

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)

20.03.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Безопасность технологических процессов и производств

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему

Разработка инновационной технологии утилизации твёрдых коммунальных

отходов на полигонах

Обучающийся

К. Э. Шигина

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к. б. н., доцент, Н. Г. Шерышева

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

Консультант

к.э.н., доцент, Т.Ю. Фрезе

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

Тольятти 2022

Аннотация

В данной работе собрана теоретическая и практическая информация об Муниципальном автономном учреждении «Спортивная школа «Флагман» Корсаковского городского округа Сахалинской области.

Содержание работы предусматривает введение, 7 разделов, 8 подразделов заключение и список используемых источников.

Общее число страниц - 81.

Ключевые слова: отходы, твёрдые коммунальные отходы, окружающая среда, технология, утилизация, полигон.

Цель работы – изучить и предложить инновационную технологию для утилизации твердых отходов на примере спортивной школы Флагман.

Объект исследования – степень внедрения инновационной технологии утилизации ТКО спортивной школы Флагман.

Предмет исследования – внедрение инновационных решений и технологий сбора и утилизации твердых коммунальных отходов в спортивной школе Флагман.

Методы исследования – анализ литературных источников, обобщение, сравнение.

В данной работе инновационная технология утилизации ТКО рассматривается на примере спортивной школы Флагман с ее особенностями образовательной деятельности.

Содержание

Введение	5
1 Характеристика производственного объекта	9
2 Анализ безопасности объекта.....	13
2.1 Требования к устройству полигонов утилизации ТКО. Санитарно-защитная зона на полигонах.....	13
2.2 Анализ способов утилизации ТКО на полигонах	17
2.3 Анализ технологии утилизации ТКО на исследуемом полигоне. Критерии и процедуры приемки отходов.	20
2.3.2 Технологии биоминеральных удобрений на основе твердых отходов.....	25
3 Разработка инновационной технологии по повышению эффективности утилизации ТКО на полигоне.....	36
3.1 Исследование процесса получения кальцинированной соды с добавлением отходов	47
4 Охрана труда.....	50
5 Охрана окружающей среды.....	52
5.1 Воздействие твердых бытовых отходов на здоровье человека.....	54
5.2 Влияние вредных веществ на здоровье человека, содержащихся в твердых бытовых отходов.....	57
6 Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях. Анализ возможных техногенных аварий. Разработка процедуры обеспечения пожаро- и взрывобезопасности полигонов ТКО	61
7 Расчет экономической эффективности проекта.....	65
7.1 Расчет изменения затрат на электроэнергию.....	65
7.2 Расчет калькуляции себестоимости.....	66

7.3 Расчет технико-экономических показателей проекта ТКО	72
Заключение	74
Список используемых источников	75

Введение

Текущая ситуация в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО) на сегодняшний день является одной из самых актуальных проблем во всех странах мира, в том числе и в России. Она характеризуется высокой степенью образования ТКО и их накопления в окружающей среде. Система обращения с ТКО в стране достаточно устарела и не адаптирована к современности. Меры по урегулированию этой проблемы в целом на разных уровнях желаемого результата не приносят, и все критические вопросы по ТКО остаются открытыми.

Свалки и полигоны ТКО занимают большие площади земельных участков, они выделяют парниковые газы и загрязняющие вещества, которые попадают в атмосферу, гидросферу, в поверхностные слои грунта, грунтовые воды, недра. Отсутствие отдельного сбора и переработки отходов, содержащих токсичные компоненты, увеличивает риск загрязнения окружающей среды вредными веществами. Все это оказывает негативное влияние на экосистемы, сельскохозяйственную продукцию, а также снижает качество жизни в близлежащих жилых районах, что приводит к увеличению заболеваемости населения. Это означает, что экологически обоснованное обращение с ТКО окажет положительное влияние на окружающую среду (климат, экосистемы), а также на здоровье людей. И первым звеном в этом является правильный (раздельный) сбор с населенных пунктов ТКО, с целью их последующей утилизации. В данной работе инновационная технология утилизации ТКО рассматривается на примере спортивной школы Флагман с ее особенностями образовательной деятельности.

При раздельном сборе ТКО, в населенных пунктах целесообразно использовать инновационные технологии, которые также помогут снизить негативное воздействие на окружающую среду. В частности, в

нашем случае, это технологии подземного способа сбора и вакуумного (или пневматического) способа сбора ТКО, применяемые в развитых странах.

Проведенный анализ научно-практической литературы демонстрирует о достаточное теоретические и методическое обоснование отдельных проблем, связанных со спецификой сбора и утилизации ТКО в образовательных учреждениях на примере спортивной школы Флагман.

Задачами дипломной работы будут:

- назвать характеристику производственного объекта, его основные виды деятельности, структуру управления предприятием, технологическую схему выполняемого производственного процесса;
- проанализировать безопасность объекта с учетом требований к устройству полигонов утилизации ТКО, изучить санитарно-защитную зону на полигонах;
- проанализировать способы утилизации ТКО на полигонах;
- изучить и выбрать технологии утилизации ТКО на исследуемом полигоне, а также критерии и процедуры приемки отходов;
- разработать инновационную технологию по повышению эффективности утилизации ТКО на полигоне;
- определить негативное влияние твердых коммунальных отходов на окружающую среду и здоровье человека, определить экологические аспекты деятельности организации, выявить антропогенное воздействие на окружающую среду (атмосферу, гидросферу, литосферу);
- дать характеристику проблем охраны труда и внедрения систем автоматического контроля уровней опасных и вредных производственных факторов на рабочих местах;
- изучить способы защиты в чрезвычайных и аварийных ситуациях и провести анализ возможных техногенных аварий, разработать

процедуры обеспечения пожаро- и взрывобезопасности полигонов ТКО;

– оценить экономические эффективные меры безопасности.

Методы исследования – анализ литературных источников, обобщение, сравнение.

Современное состояние химической промышленности и интенсивное внедрение мировых стандартов качества окружающей среды и неорганической продукции требует расширения сырьевой базы для получения новых видов биоминеральных удобрений. В то же время, в нашем государстве ежегодно накапливается большое количество N,P,K,Ca-содержащих отходов, в частности, осадков сточных вод, отходов растительного происхождения, бытовых пищевых, животноводческого комплекса, которые являются ценным сырьем для получения новых биоминеральных удобрений.

В технологическом процессе получения биоминеральных удобрений, минеральные элементы питания образуют с гуминовыми соединениями комплексы позволяют закрепить натрий и калий в обменном состоянии и уменьшить их подвижность, а фосфор перевести в легко усваиваемую растениями форму. За счет этого коэффициент использования питательных элементов достигает выше 90%, что позволяет снизить дозы внесения этих удобрений по сравнению с минеральными.

Системный анализ качества и количества твердых N,P,K,Ca-содержащих отходов природного и техногенного происхождения, образующихся на территории исследуемого региона, дает основания оценивать их как новое сырье для получения биоминеральных удобрений. На основании данных, полученных из мировой практики производства биоминеральных удобрений сделан вывод, что известны технологии энергоемкие, не позволяющие получить экономическую переработку отходов, а полученные удобрения имеют узкую область

применения через неоднородность качественного состава. Отсутствуют физико-химические закономерности стадий концентрирования растворов, микробиологической активации, диспергирования и биохимической деструкции N,P,K,Ca-содержащих отходов.

Мировой опыт использования технологии биохимической переработки отходов для получения биоминеральных удобрений и биогаза свидетельствует о рентабельности и перспективности реализации в промышленных условиях. Средняя продолжительность нахождения сырья в биохимических реакторах колеблется на уровне 30–55 суток, что усложняет возможность их массового применения в нашей стране. Для успешного развития химической технологии важен поиск экологически ориентированных процессов в научно-химических исследованиях промышленного направления по правилам «зеленой» химии.

Таким образом, экологические исследования, направленные на нахождение методов интенсификации процессов переработки твердых отходов и получения удобрений в биохимических реакторах с одновременной утилизацией «парниковых» газов актуальны и своевременны.

1. Характеристика производственного объекта

В нашей стране проблема обращения с отходами с каждым годом становится все острее. «Использование устаревших методов утилизации и захоронения ТКО на полигонах – распространена практика во всех городах России. Последствиями такого обращения с ТКО является современный экологический кризис. По оценкам экспертов по ОБСЕ, территория страны загрязнена на 94%. Безответственное использование полигонов ТКО вызывает много убытков, и также становится смертельно опасно для человека» [1, с. 13-25]. Поэтому актуален вопрос анализа современных методов утилизации ТКО и перспективность их применения на примере спортивной школы Флагман.

МАУ (спортивно-оздоровительный комплекс) зарегистрирован по адресу: 694020, Сахалинская обл., г. Корсаков, ул. Федько, д. 1/1. Основным видом деятельности компании является деятельность в области спорта. На рисунке 1 представлена структура спортивной школы Флагман в виде схемы.



Рисунок 1 – Структура спортивной школы Флагман

Для реализации программ спортивной подготовки по видам спорта в школе имеются все необходимые помещения:

- гимнастический спортивный зал (пер. Молодежный, д. 7);
- беговые дорожки и площадки для лёгкой атлетики (ул. Парковая, д. 8);
- футбольное поле (ул. Парковая, д. 8);
- лыжная база (мобильное помещение);
- спортивный зал Тхэквондо (ул. Нагорная, д. 7/3);
- спортивный зал Бокса (ул. Нагорная, д. 68-В);
- спортивный зал Самбо (ул. Федько, д. 1/1 МАУ СОК "Флагман");
- спортивный зал (с. Озёрское, ул. Центральная, д. 55-Б).

Также в школе имеются кабинеты административного персонала и прочие помещения:

- приемная;
- кабинет директора;
- учительская;
- кабинет заместителя директора по учебно-воспитательной работе;
- кабинет педагога-психолога и социального педагога;
- кабинет логопеда;
- туалетные комнаты – 3 шт.

Из-за множества нерешенных вопросов по вызову и утилизации всех видов отходов, можно с уверенностью сказать, что в настоящее время любое учреждение находится на грани биологического и бактериологического отравления собственными отходами. И, в первую очередь, любой сбой на очистных сооружениях, системах водо- и теплоснабжения, систематический отказ от захоронения отходов или их захоронения на полигонах, не соответствующих этому, приводят к резкому увеличению вредных бактерий, а вследствие увеличения числу

граждан, пораженных инфекционными заболеваниями желудочно-кишечного тракта, связанными с нарушением микрофлоры кишечника.

Обязательные этапы обращения с отходами включают:

- программы по сокращению образования отходов;
- широкое внедрение отработанных деталей отходов, обладающих потребительскими свойствами;
- использование подходящих отходов в качестве сырья для производственного процесса;
- удаление и использование энергетических возможностей отходов;
- обращение с отходами, не обладающими полезными свойствами, на экологически нейтральных полигонах.

Следует отметить, что, как и на всех мусоросжигательных заводах мира, накапливается сотни тонн токсичной золы и тысячи тонн супертоксичной пыли. Проблема их утилизации в мире остается нерешенной. В связи с этим, централизация обращения с отходами в отдельных районах исследуемой территории вызывает негативную реакцию у граждан и экологически ориентированных организаций и создает дополнительную напряженную обстановку в городе.

За редким исключением, загородные полигоны производят, прежде всего, психологическое впечатление, отравляя атмосферу и гидросферу, теряя растительный покров, формируя неблагоприятную среду обитания. При хранении все отходы претерпевают изменения, вызванные как внутренними физико-химическими процессами, так и под влиянием внешних условий, в том числе – эндогенными колониями. В результате возможно образование как новых экологически опасных веществ, так и новых видов микроорганизмов, представляющих серьезную угрозу для окружающей природной среды и здоровья населения.

Наиболее опасен фильтрат, образующийся в теле полигона, при взаимодействии отходов с фильтрационным осадком. Фильтрат содержит много разложившихся компонентов органического вещества и минералов. В связи с широкой доступностью данных установлено, что время выхода фильтрата в зависимости от гидрогеологического строения местности может варьироваться от 1 (для песчаных) до 25 (для глинистых грунтов) лет после захоронения отходов на свалках. Участки активного водообмена, приуроченные к верхней части грунта, особенно подвержены загрязнению фильтраатами, особенно подземные воды.

«Основные направления в области сокращения объемов производства и наращивания объемов утилизации отходов следующие:

- повышение эффективности контроля за образованием, размещением и утилизацией отходов;
- создание единой для поселка и области системы учета перемещения, сортировки, размещения, утилизации, переработки отходов производства и потребления;
- усовершенствование системы стимулирования управления отходами, в том числе развитие малоотходных производств;
- усовершенствование технологии сбора и вывоза мусора и отходов;
- наращивание мощностей наиболее эффективных предприятий по переработке вторичного сырья, мусороперерабатывающих заводов, полигонов; увеличение количества хорошо обустроенных свалок, реконструкция, ликвидация и последующая их рекультивация» [9].

