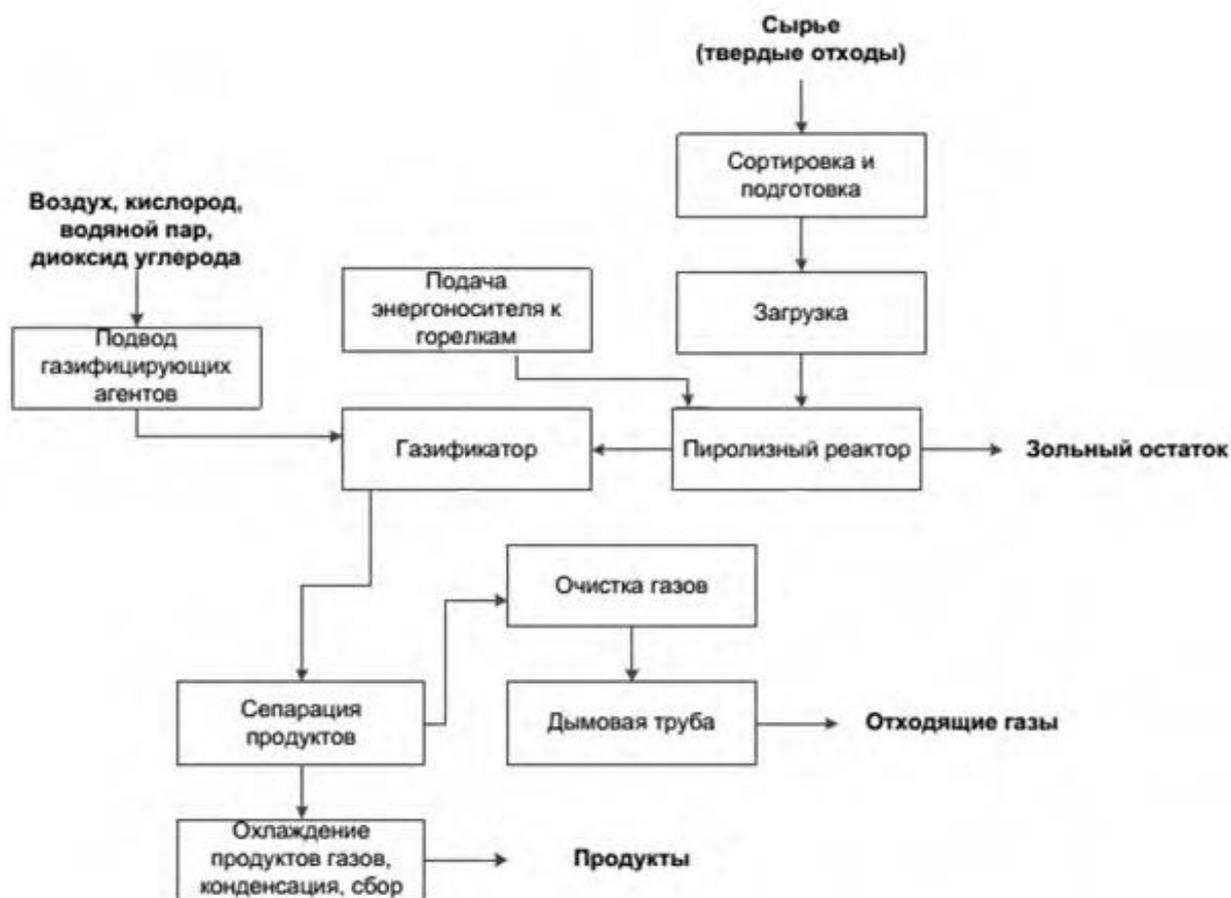


Рисунок 10 – Общая схема термического комбинированного метода [18]

## 2.5 Методы, основанные на применении плазменных источников энергии

Технологию переработки ТКО с применением плазменных источников энергии можно производить в 4 основных вариантах:

- Утилизация супертоксикантов, происходящая в плазменной дуге;
- На токсичные отходы активно действуют удары, происходящие плазменной струей;
- Обезвреживание отходов путем термического воздействия. При этом используются плазменные источники энергии;
- Полное выжигание газов, которые расходятся из печи. Это осуществляется с помощью плазменных источников энергии [20].

Рассмотрим технологию плазменной газификации. Температура, поддерживаемая в установке плазменной газификации, достигает 5500 °С. В таких условиях происходит почти полное преобразование ТКО в синтетический газ. Неорганические вещества выводятся в виде сплава металлов и шлака, которые охлаждаются и являются неопасными. Полученный газ можно использовать для генерации энергии. Процесс такой технологии происходит в реакторах-газификаторах. В процессе поглощаются кислород и водяной пар [18].

## 2.6 Компостирование

Технология компостирования состоит из следующих этапов: предварительное извлечение черного и цветного металлолома магнитными сепараторами из поступающих отходов, перегрузка ТКО в бункер, который является накопителем. Затем в воронки, которые реализуют загрузку, затем в барабанах делятся на две категории- крупные и мелкие. Мелкие в свою очередь прогоняют через дробильный механизм, а затем помещают в биотермическую чашу. Где в течение трех дней отходы будут образованы в компост. Отходы крупной категории сжигают при очень высокой температуре в тысячу градусов [21].

## Глава 3. Производственный экологический мониторинг на мусороперерабатывающих предприятиях

### 3.1 Задачи экологического мониторинга

Экологический контроль – это проверка соблюдения предприятиями, организациями, т.е. всеми хозяйствующими субъектами и гражданами экологических требований по охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности общества. В настоящее время сложились три формы экологического контроля: предупредительная, карательная, информационная [22].

Предупредительная форма предусматривает наличие в себе таких составляющих, как: установление и контроль нормативов качества природы, грамотное использование природных ресурсов [23].

Если нельзя отделаться лишь простым предупреждением, то применяют карательный контроль. Он подразумевает наличие юридической ответственности (уголовной, материальной). Обычно карательной мерой пользуются при предупреждении действий, которые вредят экологии.

Экологический мониторинг- это надзор за состоянием окружающей среды, который дает возможность провести оценку условий, важных для полноценного существования человека [23].

Экологический мониторинг ставит перед собой следующие решение следующих задач:

- Осуществлять надзор за источниками антропогенного действия;
- Осуществлять надзор за аспектами, которые вызывают антропогенное воздействие;

- Осуществлять надзор за состоянием природы, на которую влияет фактор антропогенного действия и оценка прогнозируемого состояния природной среды [13].

### 3.1 Производственный контроль на МПП

В рамках производственного экологического мониторинга проводят:

- эколого-аналитические измерения состояния и загрязнения окружающей среды;

- наблюдения с применением методов моделирования, биологических, дистанционных и иных методов.

Эколого-аналитические измерения могут проводить только собственные или привлекаемые лаборатории, аккредитованные на проведение необходимых измерений в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации и имеющие лицензию на деятельность в области гидрометеорологии и в смежных с ней областях [24].

В мировой практике применяется более десяти технологий сжигания отходов. Мусоросжигательные установки не только сжигают отходы, но и перерабатывают выделяемое при этом тепло в энергию [23].

То, как сильно сжигание ТБО будет воздействовать на природу можно определить по следующим факторам:

1) Сжигание мусора должно происходить обдуманно и обосновано. То есть, нужно отсортировать стекло, металлы и другие материалы, которые не горят, а также, важно убрать все продукты, которые могут начать гнить;

2) Важно следить за соблюдением условий сжигания отходов, обеспечивать температуру сжигания 1100–1200°C. Такая температура необходима для сжигания отходов, которые содержат галоген. Отходы должны находиться в печи не меньше двух секунд, этого вполне достаточно для того, чтобы мусор начал сжигаться;

3) использование мокрой газоочистки с обработкой газов щелочными растворами (известь, бикарбонат натрия) или просто водой, что обеспечивает удаление водорастворимых токсичных компонентов – диоксида серы, фтористого водорода, хлористого водорода;

4) захоронение всегда опасного зольного остатка при сжигании ТБО только после проверки на выщелачивание, то есть на содержание водорастворимых токсичных соединений [24].

Потенциальные воздействия мусоросжигательных заводов на окружающую среду могут быть классифицированы следующим образом:

- выбросы в атмосферу;
- сбросы в водные объекты;
- образование технологических твердых остатков после сжигания;
- шум и вибрация;
- потребление и производство энергии;
- потребление сырья;
- образование летучих нестойких выбросов в местах хранения отходов;
- нештатные ситуации при хранении и погрузочно-разгрузочных работах по обработке опасных отходов.

Для безопасной работы на предприятиях по переработке ТКО осуществляется контроль за:

- физическими, механическими и химическими характеристиками отходов;
- технологией сжигания отходов;
- производительностью системы газоочистки и предельно допустимыми концентрациями примесей в отходящих газах;
- предельно допустимыми концентрациями/объемами выбросов в атмосферу;
- золошлаковыми отходами.

Основные выявленные риски могут включать в себя:

- высокие уровни содержания в первичных отходах: тяжелых металлов и их соединений; хлора и его соединений; серы и ее соединений; йода и его соединений; брома и его соединений, что приводит к повышению их концентраций в дымовых газах и образующихся технологических твердых остатках;

- значительные колебания влажности и теплоты сгорания первичных отходов, что приводит к неравномерности сгорания отходов;

- наличие крупногабаритных предметов, блокирующих систему подачи первичных отходов, что приводит к перерывам в нормальной эксплуатации системы и др. [22].

После оценки рисков хозяйствующий субъект может разработать конкретные мероприятия в целях предотвращения этих рисков [23].

#### 4.3 Производственный мониторинг на МПП в РФ

На сайтах компаний и предприятий, которые производят сжигание мусора, не указана основная информация о том, как на предприятии производится производственный контроль и как именно осуществляется сжигание отходов.

Основываясь на действующих нормативных документах можно заметить, что законодательство контролирует лишь те мусоросжигательные заводы, которые осуществляют свою деятельность по отношению к веществам, которые оказывают особо негативное отношение к окружающей среде. Это, например, оксид азота или хлористый водород.

Для граждан нашей страны так и остаются недоступны сведения о том, в каком количестве токсичные вещества содержатся в природной среде посредством сжигания отходов специальными заводами [22].

#### 4.4 Мусорная реформа и отдельный сбор

С 1 января 2019 года в Российской Федерации вступил в силу закон от 31.12.2017 г. № 503-ФЗ «Об отходах производства и потребления». Согласно ему, регионы должны были создать территориальную схему обращения с отходами и выбрать регионального оператора. Региональный оператор отвечает за весь оборот ТКО в данном регионе: за сбор, транспортировку, обработку, утилизацию, обезвреживание и размещение опасных отходов, а также за платежи с населения и уборку стихийных свалок [25].

Реформа, безусловно, нужна нашей стране. На территории России находится более 58 млрд тонн мусора, и эта цифра растет с каждым годом [26]. Площадь только официальных полигонов по разным источникам составляет 4,5 млрд га. Однако, в большинстве регионов РФ нет инфраструктуры для реализации реформы. Полигоны закрываются, новые не предполагаются, современные предприятия по переработке отходов не строятся, контейнеры для отдельного сбора мусора не устанавливаются [27].