2. Анализ безопасности объекта

2.1. Требования к устройству полигонов утилизации ТКО. Санитарно-защитная зона на полигонах

Отходами являются любые вещества, материалы и предметы, которые созданы в процессе деятельности человека и не предназначены для дальнейшего использования на месте образования или обнаружения, и от которых их собственник должен утилизировать путем переработки или удаления.

Твердые бытовые отходы – состоят из предметов быта, которые используются, а затем выбрасываются, например, упаковка продуктов питания, вырезки для травы, мебель, одежда, бутылки, пищевые отходы, газеты, техника, краска и др. предметы.

По классификации отходы бывают:

– отходы потребления и производства:

а) отходы производства (продукты, образовавшиеся как побочные при создании конечного продукта),

б) отходы потребления:

1. товары и изделия, отслужившие свой срок,
2. ненужные человеку продукты и их остатки, образованные в системе хозяйства:
 - твердые бытовые отходы,
 - габаритные материалы,
 - бытовая техника и отслужившая свой срок мебель,
 - крупногабаритные резиновые отходы,
 - отработанные аккумуляторы,

- ртутные лампы,
- автолом,
- электронный лом (радио- и телеаппаратура).
- промышленные, сельскохозяйственные, бытовые.
- по агрегатному состоянию:
 - а) жидкие,
 - б) твердые,
 - в) газообразные.
- химические.

Каталог, классифицирующий отходы, предназначенный для использования государственным и муниципальным управлением, имеет кодовую систему и представляет собой список видов отходов, систематизированных по совокупности приоритетных признаков:

- отходы по происхождению,
- отходы по агрегатному состоянию,
- отходы по химическому состоянию,
- отходы по экологической опасности.

По иерархическому признаку, отходы классифицируются:

- блоки:
 - а) коммунальные отходы (включая бытовые),
 - б) химические отходы,
 - в) минеральные отходы,
 - г) органически природные отходы.
- группы,
- подгруппы,
- позиции,
- субпозиции.

При решении проблемы твердых отходов необходимо ликвидировать отходы с большой массой, так как именно эти отходы в большей степени загрязняют окружающую среду и в то же время могут принести максимальный эффект при обращении в экономической деятельности.

Смешанные отходы являются наиболее сложными для переработки и использования. В основном эти отходы содержат металлы. Наличие органических веществ в смешанных отходах позволяет использовать при их очистке термические методы.

Радиоактивные отходы – образуются при работе с радиоактивными веществами. Для них характерно повышенное вредное воздействие на организм человека и окружающую среду. Основная задача – обезвреживание для дальнейшей безопасной утилизации и вывоза.

«На сегодняшний день, по морфологическому составу и твердобытовые отходы характеризуются:

- бумага, картон – 22%;
- пищевые и растительные отходы – 39%;
- черные и цветные металлы – 2,37%;
- дерево – 1%;
- текстиль – 4,50%;
- стекло – 5,50%;
- кожа, резина – 1,80%;
- пластмасса – 7,87%;
- остальное – 10,66%» [21].

2.1.1. Технологические схемы раздельного сбора твердых бытовых отходов

На сегодняшний день, в стране 96% ТКО складировуются, но зарубежом все больше стран выступают против от столь устаревшего способа решения проблемы.

Современные полигоны ТКО должны представлять собой специализированные объекты, на которых осуществляется организованный контроль за размещением коммунальных отходов с соблюдением технических и санитарных норм, а негативные воздействия выброса веществ в атмосферу, почву и воду сводятся к норме.

«На данный момент более 80% полигонов ТКО не соответствуют санитарным стандартам, то есть по факту являющихся свалками (рисунок 3). В результате процессы, происходящие на свалках, приводят к выбросу опасных и вредных веществ» [24].

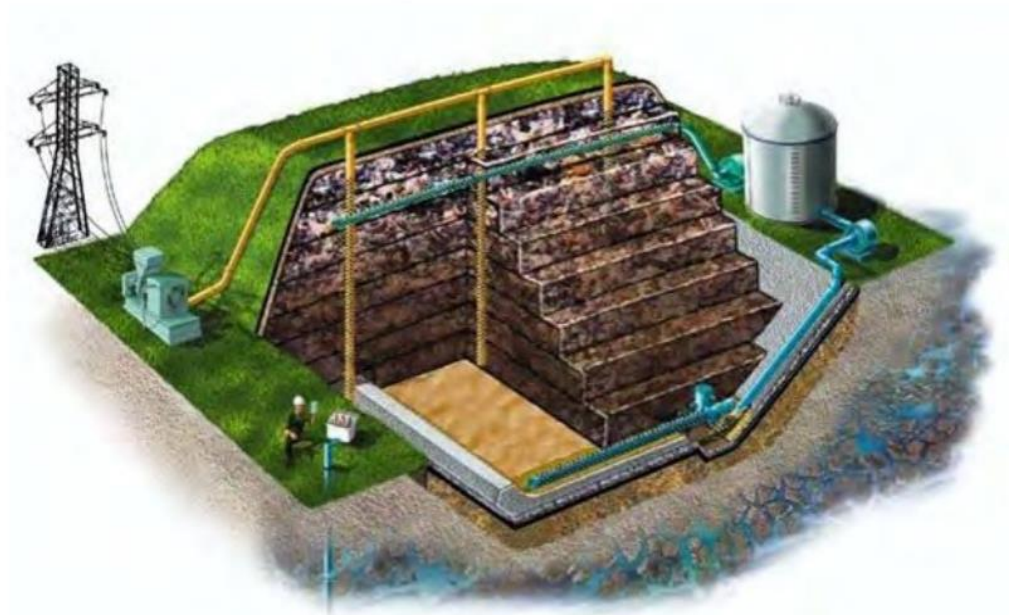


Рисунок 2 - Схема устройства полигона

«В случае образования несанкционированных свалок негативное влияние особенно заметно. Мусорные свалки выделяют в воду и почву много вредных веществ (от металлов до углеводородов), а в атмосферу вредные газы. Часто свалки самовозгораются, теряются материалы, которые можно повторно использовать, дым распространяется на большое расстояние охватывая и загрязняя прилегающие территории»[25].

Утилизация ТКО – это процесс их разложения под действием температуры, химических, биологических или механических факторов, в результате которого отходы превращаются в форму для использования: тепло (газ), удобрения, жидкое топливо (спирты) и др.



Рисунок 3 - Один из видов свалки страны

2.2. Анализ способов утилизации ТКО на полигонах

Продуктом переработки ТКО является энергия в виде газообразного или жидкого топлива, или тепла, которое можно использовать для обогрева домов, предприятий, рабочих мест пункта переработки ТКО или же сжигать и пускать в общую сеть города.

Методы получения энергии из отходов можно разбить на две группы:

- получение энергоносителя, который можно хранить и транспортировать;
- сжигание отходов для получения тепла и выработки электричества.

«Способами обезвреживания ТКО являются:

- биологический способ (компостирование) твердых бытовых отходов.

Основной целью метода является утилизация ТКО и его переработка в удобрение – компост. Метод реализуется вследствие биохимического разложения органической части ТКО микроорганизмами, что сопровождается интенсивным выделением тепла. Преимуществами метода является снижение вредных выбросов веществ, в том числе в атмосферу выделяется меньшее количество «парниковых» газов (прежде всего диоксида углерода), чем при сжигании или вывозе на свалки» [4].

Недостатки компостирования:

- высокое содержание в компосте тяжелых цветных металлов;
- при разложении выделяется аммоний, что приводит к снижению ТКО на 20% (по массе);
- неспособность переработки неорганических отходов, а именно бумаги, картона, кожи, пластмасс;
- при очистке выделяется биогаз с неприятным запахом, выброс которого недопустим в черте населенных пунктов, удаление этого биогаза влечет за собой дополнительные дорогостоящие затраты.

Эти недостатки не позволяют использовать компост для переработки городских ТКО, особенно в населённых пунктах.

- термический способ (сжигание).

Сжигание является одним из наиболее технически развитых и распространенных методов обращения с ТКО. Оптимальным для сжигания ТКО является двух стадийный процесс, включающий стадию пиролиза. Этот процесс энергетически более выгоден, чем простое горение, но имеет ряд недостатков.

Пиролизный газ должен быть очищен от кислых компонентов (HCl), а также должны быть приняты меры по защите окружающей среды от загрязнения тяжелыми металлами. Альтернативой пиролизу является газификация, которая происходит при высоких температурах и в присутствии воздуха. При этом образующийся газ представляет собой низкомолекулярную смесь углеводородов, которые затем сжигают в топке. К сожалению, такой процесс не улучшает экологическую ситуацию, так как присутствие воздуха и наличие в хлорорганических соединений в коммунальных отходах при высокой температуре приводит к образованию диоксинов, попадающих в окружающую среду. Этот метод обеспечивает «переработку ТКО практически любого состава. В результате получают синтез-газ (используется как топливо или сырье для химической промышленности) и твердый остаток. Но такой процесс утилизации ТКО также имеет свои недостатки: высокая стоимость оборудования и крупные капиталовложения» [4].

«Разновидностью процесса сжигания является пиролиз – это термическое разложение ТКО без доступа воздуха. Применение пиролиза позволяет уменьшить влияние ТКО на окружающую среду и получать такие продукты, как:

- горючий газ,
- смазка,
- смолы
- твердый остаток.

Несмотря на эти преимущества и недостатки наилучшим вариантом при переработке твердых бытовых отходов является утилизация в растворе, который далее барботируют. Данный способ переработки является безопасным в экологическом отношении, поэтому, что при утилизации отсутствуют опасные вредные вещества, что дает возможность размещать пункт переработки ТКО с применением данного метода в населенном пункте» [4].

2.3. Анализ технологии утилизации ТКО на исследуемом полигоне. Критерии и процедуры приемки отходов.

На рисунке 4 изображена разница в подходах к обращению с ТКО в России и Европе. Среди способов переработки в Европе «приоритетными являются предотвращение образования отходов и повторное использование, поскольку при таком подходе негативное влияние на окружающую среду является минимальным» [3,11].

Сжигание отходов и их изменение во вторичные материалы и энергию занимают переходное звено в степени обращения с отходами (между предотвращения образования и захоронений). В Европе в среднем уровень переработки составляет 60%. В России только 3,7% бытовых отходов перерабатывается (имеются в виду отходы упаковки). Из этих 3,7% – 1,2% сжигается и 2,5% перерабатывается.

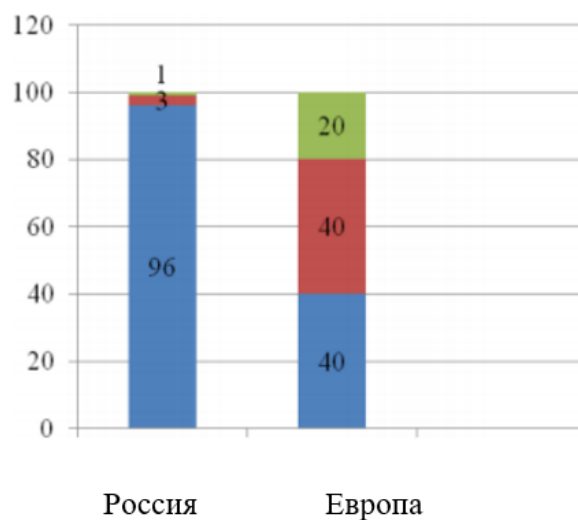


Рисунок 4 – Сравнение переработки ТКО в РФ и Европе, %

Где наглядно представлено кол-во переработанных отходов разными способами:

- спалено – зеленый цвет;
- переработано – красный цвет;
- захоронено – синий цвет.

Существует специальная экологическая маркировка, которая дает понимание того, можно ли переработать данный вид образовавшегося отхода.

Пластик, бумага, металл и стекло можно отправлять на переработку, смешанный мусор – необходимо везти на полигон ТКО, опасные отходы – батарейки, ртутные и люминесцентные лампы, другое – нужно собирать отдельно, чтобы не смешивать с общим мусором.

«Раздельный сбор отходов организуется на уровне различных учреждений, в том числе и образовательных, поэтому нужно быть ознакомленным с требованиями и правилами для того, чтобы корректно уметь разделять отходы» [3,12].

Общие правила сортировки отходов, которые желательно выполнять:

- «набраться терпения и понять, что необходимо будет приучить себя, чтобы не сбрасывать мусор в один контейнер, а отсортировать его (может потребоваться несколько контейнеров).
- обустроить комфортное место, где будут отсортированы отходы;
- отсортированный мусор должен быть чистым и сухим, пластик промывать от остатков пищи, жира и жидкостей;
- компактность (сжимать (прессовать мусор) чтобы не было лишнего воздуха)» [12].

2.3.1. Переработка твердых отходов и анализ N,P,K,Ca-систем

Химическая промышленность является одним из самых больших загрязнителей окружающей среды. В то же время, это единственная отрасль промышленности, которая утилизирует отходы производства.



Рисунок 5 – Классификация измельчения отходов в зависимости от выбора оборудования

«Промышленные твердые отходы – это остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшихся при производстве продукции и потерявших полностью или частично исходные потребительские свойства, а также вещества, которые не нашли применения в данном производстве: отходы сельского хозяйства, твердые вещества, растительные остатки, образующиеся соединения при очистке отводимых технологических газов и сточных вод» [16]. На рисунке 5 представлены виды измельчения отходов в зависимости от типа технологических машин.