По новому закону за обращение с ТКО отвечают региональные операторы, но подрядчики и субподрядчики также существуют, как и раньше. Компании, становящиеся операторами, тесно взаимодействовали и раньше с администрацией, а это сулит образованием ненужных коррупционных связей. Тарифы за оплату сбора ТКО могут отличаться в регионах. Где-то стоимость рассчитывается с каждого прописанного человека в квартире, а где-то исходя из площади самой квартиры [28].

В г.Санкт-Петербург не было регионального оператора, а был организован придомовой раздельный сбор отходов (РСО). Контейнеры обслуживали более 29 компаний на условиях рыночной конкуренции. Для жителей и администрации это было абсолютно бесплатно. С переходом на новое обращение с ТКО ухудшилась качество услуги вывоза мусора, так как сократилось количество перевозчиков. Во всех регионах России закрылись все проекты по раздельному сбору отходов от частного бизнеса. Это произошло по инициативе региональных операторов из-за конфликта интересов, который появился при недостаточной проработке нормативно-правовой базы, регулирующей положения реформы. Региональные операторы получают плату по среднему количеству образующихся у населения смешанных отходов. Поэтому они не заинтересованы в том, чтобы часть отходов уходила в раздельный сбор и не попадала в смешанные ТКО [29].

Таким образом, мусорная реформа откинула назад раздельный сбор отходов. России еще предстоит прорабатывать законодательную базу в области обращения с ТКО [30].

## Глава 4. Анализ проекта Hardferm

### 4.1 О проекте Hardferm

План Hardferm – уникальная разработка, способная внести изменения в экономику страны. Данный проект был издан в 2017 году для того, чтобы появилась возможность получать биологический газ из отходов биологического происхождения [31].

Основные достоинства станции, которая занимается выработкой биологических газов заключаются в том, что это дает возможность избавить мир от мусора, а также помогает выработке и производству электричества и топлива.

При переработке отходов производства реализуется важнейшая общественная проблема, затрагивающая экологическую обстановку. Переработка отходов происходит достаточно ускоренно, даже интенсивнее, чем их утилизация. Ряд развитых стран использует разделение мусора и отходов. Но большая часть остальных стран данным способом не пользуются. Именно поэтому такие страны испытывают проблемы с загрязнением атмосферы. Поэтому данный аспект - наиболее важный в настоящее время.

В Финляндии находится город Китея, которому первым удалось воплотить выработку биологического газа из биологических отходов. Организация под названием BioKymppi Oy (Bio10) является основоположником программы по утилизации отходов в своей стране. Соответственно, первая станция, которая смогла реализовать выработку биологического газа была установлена именно в Китее [31].

Акционерное общество « Северная столица» является компанией, реализующей свою деятельность во многих развитых странах. Главная цель, которую она преследует - это реализовать свою деятельность в Российской

Федерации для того, чтобы избавить ее от мусора. Данный проект может быть применен к различным отходам, в то числе и тех, которые требуют особого внимания. При реализации деятельности предприятия благодаря внедренным технологиям оно самостоятельно сможет заниматься выработкой электрического тока.

В Российской Федерации, а конкретно в Карелии, такие предприятия также планируются к реализации. Они будут спроектированы в Сегежском и Прионежском районах [31].



Рисунок 11 – Модульная конструкция Hardferm – проект [31]

#### 4.2 Технические характеристики завода Hardferm

Реакторы Hardferm имеют обогрев и теплоизоляцию, они изготовлены из специальных марок бетона, устойчивых к агрессивным средам. Поверхности реактора и мешалок имеют специальный защитный слой, подобранный для сложных условий эксплуатации, что обеспечивает длительный срок службы.

Двойное смешивание отходов и нагревательных реакторов и мешалок создают наилучшие условия для процесса анаэробного нагрева. Это обеспечивает глубокое биологическое разложение органических отходов. В то же время постоянно добывается биогаз. Он используется для выработки

тепловой и электрической энергии, которая может быть передана в инженерные сети. Количество сжатых газов и вырабатываемая мощность зависят от многих факторов:

- Климата, присущего конкретному региону или городу;
- Характеристики материала, используемого для производства;
- Количества используемых реакторов.

Этот проект учитывает максимальную переработку твердых отходов и включает в себя производство альтернативных видов топлива (RDF, TDF, SRF) для последующего сжигания.

Экономическая эффективность достигается за счет быстрого восстановления установки. Срок окупаемости составляет около пяти лет при условии включения предприятия в территориальную схему обращения с отходами и непрерывного поступления всех компонентов твердых бытовых отходов [31].

Размер солидной компании может варьироваться в зависимости от потребностей клиента. Одна установка может перерабатывать от 12 000 до 120 000 тонн органических отходов, полученных после сортировки твердых отходов, ежегодно, в зависимости от количества установленных реакторов [31].

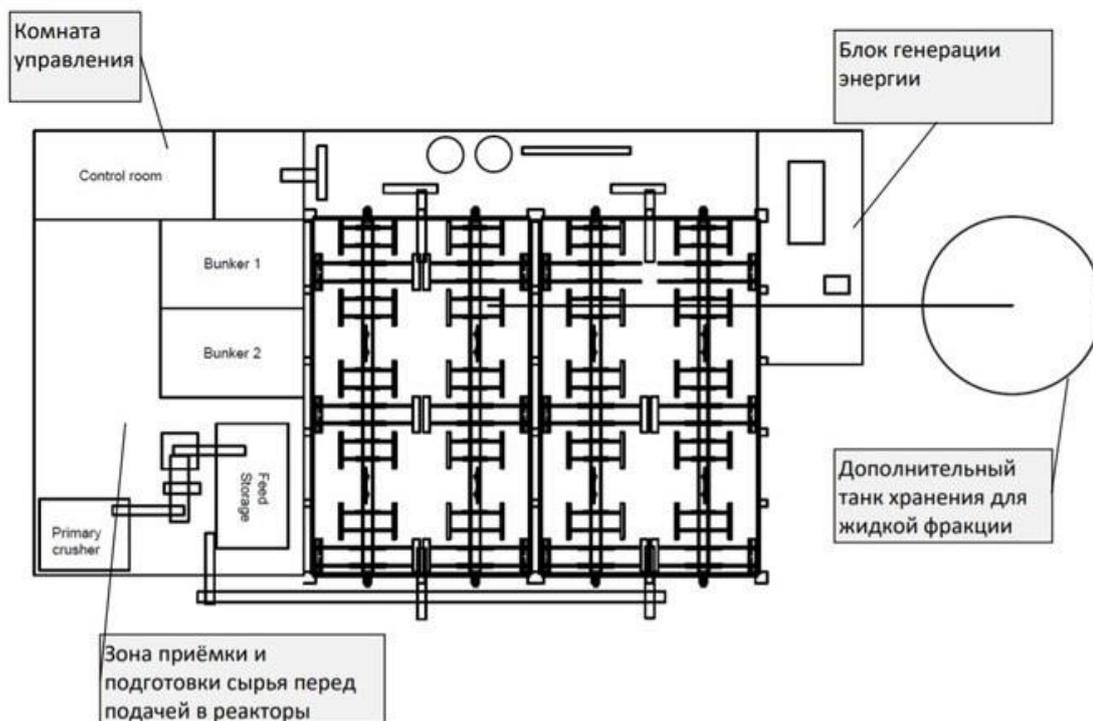


Рисунок 12 – Блок- схема станции из двух реакторов [31]

Эффективность Hardferm определяется тремя факторами:

1. Двухреакторная смесь с оптимальными условиями производства биогаза;
2. Система отопления проходит через мешалки, что обеспечивает оптимальные температурные условия, в том числе зимой;
3. Система подготовки сырья перед использованием реакторов обеспечивает оптимальную стабильность сырья.

Сырье, используемое для производства биогаза:

- Органика из ТКО;
- Просроченные продукты;
- Навоз, помет;

-Илы канализации;

-Отходы скотобоен;

Дополнительно:

-Трава;

-Комбикорм (отходы);

-Отходы рыбных производств [31].

Установки Hardfferm построены по модульному принципу, количество реакторов рассчитывается в соответствии с потребностями заказчика. Максимальная конфигурация (10 реакторов) позволяет перерабатывать 120 000 тонн биоотходов в год, вырабатывая примерно 5,5 млн. тепловой энергии при омут/час и 54 млн м3 биогаза (8,4 млн м3 метана и 5,6 млн углекислого газа).

Когда начинается установка, требуется примерно 250-350 кг электрической и тепловой энергии (количество зависит от климатической зоны и торгового сезона). Во время работы установка вырабатывает электрическую и тепловую энергию в определенном количестве, которое гарантированно покрывает ее потребности, позволяя ей продавать излишки третьим потребителям или сжатым газам (метан и углекислый газ) [31].

Таблица 1 - Технические характеристики HARDFERM [31]

Параметр	Величина
Переработка и утилизация смешанных и " ненужных " отходов путем сортировки в одном месте	8-150 тыс.т/год
Содержание влажности в используемом сырье	40-70%.

Температура поступающего сырья определяется датчиками и, при необходимости, осуществляется температурное кондиционирование.	Любая
Количество неорганических составляющих в органическом веществе не превышает	40%
Выходная мощность (стандартный реактор*)	0,55 МВт/час
Выходная тепловая мощность (стандартный реактор)	0,5 МВт/час
Производство биогаза (стандартный реактор)	1,4 млн м <sup>3</sup> /год
Производство искусственной земли (стандартный реактор)	3,5 тыс. т/год
Время нахождения сырья в реакторе	30 - 36 суток
Основная температура процесса (термофильная)	+55 °С
Температура вспомогательного процесса (мезофилия)	+ 38 °С

Таблица 2 – Эколого –экономические характеристики HARDFERM [31]

Параметр	Величина
Возврат инвестиций	≈5 лет
Уровень отладки поступающего сырья	80-90%
Реальное или потенциальное образование загрязняющих или	Отсутствует

токсичных газов в процессе или на выходе	
Ограничения на использование в климатических зонах (Арктика, вечная мерзлота, тропики и т.д.)	Нет
Возможность комплектации модулем стерилизации сырья (обработка в течение 20 минут при T + 133 °C и давлении 3 бара)	Имеется
Возможность производить большинство конструкций и механизмов на территории России	Имеется
Срок проектирования	0,5-1 год
Поставка, монтаж и запуск производства	0,5-1 год
Основной способ начать весь производственный период (с даты выдачи ТЗ)	1-2 года
Количество отходов или "линий" для устранения	0-20%

\* Стандартный реактор мощностью 12 тысяч тонн в год, соотношение биоотходов и неорганических фракций составляет 8/2.

#### 4.3 Конечные продукты утилизации отходов

Конечным продуктом процесса производства биогаза является искусственная среда, которая является нейтральной (переработанной) и может быть использована, например, для пополнения слоев отходов с использованием технологии на свалках, для создания искусственных поверхностных образований (ВРО) на свалках, в качестве земли для производства растений и

т.д. Блок-схема утилизации и обезвреживания ТКО в Экотехнопарке представлена в Приложении А.

Следует отметить, что биоотходы абсолютно не попадают в искусственный грунт свалки, что приводит к выделению зловонного свалочного газа и может привести к пожарам. Кроме того, во время производства биогаза вода пригодна для орошения или выращивания, а также для рыбной ловли и жидких удобрений [18].