Отходы представляют собой сложные гомогенные или гетерогенные системы, требующие оптимального способа их разделения по фазам и компонентам с последующим использованием или удалением конечных продуктов.

В настоящее время активно по всему миру считается, что сжигание и захоронение твердых отходов является экологически неоправданными технологиями [1,5,6]. Несмотря на это, они продолжают достаточно широко развиваться и использоваться. Сжигание или пиролиз применяется как для жидких, так и для твердых отходов. Использование пиролиза или высокотемпературного обжига позволяет уменьшить объем отходов на 85% [1,4,6]. «В результате пиролиза, при разложении органических компонентов, образуются горючие газообразные продукты, содержащие молекулярный водород, метан и оксиды углерода. Это дает возможность использовать пиролизный газ в качестве топлива для теплоэнергетических установок вместо природного газа» [1,7].

По технологическому принципу методы переработки и обезвреживания твердых отходов делятся на биохимические, термические, химические, механические и смешанные. По конечной цели на ликвидационные и утилизационные. Классификация методов

обезвреживания и утилизации твердых отходов приведены на рисунке 6. [2,9].

В этом аспекте актуальны исследования, связанные с применением микробиологических методов переработки отходов неорганических производств, в частности, мало- или труднорастворимые.



Рисунок 6 – Классификация методов обезвреживания и утилизации твердых отходов

Исследована [16] «способность штаммов *Bacillus subtilis* к мобилизации труднорастворимых минеральных фосфатов, в частности фосфатов железа, кальция и алюминия. Микробиологическое растворение минеральных фосфатов и фосфатных руд, связано в основном с влиянием органических кислот, прежде всего глюконовой и кетоглюконовой, продуцируемых микроорганизмами в результате окисления углеводов» [16,17].

2.3.2. Технологии биоминеральных удобрений на основе твердых отходов

Биоминеральные удобрения – это соединения, содержащие два и более элементов питания минерального и органического происхождения. Удобрение считают биоминеральным, если оно в большинстве своем является продуктом анаэробной переработки органоминерального сырья. Биоминеральные удобрения – это гуминовые вещества, которые состоят из связанных химически или адсорбционно органических и минеральных веществ.

«В настоящее время наблюдается тенденция снижения доз применения минеральных удобрений из-за необходимости поддержания природного плодородия почв. Наряду с минеральными удобрениями и химическими средствами защиты растений, по экономическим и экологическим соображениям широко используются возможности микробиологических средств защиты растений и комплексных биоминеральных удобрений, содержащих азот и калий, фосфор в обменной форме и гуминовые комплексы, легко усваиваемые растениями» [8–13].

Общий объем мирового потребления удобрений ($N+P_2O_5+K_2O$) в 2013 году оценивался в $183,175 \cdot 10^{12}$ т, при росте 1,8% в год и достиг $200,522 \cdot 10^{12}$ т в 2018 году (рисунок 7).

Приведенные данные свидетельствуют о мировом спросе на принципиально новые комплексные биоминеральные удобрения, включающие основные компоненты питания в соотношении соответствующему биологическим особенностям растений и уровню плодородия почвы.

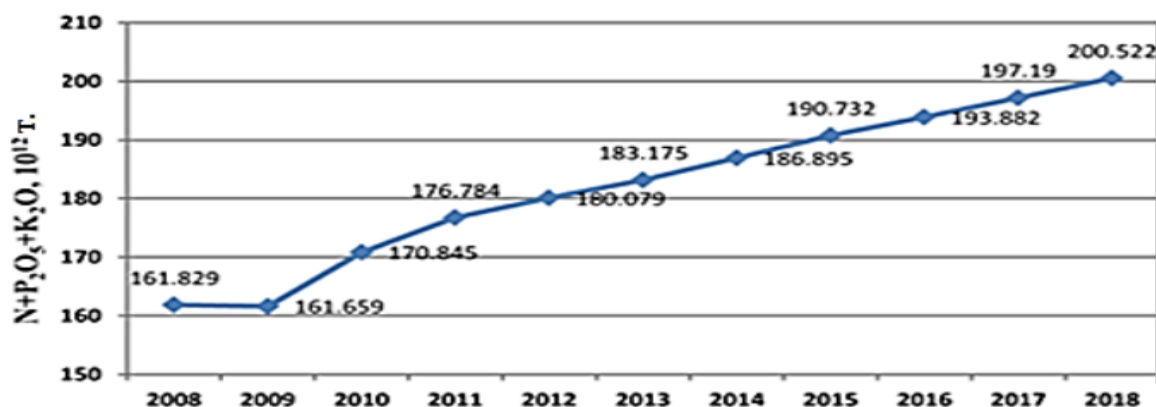


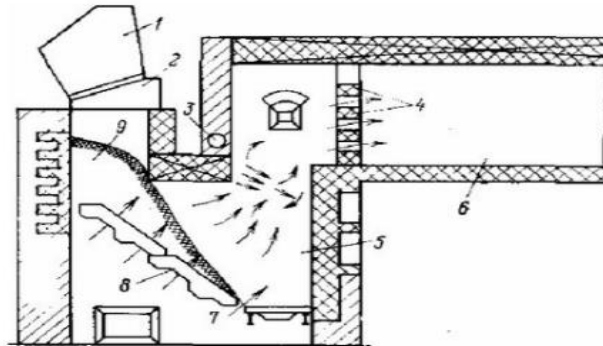
Рисунок 7 – Динамика мирового спроса на питательные вещества удобрений с 2014 по 2018 год

На рисунках 8-9 представлены различные варианты оборудования для сжигания твердых отходов.



Рисунок 8 – Печь для сжигания твердых отходов

Достоинства представленной печи - возможность организации обезвреживания широкого спектра твердых отходов.



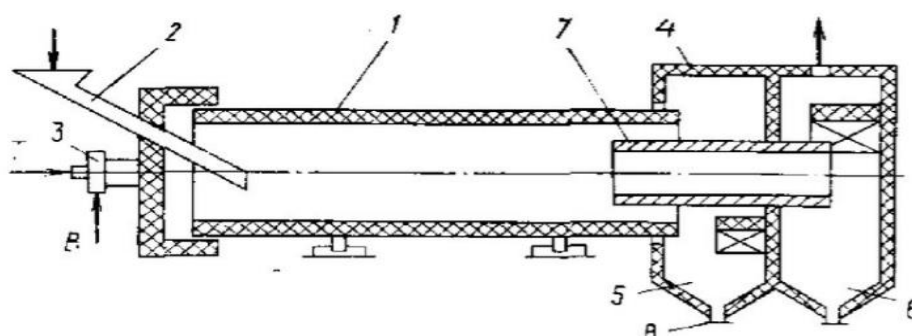
- 1- бункер; 2 – шахта; 3 - сопло для подачи вторичного воздуха; 4 - огнеупорная насадка; 5 - первая ступень топки; 6 - камера дожигания (вторая ступень топки); 7 – подача воздуха; 8 - наклонная колосниковая решетка; 9 —слой отходов

Рисунок 9 – Схема печи с неподвижной колосниковой решеткой

Недостатки:

- громоздкость и металлоемкость;
- наличие дорогостоящей решетки;
- высокие капитальные и эксплуатационные расходы;
- сложность организации топочного процесса.

На следующих рисунках 10-11 схематично представлены различные модификации барабанной вращающейся печи для сжигания ТКО.



1 — корпус печи; 2 — загрузочное устройство; 3 — горелка;
4 — двухсекционная разгрузочная камера; 5, 6 — золовая и газовая секции;
7 — газоход; S — мигалки для

Рисунок 10 – Схема барабанной вращающейся печи для сжигания ТКО

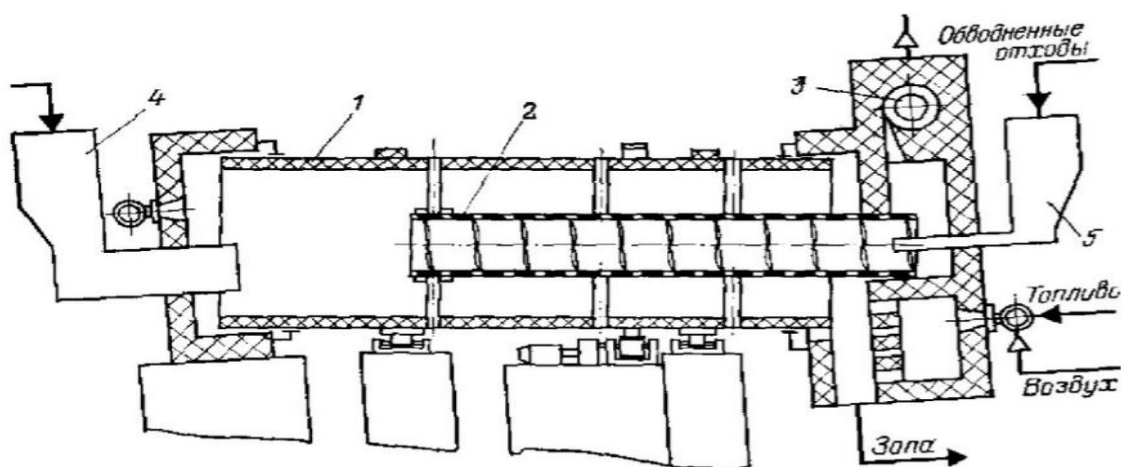


Рисунок 11 – Барабанная вращающаяся печь для обезвреживания насыщенных влагой отходов

Достоинства барабанной вращающейся печи:

- всеобщие аппараты для сжигания крупнодисперсных отходов различного состава;

- получаемое тепло можно использовать одновременно для совместного обезвреживания твердых и пастообразных отходов.

Недостатки:

- высокие капитальные и эксплуатационные затраты;
- футеровка печи быстро выходит из строя;
- большие тепловые потери.

Разработаны технологические схемы переработки твердых бытовых отходов, которые совмещены с рекультивацией объектов захоронения [1,5,8]. Недостатком метода пиролиза является то, что подавляющее количество продуктов переработки является экологически опасными веществами, загрязняющими окружающую среду. На следующем рисунке 12 показан общий вид циклонного и комбинированного реакторов для огневого обезвреживания твердых и пастообразных отходов.

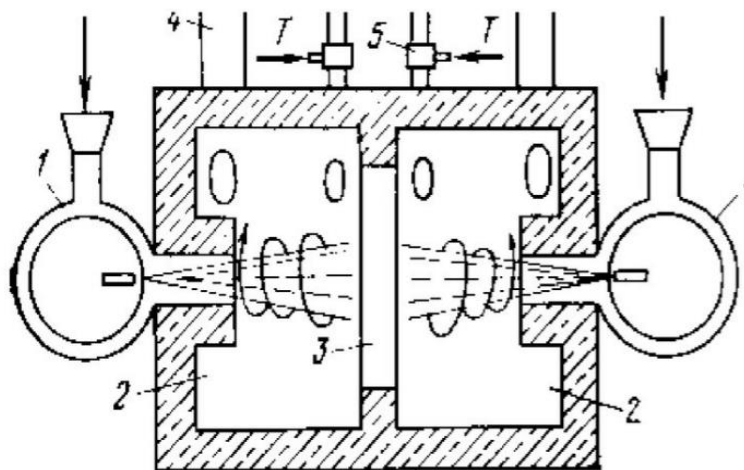


Рисунок 12 а – Схема циклонного реактора для огневого обезвреживания пастообразных отходов

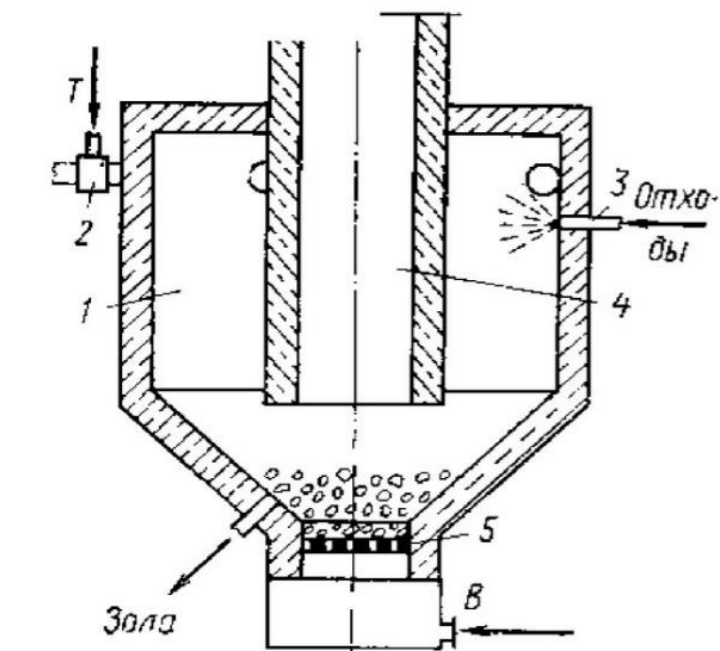


Рисунок 12 б – Схема комбинированного реактора для огневого обезвреживания твердых и пастообразных отходов

Достоинства циклонных реакторов:

- вихревая структура газового потока обеспечивает режим работы с малыми тепловыми потерями;
- малые габариты аппаратов с большой производительностью.