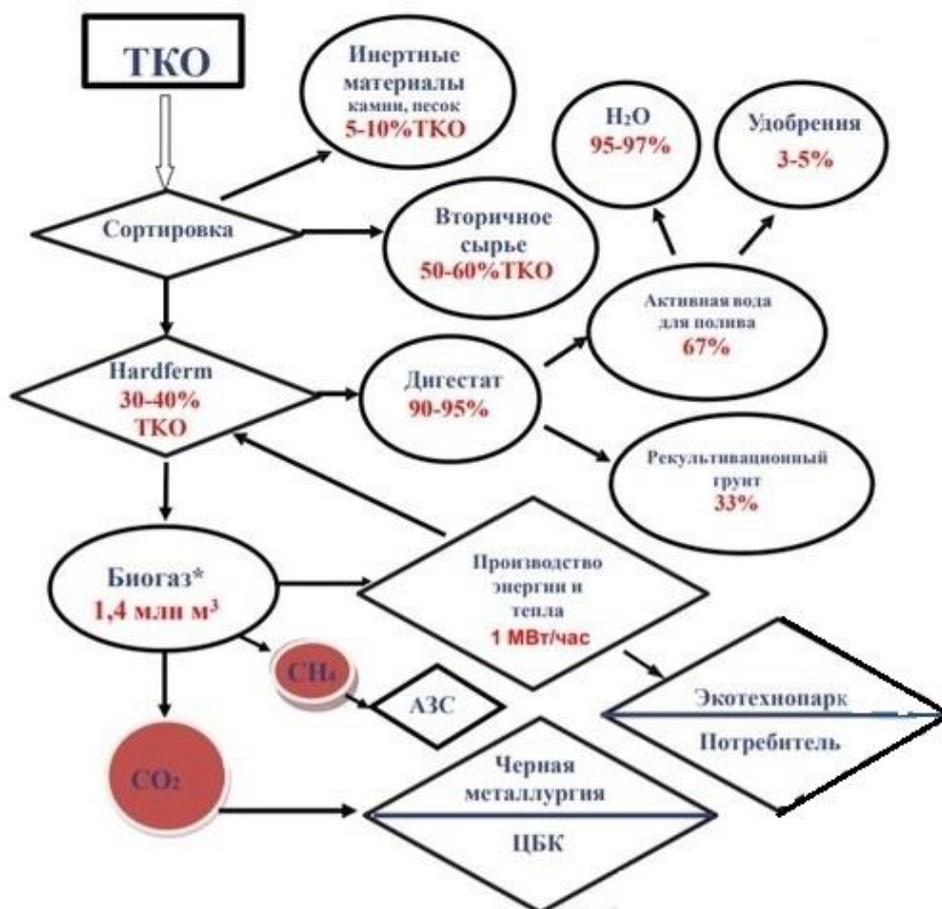


Рисунок 13 – Блок-схема разделения и преобразования потока ТКО [31]

#### 4.4 Преимущества проекта Hardferm

1. Срок проектирования и строительства по эко технологиям составляет около 24 месяцев.

2. Покупка - это не уплата налогов.
3. При поставке заводов возможно использование отечественных материалов, а также производство большинства конструкций и механизмов на территории России.
4. Поверхность из 10 реакторов, чтобы вместить завод примерно на 3-4 гектарах [31].
5. При определенных условиях возможна установка твердофазной установки на существующих свалках, а также во время их ликвидации.
6. При разработке проекта учитывается создание необходимой санитарно-защитной зоны объекта.
7. Традиционные возможности получения биогаза путем анаэробной ферментации не могут работать с такими сырьевыми материалами, как мелкие камни, песок, мелкие частицы пластика, стекло и т.д..
8. Наилучшие варианты смешивания, перемещения и нагрева сырья во время его приготовления и ферментации [31].
9. Энергосберегающие технологии для обеспечения ферментации сырья.
10. Концепция экономичной установки, адаптированной к потребностям заказчика.
11. Использование технологии Hardferm обеспечивает 100% безопасную среду, доступную в ТКО.
12. Процесс получения биогаза соответствует основному принципу построения циклической экономики, где все конечные продукты являются ценным ресурсом для экономической деятельности.

13. Комитет по экологии Общественной палаты Москвы провел общественное исследование экспертов по энергетике и устойчивому развитию, и правительство Москвы рекомендовало платить за окружающую среду быстро и безопасно, предотвращать доступ MSN к захоронению или сжиганию, а также помогать утилизировать переработанные материалы как можно больше возможно.

14. На Евразийской научно-практической конференции эта технология была положительно оценена председателем Научного совета Российской академии наук академиком Российской академии наук.

15. Технология Hardferm была протестирована и защищена Патентом на изобретение, выданным Патентным ведомством в соответствии с Патентным законодательством Финляндии [31].

#### 4.5 Отрицательные стороны технологии Hardferm

Поскольку производство топлива rdf планируется в рамках реализации инвестиционного проекта, новость о строительстве перерабатывающего завода нашла негативный отклик среди общественности. Согласно Проекту, Более трети отходов Карелии превратятся в твердое топливо [32]. При сортировке пластик отбирается в соответствии с общей массой отходов, обычно для вторичной переработки (ПЭТО, ПНД), бумажные отходы, металл, стекло, органические отходы, камни, песок, керамика). При производстве топлива остаются загрязненные бумага, дерево, ткань, резина и пластмассы, не подлежащие вторичной переработке. Они очень хорошо курят. Благодаря тому, что смесь отходов прессуется в брикеты, ее также можно измельчить в мелкие хлопья или превратить в гранулы. Опасные отходы также входят в состав топливных элементов, термометров, электронных отходов и поливинилхлорида. В России они систематически не распределяются в общем потоке отходов, и на практике их невозможно извлечь [33].

В России чиновники планируют отправлять RDF-топливо на цементные заводы и уже заключили соглашение с первым из них — заводом «ЛафаржХолсим» в Калужской области.

В настоящее время все экологическое сообщество на планете, включая профессионалов и государственные учреждения, крайне негативно относится к топливу rdf. Пожар был настоящим. Например, в исследовании "Решения и ограничения для цементных печей как места назначения rdf" собрана информация о количестве выхлопных газов и топлива, израсходованного на опасные вещества. Согласно данным, при сжигании rdf ртути в отходящих газах в 9 раз больше, свинца в 203 раза больше, кадмия в 3 раза больше, чем при сжигании отходов MSZ. Контроль качества и сокращение выбросов RDF, образующихся при сжигании на цементных заводах [34].

Представлены проектные документы по комплексной переработке отходов в Карелии, нет указаний на линию по производству rdf в пластмассах и оборудование для контроля производства топлива для удаления хлора, не RDF сырья Линия RSO-NIR -без этих устройств, согласно европейским стандартам (пока нет России), хотя rso safe не может быть произведен в условиях топлива (в принципе, безопасного RDF -топлива в природе нет). Они создали и взрастили их [35].

В настоящее время метод, с помощью которых осуществляется производство топлива rdf малоэффективны, и требуют скорейшей модернизации. Государство выстраивает возможные пути решения данной проблемы и первоначально планирует решить проблему недостаточного применения отходов, образующихся в процессе производства, а также уменьшить число остатков от производства продукции.

Тем не менее, при строительстве платформы, способности производить топливо rdf даст совершенно противоположный результат. Помимо этого, когда

происходит производство топлива посредством переработки мусора, это меняет структуру и разрушает вторичное сырье [36].

## Заключение

Перед тем, как сделать выбор в пользу одного из методов утилизации ТКО важно внимательно ознакомиться с информацией о морфологическом составе отходов, их свойствах и характеристиках мусора. В зависимости от происхождения различают органические отходы (растительные остатки, пищевые отходы, сельскохозяйственные), вторичные (металл, пластмасса, ветошь, макулатура) и инертные (грунт, кирпич).

Изучив методы переработки ТКО, можно сделать вывод, что в настоящее время в нашей стране чаще всего применяется метод сжигания. Это процесс, который подразумевает термическое воздействие на отходы и обезвреживает их. Данный метод осуществляется в печах на специальных заводах, занимающихся сжиганием мусора. Ранее он считался перспективным способом снижения загрязнения. Но при его использовании исключение загрязнения окружающей среды высокотоксичными веществами возможно только на заводах дорогостоящих, которые не окупят в результате своей деятельности затраты на строительство. В условиях Российской Федерации преимущественным способом утилизации отходов является технология пиролиза. Технология переработки отходов таким методом является практически безотходной. С экономической точки зрения, пиролиз, по критериям удельного капиталовложения, стоимости переработки и эксплуатационных затрат, превосходит рассмотренные технологии сжигания и плазменной газификации. Пиролиз является более чистой технологией, с экологической точки зрения, так как процесс происходит при температуре, которая превосходит температуру распада диоксинов, не происходит образования возгонов тяжелых металлов.

Производственный экологический мониторинг на мусороперерабатывающих предприятиях осуществляется в неполной мере. Основываясь на действующих нормативных документах можно заметить, что

законодательство контролирует лишь те мусоросжигательные заводы, которые осуществляют свою деятельность по отношению к веществам, которые оказывают особо негативное отношение к окружающей среде. Это, например, оксид азота или хлористый водород. Для граждан нашей страны так и остаются недоступны сведения о том, в каком количестве токсичные вещества содержатся в природной среде посредством сжигания отходов специальными заводами.

Технология Hardferm является перспективным способом переработки органических отходов ТКО. Это положительный пример решения проблемы. Ее технические характеристики удовлетворяют требованиям Республики Карелия. Технологию уже сейчас можно внедрить в небольших городах Северо-западного региона. Для крупных населенных пунктов возможен такой подход для районов. Тогда они должны быть связаны в единую городскую систему.

В России слабо развита перерабатывающая промышленность, слабо ведется работа по подготовке и воспитанию населения по разделному сбору отходов, не организована система сбора вторичных ресурсов, не везде налажена система вывоза образующихся отходов, слабый контроль над их образованием. Это влечет за собой ухудшение состояния окружающей среды, негативное воздействие на здоровье человека. Можно сказать, что, несмотря на длительность изучения настоящей проблемы, утилизация и переработка отходов по-прежнему не ведется на должном уровне.

## Список используемой литературы

1. Российская Федерация. Законы. Об отходах производства и потребления [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 29.12.2015) // СПС «Консультант плюс» (дата обращения 10.02.2022);
2. Российская Федерация. Законы. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 30.03.2016) // СПС «Консультант плюс» (дата обращения 10.02.2022);
3. Российская Федерация. Законы. О лицензировании отдельных видов деятельности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 04.05.2011 N 99-ФЗ (ред. от 13.07.2015, с изм. от 30.12.2015) (с изм. и доп., вступ. в силу с 10.01.2016) // СПС «Консультант плюс» (дата обращения 11.02.2022);
4. ПНД Ф 16.3.55—08. Твердые бытовые отходы. Определение морфологического состава. [Электронный ресурс]. - СПС Техэксперт (дата обращения 15.02.2022);
5. Уланова. О. В. Комплексное устойчивое управление отходами. Жилищно-коммунальное хозяйство [Электронный ресурс] – Режим доступа: [monographies.ru/ru/book/view?id=669](http://monographies.ru/ru/book/view?id=669) (дата обращения 15.02.2022);
6. Ильиных Г. В. Использование результатов определения морфологического состава твердых бытовых отходов для обоснования системы обращения с отходами / Г.В. Ильиных; Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета (ПНИПУ). Урбанистика. – 2012. – № 1;
7. Classification and comparison of municipal solid waste based on thermochemical characteristics / H. Zhou, A. Meng, Y. Long, Q. Li, Y. Zhang // Journal of the Air & Waste Management Association. – 2014. – Vol. 64(5). – P. 597–616
8. Ильиных Г. В. Оценка теплотехнических свойств твердых бытовых отходов исходя из их морфологического состава / Г.В. Ильиных; Вестник