Недостатки:

- возможность образования недожога (несгоревшие или не полностью сгоревшие частицы отходов);
- высокие аэродинамические сопротивления в аппарате.

На следующем рисунке 13 показана печь окислительного пиролиза УВП-5А.

Сухой пиролиз является наиболее экономичным и оказывает наименьшее воздействие на окружающую среду. На следующем рисунке 14 представлена схема реактора для сухого пиролиза твердых отходов.

Печь окислительного пиролиза УВП – 5А
 Барабан – двухслойная конструкция. Теплоизоляция –
 шамотный кирпич (внутри) – 2; 3 – топка на дровах;
 4 – дымовая труба; 5 – люки для загрузки и выгрузки
 материала; 6 – вертикальная перегородка;
 7 – коллектор, газы попадают туда и
 выводятся в дымовую трубу.
 «-» - высокая себестоимость

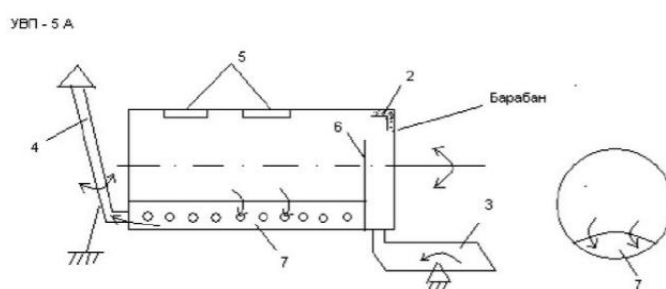
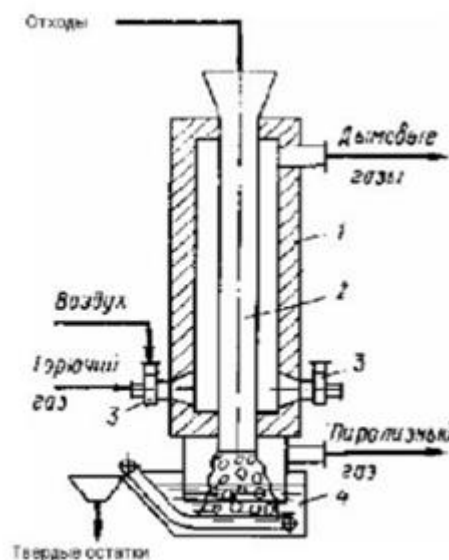


Рисунок 13 – Печь окислительного пиролиза УВП- 5А



- 1 кирпичная шахта;
- 2 металлическая реторта;
- 3 газовые горелки;

Рисунок 14 – Схема реактора для сухого пиролиза твердых отходов:

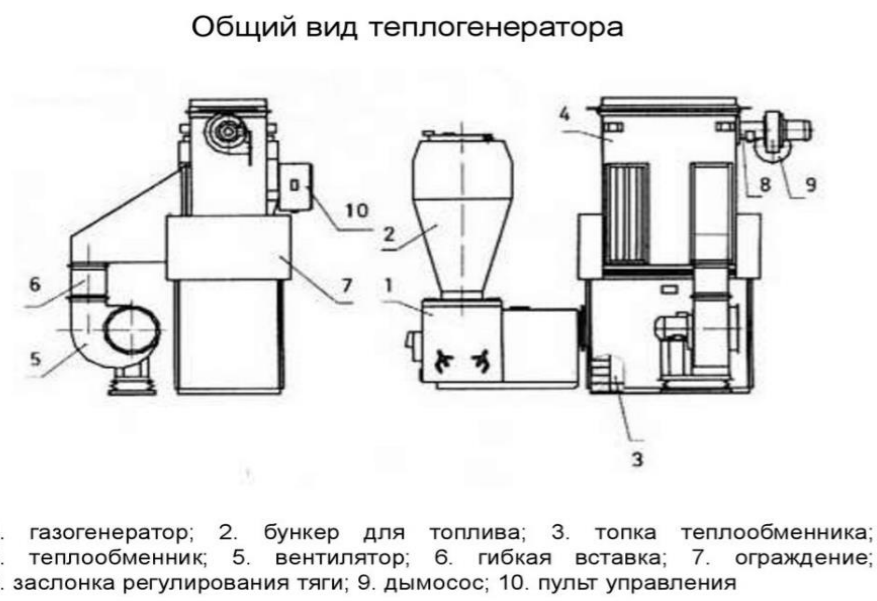


Рисунок 15 – Схема устройства генератора и его общий вид

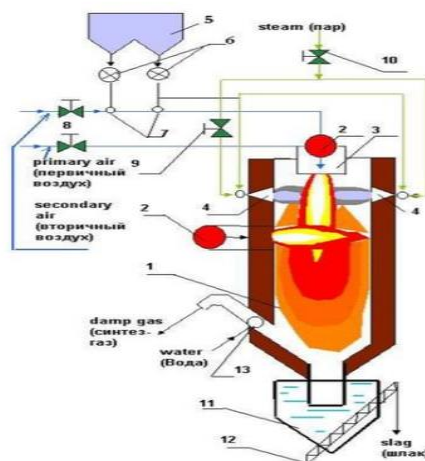
Термический метод переработки твердых отходов: газификация твердых отходов, более подробно на рисунке 15 представлена схема устройства генератора.

Плазмохимическое обезвреживание опасных компонентов ТКО – высокотемпературное горение с использованием плазмы дугового разряда постоянного тока. Использование плазмы минимизирует минеральные остатки, превращая их в нейтральное стекловидное вещество. Рост температуры приводит:

- к высокой степени разрушения токсичных веществ;
- снижению части летучей золы;
- увеличению числа дехлорирования газовых выбросов в атмосферу;
- снижение мобильности солей тяжелых металлов в шлаках.

На рисунке 16 показана схема алло-автотермического газификатора, как одного из современных видов оборудования переработки отходов.

Схема алло-автотермического газификатора



1. тело реактора; 2. плазменное устройство; 3. короб вторичного воздуха;
4. инжектор; 5. бункер угольной пыли; 6. пылепитатель; 7. смеситель;
8. регулятор расхода воздуха; 9. шибер; 10. регулятор расхода пара;
11. гидрозатвор; 12. шлакоудалитель; 13. гидроочистка

Рисунок 16 – Схема алло-автотермического газификатора

Плазмохимический метод является одним из наиболее перспективных методов обращения с вредными составляющими ТКО и обладают многими преимуществами по сравнению с огневыми методами:

- возможность достижения очень высоких температур в плазмохимическом реакторе позволяет сократить время нейтрализации;
- легко регулировать температуру в широком диапазоне, можно использовать для нейтрализации различные вещества;
- продукты сгорания не будут разбавляться дымовыми газами, что снизит нагрузку на систему газоочистки, уменьшит габариты системы и абсолютный выброс вредных веществ в атмосферу;

- использование различных газов в качестве реагентов помогает эффективному уничтожению различных отходов и даже негорючих соединений;
- небольшое количество технологического оборудования значительно удешевляет затраты на создание плазмохимических установок.

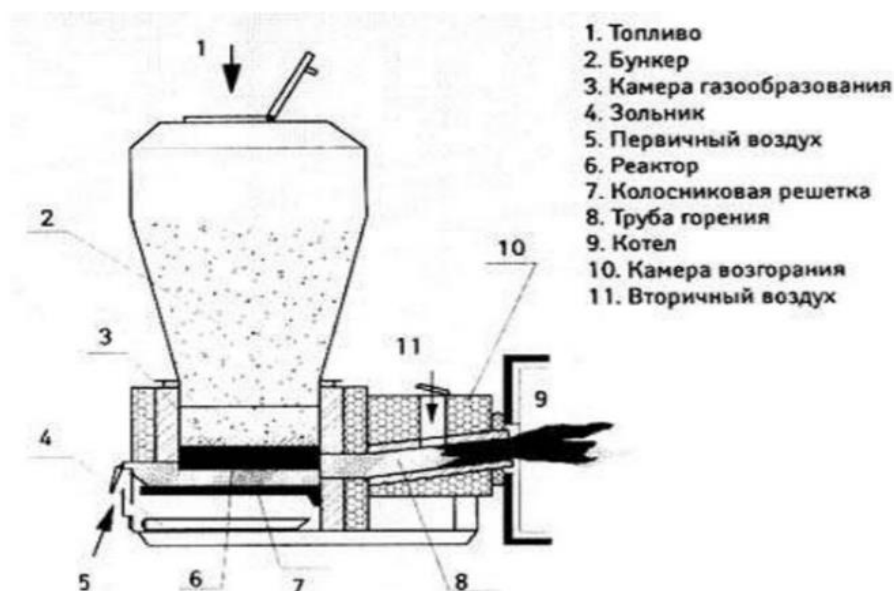


Рисунок 17 – Схемы устройства генератора

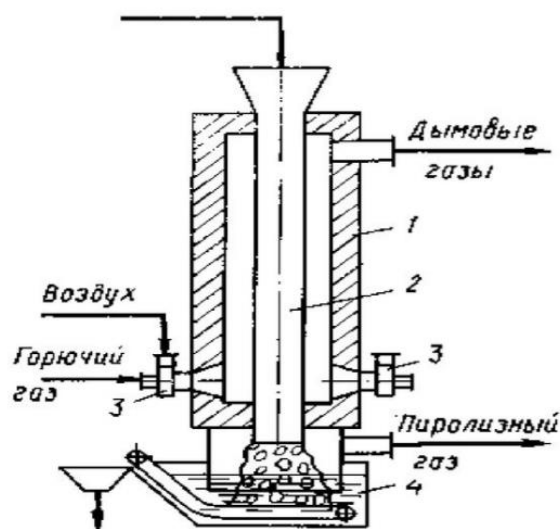


Схема реактора для сухого пиролиза твердых отходов:
1 – кирпичная шахта; 2 – металлическая реторта; 3 – газовые горелки;
4- узел гашения и удаления твердого осадка

Рисунок 18 – Реактор для сухого пиролиза твердых отходов

Выводы по разделу 2: Таким образом, влияние твердых коммунальных отходов на окружающую среду значительно зависит от их качественного и количественного состава. В России проблема утилизации отходов обостряется с каждым годом. Вывоз мусора на полигоны с использованием устаревших методов захоронения – обычная практика во всех городах страны. Следствием такого обращения с ТКО является нынешний экологический кризис.

При решении проблемы твердых отходов необходимо сортировать многотоннажные отходы, так как именно эти отходы больше всего загрязняют окружающую среду и в то же время могут играть большую роль когда речь идет о хозяйственной деятельности.

3. Разработка инновационной технологии по повышению эффективности утилизации ТКО на полигоне

Переработка смешанного потока отходов – является самым простым методом переработки, требующий наименьшей предварительной обработки отходов. Данная технология позволяет перерабатывать отходы каждого морфологического состава. В европейском (и новейшем отечественным) опыте ручная и/или автоматическая распределение смешанного потока отходов позволяет подчеркнуть от пяти до 20 различных фракций [3,13].

Конечный продукт переработки смешанного потока мусора может служить предварительным продуктом для производства компонентов, которые изготовитель может использовать для образования конечной продукции.

Примеры продуктов, которые спортивная школа Флагман перерабатывает из смешанных потоков отходов, включает: отсортированные под прессом бумажные и картонные отходы, отсортированный по цвету стеклобой и чистые пластиковые бутылки. В зависимости от технической организации процесса (количества фракций, уровня автоматизации, состава полученного сырья и чистоты конечного продукта) степень очистки может колебаться от 5 до 20% от поступающего потока отходов. Стоимость обработки могут колебаться от 100 6000 до 15000 рублей за тонну пропускной способности (для небольших перерабатывающих линий мощностью 15000-20000 тонн отходов в год).

Методы переработки с использованием отдельного сбора отходов такие как описанные выше, становятся более эффективными, если потребители предварительно сортируют свои отходы, непосредственно,

когда они выбрасывают мусор, или в пунктах раздельного сбора отходов и их предварительной сортировки.

«Подготовка отходов позволяет уменьшить размер инвестиций, необходимых для строительства инфраструктурных объектов и может уменьшить операционные расходы благодаря автоматизации. После проведения предварительной сортировки на соответствующие объекты направляются только фракции, которые подлежат вторичной обработке (переработке)» [3,4].

Существует два метода сбора мусора. Первый заключается в сборе всей совокупности перерабатываемых групп (бумага, картон, стекло, пластик и т.п.), с последующим удалением влажных органических отходов и загрязненных фракций (сортировка «сухая — мокрая»). Второй способ предполагает первоначальный раздельный сбор обрабатываемых фракций. Как правило, это бумага, картон, стекло, пластик (бутылки) и металлы (алюминиевые банки).