Пермского национального исследовательского политехнического университета (ПНИПУ). Урбанистика. – 2013. – № 3;

9. Соломин И.А. Состав и свойства твердых коммунальных отходов, учитываемые при выборе технических методов обращения с отходами/ И.А. Соломин, В.И. Афанасьева// Природообустройство – 2017. - № 3.- С.82-90;

10. Сотнезов А.В. Морфологический состав твердых коммунальных отходов / А.В. Сотнезов, В.А. Зайцев, Н.П. Тарасова; Безопасность в техносфере. – 2015. – № 4. – С. 10–15

11. Отходы мегаполиса: морфологический и фракционный состав/ Н.Ф. Абрамов, С.В. Архипов, М.В. Карелин, Я.А. Жилинская // Твердые бытовые отходы. – 2009. – № 9. – С. 42–45.

12. Благовещенская Т.С. Обращение с отходами. Экология на предприятии № 6 (36), июнь 2014 г.

13. Технологии отходов (Технологические процессы в сервисе) / Л.Я. Шубов, М.Е. Ставровский, Д.В. Шехирев; М.: ГОУВПО МГУС, 2006. - 411 с.

14. Williams P.T. Waste treatment and disposal. – Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2005. – P. 388.

15. Бугаян С. А. Утилизация твердых бытовых отходов : зарубежный и отечественный опыт / С. А. Бугаян // Наука и образование : хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. – Ростов н/Д. – 2015. – № 7 (62). – С. 27–31.

16. Основные технологии переработки промышленных и твердых коммунальных отходов / Л. Б. Хорошавин, В. А. Беляков, Е. А. Свалов ; [науч. ред. А. С. Носков] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 220 с.;

17. Сравнительный анализ технологий переработки твердых коммунальных отходов и механизмов обеспечения окупаемости проектов по строительству объектов по переработке твердых коммунальных отходов с минимизацией перекрестного субсидирования для участников оптового рынка электроэнергии и мощности [Электронный ресурс] Режим доступа: -

[www.bigpowernews.ru/photos/0/0\\_bcmRrcUGF07gVhPipCpMaeXiMO6RuKP1.pdf](http://www.bigpowernews.ru/photos/0/0_bcmRrcUGF07gVhPipCpMaeXiMO6RuKP1.pdf)  
(дата обращения 18.03.2022);

18. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами [Электронный ресурс] Режим доступа: [docs.cntd.ru/document/1200128669](http://docs.cntd.ru/document/1200128669) (дата обращения 18.03.2022);

19. Гридэл, Т.Е. Промышленная экология: пер. с англ. / Т.Е. Гридэл, Б. Р.7. Алленби. - М.: ЮНИТИ, 2009. - 513 с.;

20. Систер В.Г. Современные технологии обезвреживания и утилизации твердых бытовых отходов / В.Г. Систер, А.Н. Мирный. М.: Академия коммунального хозяйства им К.Д. Памфилова, 2003. -304 с.;

21. Сергеева В.Г. Пути эффективного использования инновационных технологий переработки твердых отходов / В.Г. Сергеева. - СПб.: Изд. СПбУ, 2003. -44 с.

22. Хаустов А. П. Экологический мониторинг / А. П. Хаустов, М. М. Редина. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 543 с. ;

23. Якунина И.В. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг / И.В. Якунина, Н.С. Попов.- М.: Изд-во ТГТУ, 2009.- 168с.;

24. Национальный стандарт Российской Федерации. Производственный экологический мониторинг [Электронный ресурс] Режим доступа: [docs.cntd.ru/document/1200111617](http://docs.cntd.ru/document/1200111617) (дата обращения 06.04.2022);

25. Тугов А.Н., Использование энергопотенциала твердых бытовых отходов в России и за рубежом / В.Ф. Москвичев, А.Н. Тугов; Энергия: экономика, техника, экология. 2011. № 8. С. 32–42;

26. Национальный стандарт Российской Федерации. Ресурсосбережение. Наилучшие доступные технологии. Контроль качества отходов, поступающих на мусоросжигательные заводы [Электронный ресурс] Режим доступа: [-/docs.cntd.ru/document/1200146448](http://docs.cntd.ru/document/1200146448) (дата обращения 12.03.2022);

27. Ozbay I., Durmusoglu E. Energy content of municipal solid waste bales// Waste Management & Research. 2013. V. 31 (7). P. 674–683.
28. Внедрение раздельного сбора отходов в г. Перми / Я.В. Базылева, С.В. Польшгалов, Г.В. Ильиных, Н.Н. Слюсарь // Твёрдые бытовые отходы. – 2014. – № 10. – С.56–59.
29. Волков А.Е. Проблема утилизации твёрдых бытовых отходов [Текст] / А.Е. Волков// Чистый город. - 2010.
30. Зайнуллин, Х.Н. Обращение с отходами производства и потребления / Х.Н. Зайнуллин, Р.Ф. Абдрахманов, У.Г. Ибатуллин, И.Н. Минигазимов, Н.С. Минигазимов. Уфа: Диалог, 2005. - 292 с.
31. Концепция Хардферм [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://northern-capital.com/technology/hardferm.php> (дата обращения 15.03.20022);
32. Доклад «Сжигание отходов и здоровье человека» [Электронный ресурс] Режим доступа: [www.greenpeace.org/russia/Global/russia/report/2008/4/1888212.doc](http://www.greenpeace.org/russia/Global/russia/report/2008/4/1888212.doc) (дата обращения 15.03.20022);
33. Что такое RDF-топливо [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://greenpeace.ru/expert-opinions/2021/09/16/chto-takoe-rdf-toplivo/> (дата обращения 15.03.20022);
34. 5. Ganesh T., Vignesh P. Refuse Derived Fuel To Electricity // Mechanical Department, Kingston Engineering College, Vellore - September 2013;
35. 6. Surroop D., Mohee R. Power generation from refuse derived fuel // 2011 2nd International Conference on Environmental Engineering and Applications IPCBEE vol.17 (2011) IACSIT Press, Singapore;
36. Травин И.А., Шмелев А.Л. RDF-топливо. Зарубежный опыт и перспективы использования в России [Электронный ресурс] Режим доступа: [7greenline.ru/novosti/news\\_post/rdf-toplivo-zarubezhnyy-opyt-i-perspektivy-ispolzovaniya-v-rossii](http://7greenline.ru/novosti/news_post/rdf-toplivo-zarubezhnyy-opyt-i-perspektivy-ispolzovaniya-v-rossii) (дата обращения 14.04.2022).

Приложение А

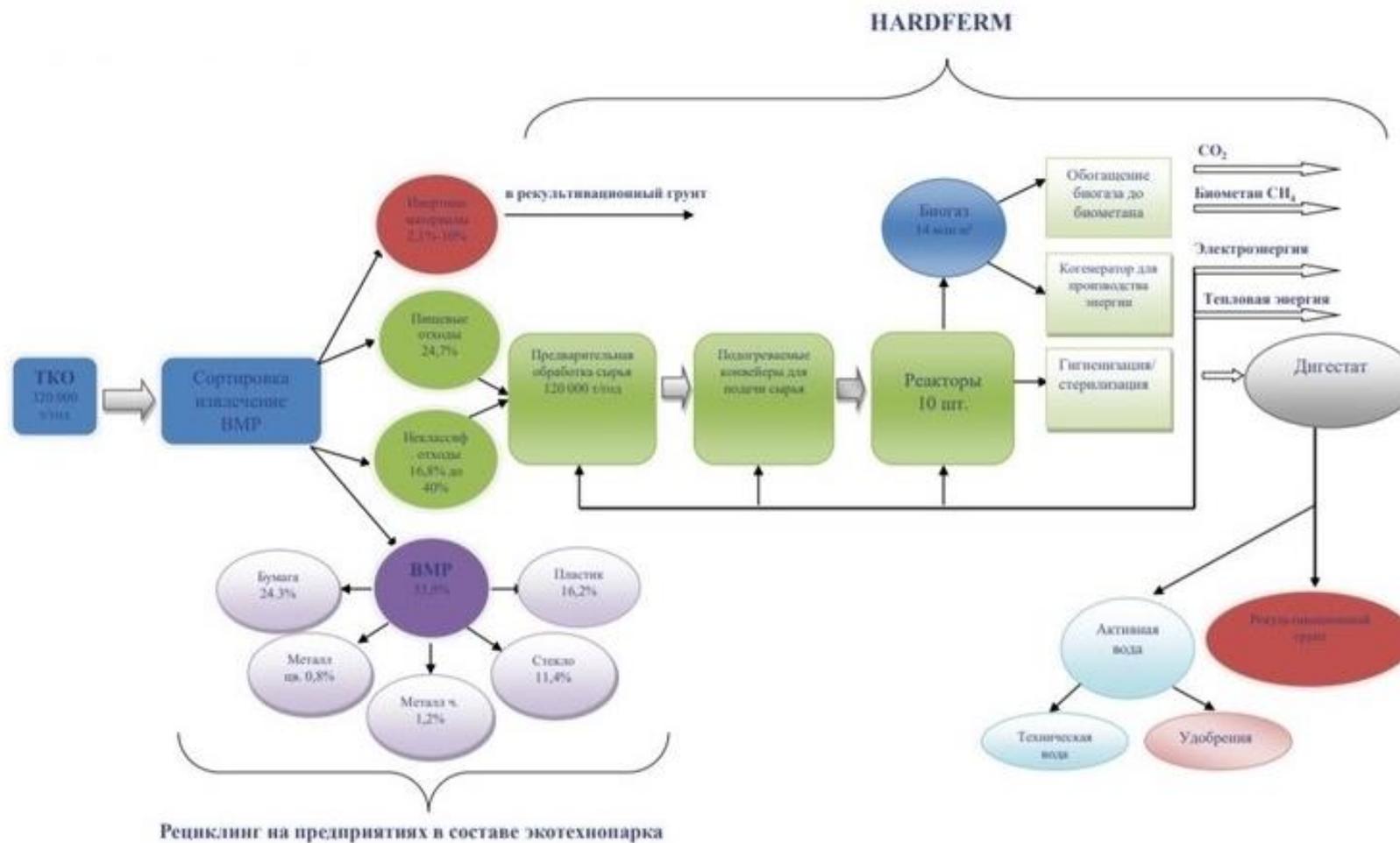


Рисунок 14 – Блок-схема утилизации и обезвреживания ТКО в Экотехнопарке [31]