Первый способ позволяет переработать до 30% поступающего потока отходов, второй – до 40%. Сумма вложений также будет разным. В первом случае он может быть до 18000 рублей за тонну, во втором – до 24000 рублей за тонну. Следует отметить, что часть общих затрат на утилизацию (до 3000–4200 рублей за тонну) несут предприятия по сбору и предварительной сортировке отходов, тогда как сбор и предварительная обработка несортированных отходов будет выше из-за того, что там есть выпадающий шаг предварительной сортировки.

Органические удобрения и биогаз можно получать из биомассы путем обработки органических отходов аэробным или анаэробным сбраживанием. Технология чаще всего используется на небольших предприятиях (в Европе — до 40 000–50 000 тонн в год на один объект).

С технической точки зрения использование открытых грядок – самый дешевый и простой способ. Этот метод используется для стимулирования процессов взаимодействия организмов, чтобы предотвратить их развития непосредственно на свалках. Следует отметить, что использование отходов в качестве удобрений возможно только при условии тщательной подготовки и обеззараживания входящего потока от «паразитических» фракций, таких как стекла и металлов [3,15].

Учитывая качество сырья, организация сбора отходов может привести к значительному удорожанию данной технологии. Удельная стоимость внедрения технологии составит от 18000 до 36000 рублей за тонну при возможной степени переработки – от 20 до 40%.

Преобразование отходов в энергию обеспечивает наивысший уровень рециркуляции и с технической точки зрения является наиболее сложным из всех описанных методов. Задача связана с использованием сложного оборудования и методов контроля для ограничения выбросов в атмосферу, а также с необходимостью в постоянной корректировке входного потока сырья для выполнения требований термальной обработки.

Стабильная и надежная работа мусоросжигательного завода во многом зависит от структуры и качества поступающих отходов. Важно отметить, что фракции с высокой теплотой сгорания (и высокой эффективностью при производстве энергии), чаще всего трудно контролировать из-за продуктов сгорания.

Наибольшей производительности объекта можно достичь только на больших длительных объемах отходов (начиная со 100 000–150 000 тонн в год), что немного ограничивает возможности применения этой технологии. Данные представлены в таблице 1.

Этот метод также может быть менее эффективным, если для обработки удаляется много фракций. В связи с развитием вторичной переработки во многих странах Европы эффективность мусоросжигательных заводов сегодня часто ставится под сомнение, поскольку для обеспечения их непрерывной работы необходимо покупать традиционные виды топлива [3,6].

Таблица 1 -Технико-экономические характеристики разных методов переработки

Способы переработки отходов	Возможный уровень переработки, %	Удельные инвестиции в зависимости от мощности линии, рублей за тонну (цены 2015-2019 г.)
Уборка и переработка смешанного потока отходов	5-20	6000-15000
Переработка раздельным сбором отходов (отделением органических отходов)	15-30	12000-18000
Переработка раздельным сбором отходов (четыре и больше фракций)	30-40	18000-24000
Выработка биогаза из органической биомассы	20-30	18000-30000
Компостирование (аэробное) сбраживание)	30-40	24000-36000
Сжигание отходов с производством энергии	80-85	48000-72000

«Технология сжигания отходов с выработкой энергии позволяет достичь уровня переработки до 85% при объемах инвестиций в размере примерно 72000 рублей на тонну в год в зависимости от входного сырья и годовой мощности мусороперерабатывающего завода» [7].

По методике раздельного сбора коммунальных отходов для раздельного сбора ТКО используют следующие технологические схемы:

- технологическая схема 1 – на два контейнера;
- технологическая схема 2 – на три контейнера;
- технологическая схема 3 – на четыре контейнера;
- технологическая схема 4 – на пять контейнеров.

Технологическая схема 1 предусматривает централизованную перевозку собранных отдельно в одном контейнере отходов в качестве вторичного сырья на предприятия сортировки или переработка твердых бытовых отходов.

Технологическую схему 2 используют в случае, когда один из видов отходов как вторичного сырья не требует дополнительной обработки и может быть отдельно вывезен непосредственно на объекты переработки.

Технологическую схему 3 используют в случае, когда отдельные два вида отходов, как вторичное сырье не требуют дополнительной обработки и могут быть отдельно вывезены непосредственно на объекты переработки.

По технологической схеме 4 отдельный сбор ТКО осуществляется в отдельные контейнеры, размещенные на контейнерной площадке:

- желтый – "Полимеры" - для полимерных отходов;
- зеленый - "Стекло" - для стекла;
- синий - "Бумага" - для бумаги;
- коричневый - "Органическая составляющая" - для органической составляющей бытовых отходов;
- серый – "Смешанные отходы" – для смешанных ТКО.

Культура сортировки отходов еще не развита в нашей стране. На местах почти нет контейнеров для отдельного сбора. Однако каждый сознательный гражданин может сортировать ТКО и сдавать их на

переработку в специальные пункты приема или общественным организациям, занимающимся данным вопросом[2,3].

Анализ мировой практики производства биоминеральных удобрений показывает, что наиболее распространенными методами, применяемыми в современных технологиях, являются: измельчение, гомогенизация, биохимическая переработка, гранулирование, сушка, компостирование [15]. В качестве сырья используют минеральные компоненты в сочетании с осадками сточных вод ОСВ [16], растительными и твердыми отходами, отходами животноводческого комплекса[17].

В Великобритании «разработаны новые органоминеральные удобрения из ОСВ в двух соотношениях N: P: K, а именно: 15:4:4 и 10:4:4» [14].

Осадки сточных вод используют как основное сырье с добавлением мочевины и поташа для повышения концентрации N и K. Активный ил высушивают и гранулируют до частиц диаметром от 3 до 6 мм, достигнув 95% содержания сухих веществ, а затем просеивают. Далее на гранулы распыляют мочевины (46% N) в присутствии пара (95–100°C) для образования покрытия. Процесс распыления проводят в роторном барабанном смесителе, где одновременно добавляют молотый поташ (60% K_2O). Химический состав полученных удобрений следующий, %.масс.:

- N – 13,0; P_2O_5 – 3,8; K_2O – 3,2;
- N – 9%; P_2O_5 – 4,3; K_2O – 3,0.

В основе технологии «получение удобрений тоже заложено термический метод, когда ОСВ обрабатывают при температуре 80°C в испарителе, который производит гранулы диаметром 3–6 мм, затем на них наносят расплавленный карбамид в барабанном смесителе.

Последующую сушку проводят до 90% сухого продукта. В готовом удобрении содержится 14,08% азота, 3,74% фосфора, 0,05% калия, 1,61% серы и 0,5% магния» [18].

В работе М.И. Мягкова предложено получать «органоминеральные удобрения из подсолнечной золы 52,5% масс., сульфата аммония 43% масс., бентонита 3% масс. и гуминовых веществ 1,5% масс. В основе технологии – применение неоднородного струйно-пульсационного псевдосжижения в грануляторе (распределение компонентов по всему объему гранулы с $2,0 \leq d_e \leq 4,0$ мм), что по данным автора обеспечивает интенсивность удаления влаги в 1,5 раза по сравнению с барботажным режимом» [20, с. 10]. Температуру нагретого теплоносителя на входе в гранулятор поддерживают на уровне 205°C, в псевдосжиженном слое – 95–100°C, за счет изменения расхода рабочего раствора, который с помощью конического диспергатора впрыскивается внутрь псевдосжиженного слоя.

Полученное гранулированное органоминеральное удобрение имеет сферообразную форму и содержание питательных компонентов:

- К (21,5%),
- N (9%),
- Ca (3,2%),
- S (13,8%),
- Mg (3,2%) и P (1,8%) с заданным количеством гуминовых веществ (1,5%).

Недостатком перечисленных технологий является их высокое энергопотребление за счет многостадийности процесса и необходимости поддержки повышенных температур (выше 80°C). В качестве сырья используют минеральные удобрения, мировая тенденция производства которых постоянно сокращается из-за нехватка

материальных и энергетических ресурсов. Кроме того, применение термической обработки может привести к деструкции биологически активных веществ, в том числе и гуминовых соединений, что в конечном счете снизит биодоступность и эффективность удобрений.

В способе получения органоминеральных удобрений «гуматосодержащее растительное сырье предварительно обрабатывают раствором КОН, после чего смесь подвергают кавитационному диспергированию воздействием ультразвукового излучения из расчета 1–4 Вт на 1 см³ в течение 5–15 мин в режиме, что обеспечивает, нагрев смеси до температуры 60–70°C, затем добавляют фосфорную кислоту и диспергируют этот раствор. Щелочь и кислоту вводят для перевода гуматов в растворимом состоянии и стабилизации pH» [21]. Можно предположить, что полученное удобрение будет иметь следующий состав: С – около 70%; N, P, K – до 12%.

Такая технология достаточно энергоемка за счет поддержания температуры в реакторе выше 60°C и не позволяет получить конечный продукт со стабильными качественными свойствами.

Известен «способ подготовки сырья для анаэробной переработки отходов» [22] в удобрения, заключающийся в количественном смешивании сырья с жидкостью и нагреве до 37°C с одновременным обезгаживанием смеси путем вакуумирования продолжительностью 15–20 мин с последующей обработкой под воздействием энергии ультразвукового гидродинамического излучателя на поток смеси при циркуляции в замкнутом цикле; в качестве жидкости для смешивания сырья используют жидкую фракцию слива из биореактора. По данным авторов, предварительная гомогенизация обеспечивает повышение скорости анаэробной очистки отходов в 1,55[22]. В качестве сырья использовали смесь животноводческих и твердых отходов, что

позволяет сделать предположение о химическом составе готового удобрения, %. масс.:

- C – 80;
- N – 2,9;
- P_2O_5 – 1,9;
- K_2O – 2,7.

Ультразвуковой метод диспергирования позволяет добиться степени измельчения сырья от 0,2 мм – 2 мкм. Получено биоудобрение на основе бурых углей и глауконита путем измельчения исходного сырья до 20–60 нм на ультразвуковом приборе после обработки с последующим диспергированием в деионизированной воде [23].

Установлено, что использование удобрения в наноразмерной форме способствовало заметному развитию культур во время вегетации и прироста урожайности по сравнению с обычным фоном на 4,1–10,2%. Качественный состав готового удобрения на следующий день был в пределах %. масс.:

- C – 32;
- CaO – 32,8%,
- N – 2,0;
- P_2O_5 – 9,7%;
- $K_2O + Na_2O$ – 2,0%;
- SiO_2 – 18,0%;
- Fe_2O_3 – до 8,0%.

Разработан и внедрен принципиально новый ферментно-кавитационный метод обработки активного ила для получения комплексных удобрений в сочетании с глауконитом (10% масс.). Генерирующая кавитация низкой интенсивности (с числом кавитации $<0,05$) ингибирует патогенную микрофлору и способствует развитию

ферментов – на основании жизнедеятельности полезных микроорганизмов [24]. Качество готового удобрения, мас. %.:

- С – 15;
- N – 2,54;
- P_{общ} – 4,63;
- К – 1,4;
- Si – 0,95.

Применение ультразвука при механической обработке отходов может повышать эффективность их переработки, однако технология предполагает необходимость в высоких интенсивностях ультразвукового воздействия для формирования и поддержания кавитационного процесса, что технологически сложно; недостатком ультразвуковых методов является также неоднородность распределения энергии кавитации в сырье.

В России технологии получения биоминеральных удобрений из отходов только получают свое распространение и еще набирают свою популярность [25]. Существующие исследования связаны с получением удобрений путем смешивания органоминеральных компонентов, а в частности:

- торфа и отходов животноводческого комплекса [26, 27];
- твердых бытовых отходов и осадков сточных вод [28];
- органических кислот и карбамида [29];
- отходов птицеводства в сочетании с минеральными удобрениями [30].

В нашей стране стандарты на биоминеральные удобрения, полученные из отходов, отсутствуют. При разработке технологий и анализе их качества и возможности использования для выращивания сельскохозяйственных культур ориентируются на ГОСТ 17.4.3. 05-86

«Сточные воды. Требования к сточным водам и их осадков для орошения и удобрения», СанПиН 2.1.7.573-96 «Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения» [31].

Разработана технология получения органоминеральных удобрений из твердых отходов и осадков сточных вод [26] путем их обезвоживания, сушки, метанирования и кондиционирования. Осадок сточных вод в данной технологии является основным сырьем и для его обезвоживания с 98 до 96% используют метод вакуумирования.

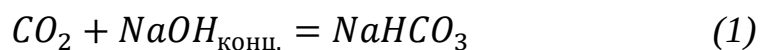
Качественный состав готового удобрения следующий %. масс.:

- С – 40%;
- N – 1,8%;
- P_2O_5 – 2,0%;
- K_2O – 0,1%.

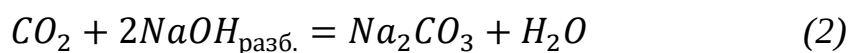
Приведенные данные качества удобрения на основе ОСВ свидетельствуют о необходимости в повышении содержания питательных N, P, K-компонентов, содержание которых составляет менее 4%, что идет в разрез с мировыми тенденциями качества биоминеральных удобрений. Это позволяет утверждать о целесообразности комбинирования ОСВ с другим N, P, K-сырьем (растительными, животноводческими и твердыми бытовыми отходами) для увеличения питательных веществ в готовых удобрениях и производительности промышленных установок их получения.

3.1. Исследование процесса получения кальцинированной соды с добавлением отходов

К настоящему времени наиболее распространенным способом производства кальцинированной соды является аммиачный, основанный на использовании в качестве сырья поваренной соли и известняка. В то же время технология получения кальцинированной соды этим способом несовершенна с точки зрения утилизации сырья, наличием большого количества жидких, твердых и газообразных отходов, а также потерь тепловой энергии. Поэтому возникает задача в разработке нового способа получения кальцинированной соды, базирующейся на принципах "зеленой" химии. При использовании в качестве сырья или топлива метана, произведенного из биогаза после переработки отходов необходимо предварительно удалить углекислый газ, являющийся балластом данного производства. Кроме того, разработка рационального метода извлечения углекислого газа приведет к избеганию парникового эффекта, обусловленного выделением CO_2 и являющегося одной из причин глобального потепления [2,12,20,29]. Образовавшийся в процессе биогаз биохимической переработки N, P, K, Ca-содержащих отходов разделяли, пропуская его через раствор натрия гидроксида, для того чтобы отделить метан от углекислого газа [3,9]. В зависимости от концентрации гидроксида натрия взаимодействие $NaOH$ с CO_2 биогаза может привести к образованию разнообразных веществ. В случае концентрированного раствора щелочи образуется кислая соль – натрий гидрокарбонат по реакции [2,5,15]:



В результате взаимодействия разбавленного раствора NaOH с диоксидом углерода образуется ценный для химической промышленности продукт – кальцинированная сода по реакции:



Исходя из этого, решается актуальная задача для химической промышленности страны – получение кальцинированной соды с одновременным уменьшением выбросов парникового газа – CO_2 , данная технология и является решением использования ТКО в спортивной школе «Флагман». Выявлена экспериментальная зависимость выхода CO_2 от длительности биохимической переработки N, P, K, Ca-содержащих отходов и исходного сырья приведены на рисунке 19.

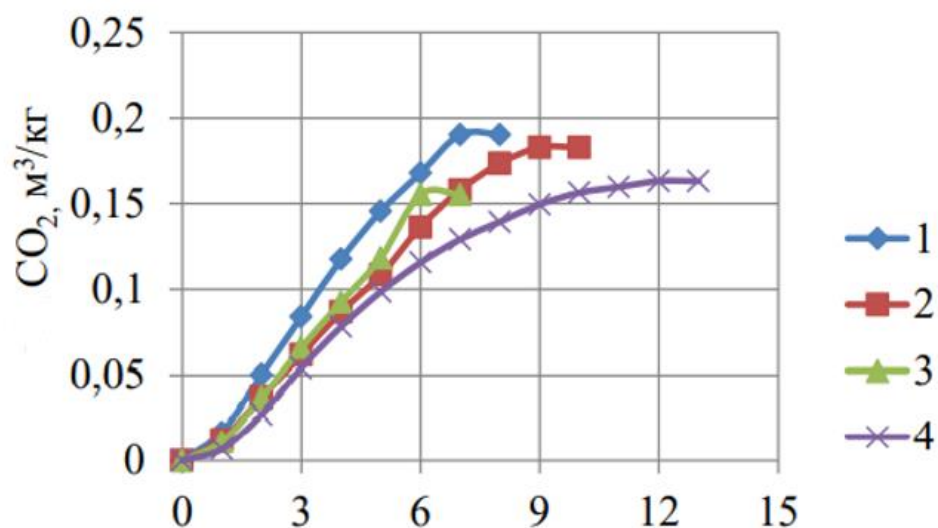


Рисунок 19 – Зависимость выхода CO_2 от продолжительности биохимической переработки N, P, K, Ca-содержащих отходов и исходного сырья.

Выводы по разделу 3: в данной главе был представлен анализ современных технологий переработки и утилизации ТКО, при исследовании плюсов и минусов научных разработок был предложен процесс получения кальцинированной соды с добавлением отходов. Немаловажным преимуществом данного метода является широкое использование получаемого продукта в результате переработки – соды, которая по употреблению в химической промышленности стоит на 3 месте, как одно из наиболее используемых соединений при производстве различных ПАВ, порошков и других продуктов.

4. Охрана труда

Развитие современной науки и техники внесло новшества во все сферы материального производства, существенно изменив технологические процессы и используемые материалы, предметы и орудия труда.

В свою очередь изменения технологии и оборудования приводят к преобразованиям условий труда и всего трудового процесса. Поэтому при разработке новой техники, технологических процессов, производственных организаций необходимо провести научный анализ возможных опасных и вредных производственных факторов и создать меры и средства, направленные на минимизацию их вредного воздействия на работающего человека. Контроль параметров технологического процесса переработки ТКО осуществляет оператор линии, при обслуживании которой могут возникнуть следующие вредные и опасные производственные факторы:

- пожарная опасность;
- опасность поражения электрическим током;
- производственный шум и вибрации;
- опасность влияния элементов оборудования нагретых до высоких температур;
- воздух рабочей зоны;
- влияние движущихся деталей и вращающихся механизмов и материалов.

Важно контролировать наличие сырья и его соответствие требованиям технических условий, исправность аппаратов и электрооборудования. Все кто работают на переработке ТКО, должны быть обеспечены специальной одеждой, средствами защиты глаз, средствами защиты рук согласно ГОСТ 12.4.010-75.

Помещение, освещение, оборудование и технологические операции при переработке ТКО должны соответствовать СНиП 11-4, ГОСТ 12.2.003-91, ГОСТ 12.3.002-75, ГОСТ 12.1.003-83 и СП1042.

При производстве необходимо соблюдать меры, гарантирующие безопасность труда и руководствоваться требованиями ГОСТ 12.1.114-82. Чтобы избежать электротравм, следует предусмотреть надежное заземление электроустановок и изоляции электропроводок и руководствоваться нормативными требованиями Системы стандартов безопасности труда.

Общие требования и номенклатура видов защиты электрооборудования должны отвечать: «Защита против поражения электрическим током. Общие аспекты относительно установок и оборудования». Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны при переработке ТКО должны отвечать ГОСТ «Воздух рабочей зоны».

В производственном помещении, где происходит переработка ТКО, должна быть предусмотрена приточно-вытяжная вентиляция в соответствии кратностью теплообмена с СНИП 11.4-05. Помещение должно соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 2272: 2006.

5. Охрана окружающей среды

Выбросы в атмосферу при переработке ТКО могут содержать сероводород, метан, предельные углеводороды C1 – C5, озон (в случае дезинфекции озоном), летучие органические соединения (бензол, толуол, ксилол), газообразные и летучие реактивы для дезинфекции (хлор). Неприятный запах с установок также может беспокоить рабочих и окружающее население.

Сокращение выбросов в атмосферу проводится путем пропускания их через разного рода фильтры (механические, электрические, магнитные, звуковые и др.), воду и химически активные жидкости. Все они определены для улавливания пыли, паров и газов.

Рентабельность работы сооружений варьируется в зависимости от физико-химических свойств загрязняющих веществ и сложности используемых оборудования. При грубой очистке устраняется от 70 до 84 % загрязнителей, средней очистке - до 95 – 98 % и тонкой – 99 % и выше.

Выбросы в гидросферу при переработке сточных вод после ТКО могут содержать фенол, нитраты и нитриты, песок, углеводороды предельные C6 – C10, формальдегид, патогенных микроорганизмов (E. Coli, Salmonella, аденовирус, полиовирус).

Для защиты поверхностных вод от загрязнения предусмотрены меры:

- наблюдение за водными объектами;
- создание водоохранных зон;
- развитие безотходных и безводных методов;
- введение систем оборотного водоснабжения;
- обработка промышленных и бытовых сточных вод;
- очистка и стерилизация поверхностных и подземных вод, используемых для питьевых целей.

Наиболее рациональный способ сокращения объема сточных вод – создание оборотных и замкнутых систем водоснабжения, исключающих сброс воды в водоемы. При очистке сточных вод вредные вещества разрушаются и извлекаются.

Для предотвращения попадания в водоемы патогенных микроорганизмов рекомендуется проводить обеззараживание стоков. В соответствии с СП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения» рекомендуется применять ультрафиолетовое излучение дозой не менее 30 мДж/см². Резервное оборудование должно быть не менее одной установки.

Охрана почв осуществляется в части рационального и экономного использования, сохранения и восстановления (рекультивация), сохранения плодородия почв, защиты почв от разрушения (эрозий) водой, ветром, защиту от засоления, заболачивания, загрязнения.

Основание ПДК химических веществ в почве держится на четырех основных показателях вредности, устанавливаемых методом проб и ошибок:

- транслокационном, характеризующим переход вещества из почвы в растение;
- миграционно-воздушном, характеризующим переход вещества из почвы в атмосферный воздух;
- миграционно-водном, характеризующим способность перехода вещества из почвы в грунтовые воды;
- общесанитарном, характеризующим влияние загрязняющего вещества на самоочищающую способность почвы и ее биологическую активность.

Наименьший из действительных уровней содержания является лимитирующим и принимается за ПДК.

Осадки, образующиеся в процессе обработки ТКО, могут представлять собой:

- грубые примеси, задерживаемые решетками;
- минеральные частицы (песок), задерживаемые песколовками;
- плавающие примеси (жировые вещества), всплывающие в отстойниках, ловушках;
- сырой осадок взвешенных веществ, задерживаемых первичными отстойниками; активный ил и биопленку вторичных отстойников.

Осадки, образующиеся в процессе переработке ТКО должны подвергаться обработке – обезвоживанию, стабилизации, снижению запаха для безопасности их размещения.

В результате эксплуатации сооружений образуются шлам и избыточный активный ил.

Ил высушивается и компостируется на иловых площадках с искусственным основанием и в дальнейшем может использоваться в качестве удобрений. Шлам из шламонакопителя утилизируется на установке термического обезвреживания, либо перерабатывается.

5.1. Воздействие твердых бытовых отходов на здоровье человека

Города во всем мире сталкиваются с большими вызовами из-за усиления урбанизации, и одной из главных проблем является растущее количество образовавшихся отходов и мусор из-за высокого спроса на продовольственные товары и другие необходимые вещи. Общественные контейнеры для мусора заполняются быстрее, чем когда-либо, и неизбежно много мусорных контейнеров заканчиваются переполненными раньше, чем собирать, вызывая не только захламленные улицы и неприятные запахи, но и «отрицательные последствия для здоровья и окружающей среды» [2,7].

Хотя в большинстве развитых стран процессы сбора отходов являются достаточно эффективными для предотвращения крупных

катастроф, в некоторых городах неосторожное отношение местных органов к поддержанию чистоты привело к смертельному результату. Один из городов, имеющих большие проблемы с отходами, – Неаполь, где мафию обвиняют в мероприятии токсичных отходов по городу и тем самым вызывают высокий уровень рака, аллергии и врожденных пороков. Еще одним хорошим примером города, страдающим от негигиенических условий, был Сурат в Индии, где в 1994 году вспыхнула эпидемия пневмонической чумы, повлекшая 52 случая смерти.

Хотя это не так смертельно рискованно, как сброс тонн токсичных отходов вокруг границ города, переполнение контейнеров для мусора является все еще большой неприятностью и риском для нашего здоровья и окружающей среды [28].

Причины негативного влияния ТКО на здоровье человека можно разделить на несколько основных групп:

- бактерии, насекомые и паразиты процветают из мусора; переполненные отходы являются идеальным местом для размножения бактерий, насекомых и паразитов. Мухи, посещающие мусор, - это тоже те же мухи, которые бродят вокруг обеденного стола и сбрасывают своих потомков на тарелку. Тем самым они увеличивают риск заболеть сальмонеллой, что вызывает брюшной тиф, пищевые отравления, кишечную лихорадку, гастроэнтерит и другие основные заболевания. Кроме мух, есть другие животные, процветающие из мусора в контейнерах и вокруг них, включают крыс, лис и бродячих собак.
- переполнение отходов влечет загрязнение воздуха и респираторные заболевания; одним из результатов переполнения мусора является загрязнение воздуха, который вызывает различные заболевания органов дыхания и другие неблагоприятные последствия для

здоровья, поскольку загрязнители всасываются из легких в другие части тела. К токсичным веществам, загрязненными отходами воздуха, относятся углекислый газ, оксид азота и метан. В повседневной жизни человек идентифицирует загрязненный воздух, особенно из-за неприятных запахов, которые, как правило, вызываются разлагающимися отходами.

- мусор загрязняет поверхностные воды, которые влияют на все экосистемы; мусор и отходы, попадающие в водоемы, негативно влияют на химический состав воды. Технически этот тип загрязнения называют загрязнением воды. Это влияет на все существующие экосистемы в воде, в том числе рыб и других животных, которые пьют загрязненную воду. Опасные предметы бытового мусора, такие как аккумуляторы, компьютерная техника и остатки краски могут быть особенно опасными для поверхностных вод.
- непосредственное обращение с перегруженными отходами создает опасность для здоровья; для работников, занимающихся службой сбора отходов, риски сбора и обращения с переполняющимся мусором включают инфекции, хронические заболевания и аварии. Непосредственный контакт с отходами может вызвать заражение кожи и крови из-за инфицированных ран, различных заболеваний, возникающих вследствие укусов животных, питающихся отходами, и кишечных инфекций, которые передаются мухами, кормящими отходами. Сбор переполненного мусора также является рискованным из-за острых предметов, иглы и потенциально опасных отходов.
- неэффективный контроль за отходами плохо влияет на благополучие населенного пункта; кроме того, что вызывает всевозможные проблемы со здоровьем и окружающей средой, переполнение мусора является общечеловеческой неприятностью. Все хотят жить и посещать места, которые свежие, чистые и здоровые. Вонючий город с плохой санитарией и мусором повсюду не привлекает людей или

туристов, не говоря уже об инвестициях. Города продолжают терять деньги, и они также пропускают доходы и возможности работы исходя из ненадлежащего контроля над отходами и их переработкой [8].

5.2. Влияние вредных веществ на здоровье человека, содержащихся в твердых коммунальных отходах

Ежегодно в мире производится около 100 тыс. видов химикатов и каждый год к этому списку добавляется тысяча новых. Они широко распространены по всему миру, их можно найти в продуктах питания, косметике, детских игрушках. Их добавляют в самые разные продукты для того, что придать приятный запах или убить бактерии, изменить цвет или очистить поверхность. Вредные для здоровья соединения содержатся в продуктах:

- моющие средства, лаки, краски, мебель, ковры, игрушки, одежда, ткани, косметика, фармацевтические препараты, компьютеры, телевизоры, продукты питания и так далее. Тем не менее такие соединения есть везде, они находятся в воздухе, воде, в продуктах, почве, отложениях и живых организмах. В сельском хозяйстве химикаты являются одним из широко используемых методов борьбы с сорняками, насекомыми, болезнями растений, паразитами и бактериями (таблица 2).

Таблица 2 - Содержание химических веществ в отходах

Виды отходов	Химические вещества
Пластмасса	Хлорорганические соединения, органические растворители в емкостях с ПВХ
Пестициды	Хлор- и фосфорорганические соединения
Лекарства	Органические растворители, следы тяжелых металлов, органические осадки
Краски	Тяжелые металлы, красители, растворители, органические осадки
Аккумуляторные батареи	Тяжелые металлы
Машинное масло, бензин	Масла, фенолы и другие органические соединения, тяжелые металлы, аммиак, соли кислот, каустическая сода
Металлы	Тяжелые металлы, красители, соли абразивных покрытий, масла, фенолы
Кожа	Тяжелые металлы
Текстиль	Красители, которые содержат тяжелые металлы, хлорорганические соединения

Люди подвергаются воздействию соединений различными путями: вдыхания, при контакте с кожей и глотания (с пищей). После приема внутрь в организм химикаты распределяются по разным частям организма, где они метаболизируются, и превращаются в вещества как в менее токсичное, так и в более токсичное, чем исходное соединение.

Дети испытывают воздействие вредных химических веществ при различных обстоятельствах:

- употребляют в пищу немытые продукты;
- пьют несвежую воду и напитки;
- играют в загрязненных зонах;
- имеют доступ к вредным химическим веществам, хранящимся неподобающим образом;
- помогают взрослым в проведении сельскохозяйственных работ.

Главные загрязнители и их действие на здоровье человека:

- тяжелые металлы, кадмий, свинец, цинк: изменение защитных устройств организма, расстройство биосинтеза гемоглобина, Расстройства психики. Интоксикация центральной нервной системы. Функциональные и органические нарушения сердечно-сосудистой системы. Накопление в организме свинца (в костях, крови, мочи), отставание физического развития детей, вплоть до летального исхода. Функциональные нарушения печени, почек, желудочно-кишечного тракта.
- пары металлической ртути, ее органические и неорганические соединения, ртуть:
 - а) накопление в организме ртути (легких, мозгу, сердце, селезенке, почках, печени, мышечной ткани, поджелудочной железе, спинномозговой жидкости, крови, молоке, волосах);
 - б) необратимые поражения центральной нервной системы и мозга;
 - в) нервно-психические нарушения
 - г) повышение общей заболеваемости;
 - д) у детей – гипертония, повышенная пораженность зубов кариесом.
- масла, фенолы:
 - а) респираторные заболевания,
 - б) увеличение общей заболеваемости.
- углеводороды и бензапирен:
 1. раздражение дыхательных путей,
 2. появление тошноты,
 3. головокружение,
 4. сонливость,

5. снижение иммунологической активности организма.

Тяжелые металлы особо опасны и могут повредить почти все системы органов, особенно нервную систему и органы дыхания. То же самое относится и к опасности сточных вод и фекальные стоки канализации. При этом особая опасность связана с возможностью возникновения эпидемий инфекционных заболеваний.

В нашей стране ежегодно выбрасывается около 104 кг отходов на душу населения. Это число может уменьшаться, если человек не будет загрязнять территорию, где он проживает. Количество несанкционированных свалок в городах и их окрестностях увеличивается с каждым годом.

Выводы по разделу 5: Таким образом, каждая территория, на которой люди ведут свою деятельность, во всем мире сталкиваются с большими вызовами из-за усиления урбанизации, и одной из главных проблем является растущее количество образованных отходов и мусора из-за высокого спроса на товары и необходимых вещей. Контейнеры для мусора заполняются гораздо быстрее и когда они уже переполнены, создаются не только захламленные улицы и неприятные запахи, но и отрицательные последствия для здоровья и окружающей среды.

6. Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях. Анализ возможных техногенных аварий. Разработка процедуры обеспечения пожаро- и взрывобезопасности полигонов ТКО

Пожары на полигонах твердых бытовых отходов (мусорные свалки) относятся к наиболее сложным и длительным, гашение которых требует привлечения значительных ресурсов, усилий, средств и времени. Прогнозирование и предотвращение пожаров на полигонах (мусорных свалках) затруднено, поскольку трудно выявить возможные источники повышения температур из-за различной удельной теплоемкости отходов. Практически невозможно обнаружить источник возгорания невооруженным глазом, пока пламя или дым не поднимутся на поверхность. В основном, пожары возникают в пожароопасный период летом. Основной причиной возникновения пожаров остается человеческая неосмотрительность и халатность, пренебрежение правилами пожарной безопасности, неосторожное обращение с огнем, нарушение технологического регламента захоронения твердых бытовых отходов. Полигоны (мусорные свалки) способны к самовозгоранию. Вызывает биохимическое разложение отходов, сопровождающееся повышением температуры до 40-70 °С.

Руководством полигона бытовых отходов (мусорной свалки) должна быть утверждена инструкция о мерах пожарной безопасности, в которой устанавливаются порядок и способ обеспечения пожарной безопасности, обязанности и действия работников в случае возникновения пожара, включая порядок оповещения людей и сообщения о нем пожарной охраны, эвакуации людей, животных и материальных ценностей, применение средств пожаротушения и взаимодействия с подразделениями пожарной охраны

Для размещения первичных средств пожаротушения на территории полигона бытовых отходов (свалки) в хозяйственной зоне

устанавливаются специальные пожарные щиты (стенды) согласно требованиям Правил пожарной безопасности в России. Пожарные щиты (стенды) на территории объекта устанавливаются из расчета в один щит (стенд) на 5000 кв. м площади. В помещениях под навесами и на открытых площадках, где хранится автотракторная техника полигона бытовых отходов, а также непосредственно на рабочих картах складирования отходов запрещается заправлять технику горючим, заряжать аккумуляторы непосредственно на машинах, оставлять транспортные средства с включенным зажиганием.

В результате биохимических процессов в теле полигона бытовых отходов (свалки) образуется биогаз. Чтобы предотвратить его взрыв и пожары, создается система извлечения и обезвреживания биогаза. Запрещено курить и разжигать костры на территории полигона бытовых отходов (мусорной свалки). В результате обследований выявлено, что на полигонах твердых бытовых отходов (мусоросвалках) не проводятся мероприятия экологической безопасности, которые должны быть направлены на защиту нормального состояния воздуха, почвы и подземных вод, а именно: пересыпание слоев отходов грунтом, рекультивация перегруженных территорий с истекшим проектным сроком использования и не созданная система мониторинга.

Правила эксплуатации полигонов твердых бытовых отходов (свалок) являются обязательными для субъектов хозяйствования независимо от формы собственности, осуществляющих деятельность, связанную с эксплуатацией и содержанием полигонов бытовых отходов (свалок).

Наиболее эффективным и распространенным способом тушения пожаров на полигонах ТКО является подача воды ручными и лафетными стволами. С целью увеличения огнетушащих свойств воды к ней добавляют смачиватели (поверхностно-активные вещества ПАВ), которые снижают поверхностное натяжение жидкости и делают ее более

проникающей, вместо этого увеличивается огнетушащая эффективность жидкости практически в два раза [1,2,3], поскольку в состав мусора входит большое количество мусора в состав которых входят полимеры, нефтепродукты и т.д. [4,5]. «Вода может использоваться для тушения полигонов ТКО разных типов, в зависимости от вида пожара, условий распространения, наличия воды, вида использования механизма подачи» [6]. Вода подается от системы наружного противопожарного водоснабжения, пожарных водоемов, природных источников или привозной техники, бочках и других емкостях.

Для гашения полигонов ТКО используют насосные установки, ПНС, АЦ и т.д. При необходимости можно использовать специальную пожарную технику: коленчатые подъемники, автолестницы и т.д. Установлено, что пожарная опасность мусора зависит от уплотнения полигонов ТКО. Чем больше плотность мусора на полигонах, тем меньше вероятность возникновения пожаров вследствие самовозгорания. Отсутствие должного доступа для сил и средств к ячейкам пожара, обычно размещаемым на склонах полигона ТКО вызывает необходимость в создании новых способов подачи огнетушащих веществ для обеспечения необходимого гашения с учетом следующей проблематики:

- большие размеры пожаров на свалках, и преимущественно крутые склоны складирования мусора;
- отсутствие жесткого подъезда и накопление фильтрата по периметру к свалке;
- преимущественно отсутствие или недостаточное количество источников противопожарного водоснабжения;
- густое задымление и токсичность продуктов горения;
- возможность взрыва в результате скопления образований биогаза;

- наличие большого количества режущих и колющих элементов в мусоре делает невозможной прокладку рукавных линий, доступ личного состава к ячейке.

Рассмотренные приемы технологии тушения пожаров на полигонах ТКО подтверждают наличие многих проблем при пожаротушении. Литература и законодательная база практически не регламентирует особенности проведения тушения полигонов ТКО, таким образом, побуждает к импровизации с использованием традиционных методов гашения, хотя они малоэффективны и влекут за собой значительный побочный ущерб.

В последнее время актуально создание малолюдных и безлюдных технологий пожаротушения, использование которых обусловит выполнение действий по назначению дистанционно управляемыми средствами. В то же время успешная ликвидация пожаров на полигоне ТКО во многом зависит не только от конструктивно-технических возможностей управляемого средства пожаротушения, но и от организации пожаротушения с учетом анализа оперативной обстановки, ее оценки, принятии рациональных решений, выборе целесообразности тактических действий, эффективном использовании дистанционно-управляемого средства, квалифицированной подготовки операторов для проведения разведки и пожаротушения.

Таким образом, возникает необходимость в создании специального подразделения для тушения пожаров на склонах полигона ТКО, который обеспечит эффективную подачу огнетушащих веществ в опасные для здоровья личного состава и недостижимые для пожарной техники места, что позволит усовершенствовать технологии с минимальным использованием человеческого ресурса.

7. Расчет экономической эффективности проекта

7.1. Расчет изменения затрат на электроэнергию

Новая система оборудования позволяет снизить затраты на электроэнергию. В связи с тем, что при использовании мембранных аэраторов вместо перфорированных труб снижается расход воздуха с 11030 м³/ч до 7650 м³/ч, возможно уменьшение мощности воздуходувок в процессе сортировки и переработки ТКО. Численные значения и обозначения величин, используемых в расчетах, приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Численные значения и обозначения величин, используемых в расчетах

Величина	Обозначение	Численное значение
N	количество элементов, шт	2380
Q	расход воздуха на элемент, м³/ч	2,0
Q	общий расход воздуха, м³/ч	7650
M	мощность воздуходувки ТВ-600-1,1, кВт	200 (исходный) 80 (проектируемый)
n	количество работающих воздуходувок, шт	3
T _{раб}	время работы оборудования, час	8400
η _{дв}	КПД двигателя	0,94
η _{сети}	КПД электросети	0,98

В случае использования трубчатого аэратора АПКВ, расход электроэнергии составит [8]:

$$P_{эл} = (M \cdot n \cdot T_{раб.}) / \eta_{дв.} \cdot \eta_{сети} \quad (3)$$

$$P_{эл} = (200 \cdot 3 \cdot 8400) / (0,94 \cdot 0,98) = 5471124,62 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Стоимость электроэнергии 3,97 руб./кВт·ч [9]. Тогда расходы на электроэнергию составят:

$$З_{эл.} = 5471124,62 \cdot 3,97 = 21720364,74 \text{ руб.}$$

Рассчитаем количество электроэнергии, которое потребуется при использовании аэраторов дисковых SSI модели «AFD 360», с учётом того, что будет снижена мощность воздуходувок.

$$P_{эл.мембр.} = (80 \cdot 3 \cdot 8400) / (0,94 \cdot 0,98) = 2188449,848 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Расходы на электроэнергию составят:

$$З_{эл} = 2188449,848 \cdot 3,97 = 8688145,9 \text{ руб.}$$

В результате замены аэрационных элементов затраты на электричество в год уменьшатся на 13032218,84 руб.

7.2. Расчет калькуляции себестоимости

Пропускная способность в год по формуле (1) составит:

$$q = \text{Пр} \cdot T_{\text{раб}} = 80000 \cdot 351 = 28080 \text{ тыс. м}^3/\text{год.}$$

Фонд оплаты труда производственного персонала без ИТР составит:

$$62312,94 - 1904,4 = 60408,54 \text{ тыс. руб.}$$

Отчисления на социальные нужды производственного персонала составляют 30,2% от фонда оплаты труда производственного персонала [10].

$$O_{c.n.} = 62312,94 \cdot 0,302 = 18818,51 \text{ тыс. руб.}$$

«Общепроизводственные расходы» складываются из затрат по амортизации, затрат на текущий ремонт и прочих расходов [10].

$$P_{o.p.} = Z_{ам} + Z_{т.р} + Z_{проч}; \quad (4)$$

Затраты на амортизацию производственных фондов:

$$Z_{ам} = 8684,64 \text{ тыс. руб.}$$

Прямые затраты $Z_{пр}$ [3]:

$$Z_{прям} = Z_{т.э} + Z_{о.т} + O_{c.n.}, \quad (5)$$

Где $Z_{т.э.}$ – затраты на топливо, энергетику и вспомогательные материалы, тыс. руб.;

$Z_{о.т}$ – затраты на оплату труда персонала, тыс. руб.;

$O_{c.n.}$ – отчисления на социальные нужды, тыс. руб.

$$Z_{прям} = 52626,956 + 60408,54 + 18818,51 = 131854,006 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на текущий ремонт примем равными 3% от прямых затрат [10]:

$$Z_{т.р} = Z_{прям} \cdot 0,03; \quad (6)$$

$$Z_{т.р} = 131854,006 \cdot 0,03 = 3955,620 \text{ тыс. руб.}$$

Прочие расходы, составляющие 10% от прямых затрат [10]:

$$З_{проч} = З_{прям} \cdot 0,1; \quad (7)$$

$$З_{проч} = 131854,006 \cdot 0,1 = 13185,400 \text{ тыс. руб.}$$

Таким образом, затраты по статье «Общепроизводственные расходы» $P_{о.п.}$ [3]:

$$P_{о.п.} = 8684,64 + 3955,620 + 13185,400 = 25825,660 \text{ тыс. руб.}$$

Общехозяйственные расходы составляют 20% от прямых затрат [10]:

$$P_{о.х.} = З_{прям} \cdot 0,2; \quad (8)$$

$$P_{о.х.} = 131854,006 \cdot 0,2 = 26370,801 \text{ тыс. руб.}$$

Калькуляция себестоимости ТКО приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Калькуляция себестоимости по исходному варианту

Наименование	Цена, руб.	На переработку всего объема		На 1 м ³ ТКО, руб.
		количество	сумма, тыс. руб.	
1. Сырье и основные материалы:				
щелочь для работ, кг	6,7	10976922,18	73545,38	2,61
углерод	50	555566,67	27778,33	0,99
Итого по статье 1.	-	-	107360,73	3,8
2. Затраты на топливо и энергию:				
-электроэнергия на сортировку, кВт*ч	3,97	5471124,62	21720,365	0,77

Продолжение таблицы 4

-электроэнергия (на переработку), кВт*ч	3,97	2698036,8	10711,206	0,38
-сжатый воздух, т/м3	350	13825	4838,75	0,17
-пропан, т/м3	4,20	8960 75	3763,515	0,13
Итого по статье 2.	-	-	52626,956	1,87
3. Затраты на оплату труда рабочих	-	-	60408,54	2,64
4. Отчисления на социальные нужды	-	-	18818,51	0,81
5.Общепроизводственные расходы	-	-	25825,660	1,00
-амортизация	-	-	8684,64	0,31
-текущий ремонт	-	-	3955,620	0,16
-прочие расходы	-	-	13185,400	0,54
6.Общехозяйственные расходы	-	-	26370,801	1,07
Полная себестоимость	-	-	291411,197	10,35

Калькуляция себестоимости по проектируемым ТКО:

Пропускная способность аналогично 28080 тыс. м³/год.

Фонд оплаты труда производственного персонала без ИТР составит:

$$62312,94 - 1904,4 = 60408,54 \text{ тыс. руб.}$$

Отчисления на социальные нужды производственного персонала составляют 30,2% от фонда оплаты труда производственного персонала [10].

$$O_{с.н.} = 62312,94 \cdot 0,302 = 18818,51 \text{ тыс. руб.}$$

Общепроизводственные расходы складываются из затрат по амортизации, затрат на текущий ремонт и прочих расходов.

Затраты на амортизацию производственных фондов ТКО:

$$Z_{ам} = 9497,34 \text{ тыс. руб.}$$

Прямые затраты рассчитываются по формуле (3.29):

$$Z_{пр} = 39594,7 + 60408,54 + 18818,51 = 118821,75 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на текущий ремонт примем равными 3% от прямых затрат и рассчитываются по формуле (3.30):

$$Z_{т.р} = 118821,75 \cdot 0,03 = 3564,65 \text{ тыс. руб.}$$

Прочие расходы, составляющие 10% от прямых затрат, рассчитываются по формуле (3.31):

$$Z_n = 118821,75 \cdot 0,1 = 11882,2 \text{ тыс. руб.}$$

Таким образом, затраты по статье «Общепроизводственные расходы» $P_{о.п.}$ рассчитываются по формуле (3.28):

$$P_{о.п.} = 9497,34 + 3564,65 + 11882,2 = 24944,19 \text{ тыс. руб.}$$

Общехозяйственные расходы составляют 20% от прямых затрат и рассчитываются по формуле (3.32):

$$Z_{о.х.} = 118821,75 \cdot 0,2 = 23764,35 \text{ тыс. руб.}$$

Калькуляция себестоимости по проектируемому варианту приведена в таблице 5.

Таблица 5 – Калькуляция себестоимости по проектируемому варианту

Наименование	цена, руб.	На переработку всего объема		На 1 м³ТКО, руб.
		количество	сумма, тыс. руб.	
1.Сырье и основные материалы:				
щелочь, кг.	50	100375	5018,75	1,19
углерод	50	555566,67	27778,33	2,91
Итого по статье 1.	-	-	107360,73	4,1
2.Затраты на топливо и энергию:				
-электроэнергия (на сортировку), кВт*ч	3,97	2188449,848	8688,1459	0,23
-электроэнергия (на переработку), кВт*ч	3,97	2698036,8	10711,206	0,41
Наименование	Цена, руб.	На переработку всего объема		На 1 м³ ТКО, руб.
		количество	сумма, тыс. руб	
-сжатый воздух, т/м3	350	13825	4838,75	0,18
-пропан, т/м3	4,20	896075	3763,515	0,14
Итого по статье 2.	-	-	39594,7	1,43
3. Затраты на оплату труда рабочих	-	-	60408,54	2,87
4. Отчисления на социальные нужды	-	-	18818,51	0,86
5.Общепроизводственн ые Расходы	-	-	24944,19	1,03
-амортизация	-	-	9497,34	0,4
-текущий ремонт	-	-	3564,65	0,15
-прочие расходы	-	-	11882,2	0,52
6.Общехозяйственные расходы	-	-	23764,35	1,03
Полная себестоимость	-	-	274891,02	9,76

Себестоимость переработки снизилась на 291411,197 – 274891,02
= 16520,177 тыс. руб. соответственно на 5,67%

7.3. Расчет технико-экономических показателей проекта ТКО

Экономический эффект рассчитывается по формуле :

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = (C_{\text{исх}} - C_{\text{пр}}) \cdot Q - E_{\text{п}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (9)$$

где $C_{\text{исх}}$ - себестоимость 1 м³, исходных ТКО, руб;

$C_{\text{пр}}$ - себестоимость 1 м³, проектируемых ТКО, руб;

Q - пропускная способность в тыс. м³ /год.

« $E_{\text{п}}$ – нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности капитальных вложений, $E_{\text{п}} = 0,15$ » [11];

$K_{\text{доп}}$ – дополнительные капитальные вложения, тыс. руб.

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = (10,35 - 9,76) \cdot 28080 - 0,15 \cdot 8717 = 15259.65 \text{ тыс. руб.}$$

Таблица 6 – Сравнительный анализ затрат по исходным и проектируемым ТКО

Затраты	Исходные ТКО, тыс. руб.	Проектируемый ТКО, тыс. руб.	Изменения	
			абсолютное, тыс. руб.	относительное, %
Топливо и энергия	52626,956	39594,7	-13032,256	-24,7
Амортизация	8684,64	9497,34	812,7	0,94
Общепроизводственные расходы	25825,660	24944,19	-881,41	-3,41
Общехозяйственные расходы	26370,801	23764,35	-2606,451	-9,88
Себестоимость переработки	291411,197	274891,02	-16520,177	-4,53

В результате замены аэрационной системы ТКО:

- Затраты по топливу и энергии уменьшились на 24,7%
- Амортизационные затраты увеличились на 0,94%
- Общепроизводственные расходы уменьшились на 3,41%
- Общехозяйственные расходы уменьшились на 9,88%
- Себестоимость очистки уменьшилась на 4,53%

Экономический эффект мероприятия составил 15259.65 тыс. руб, следовательно полученные данные свидетельствуют об экономической целесообразности усовершенствования оборудования.

Заключение

В результате деятельности человека образуется большое количество отходов, хранение которых несет серьезную угрозу для окружающей среды. Проблема твердых коммунальных отходов в настоящее время является одной из глобальных проблем, с которыми сталкивается человечество. Общество стоит на пороге переломного момента: количество отходов постоянно растет, а места для захоронения мусора становятся все меньше и меньше. Наиболее остро проблема стоит перед жителями населённых пунктов.

В рамках определенной проблемы особое место занимает проблема несанкционированных свалок, ухудшающих экологическую ситуацию, которые влияют на здоровье жителей. Проблему должны решать службы коммунального хозяйства, однако, недостаточная изученность ситуации, отсутствие мониторинга, неудовлетворительная работа по повышению уровня экологической культуры населения, значительно усложняет выполнение задачи.

Наблюдается тенденция к увеличению размеров старых свалок и появлению новых, в которых преобладает мусор, который имеет очень продолжительный срок исчезновения под действием природных факторов. Мусорники загрязняют природные ландшафты, являются источником загрязнения ручьев и рек, изменяющих состав растительного и животного мира. Они являются убежищем для бродячих животных, которые могут распространять опасные инфекционные болезни.

В данной дипломной работе были изучены различные методы и предложена инновационная технология для утилизации твердых отходов на примере спортивной школы Флагман.

Список используемых источников

1. Амбросова Г. Т., Матюшенко Е. Н., Синеева Н. В. Места дефосфатирования городской сточной жидкости и эффект удаления фосфора реагентами. Вода и экология: проблемы и решения. 2017. № 4 (72). С. 13–25
2. Беляев А. Н., Васильев Б. В., Маскалева С. Е. Удаление азота и фосфора на канализационных очистных сооружениях. Водоснабжение и санитарная техника. 2008. № 9. С. 39–43.
3. Биоорганический препарат для обработки растений: пат. 2011/084085 Российская Федерация: МПК A1C0SF11/10. №РСТ/RU2010/000738 ; заявл. 07.12.2010 ; опубл. 14.07.2011.
4. Бондарев А.А. Биологическая очистка промышленных сточных вод от соединений азота: автореф. дис. на соиск. научн. степени докт. техн. наук: 05.23.04. Москва, 1990. 50 с.
5. Беглов Б.М., Намазов Ш.С. Нитрат кальция. Его свойства, получение и применение в сельском хозяйстве. Ташкент, 2011. 280 с.
6. Гандурина Л. В., Пислегина О. А. Очистка концентрированных сточных вод с применением коагулянтов и флокулянтов. Вода, технология и экология. 2017. № 2. С. 39–42.
7. Гандурина Л. В. Реагентный способ удаления соединений фосфора из сточных вод. Водоснабжение и санитарная техника. 2018. № 6. С. 18–20.
8. Гомеля Н.Д., Красильников Т.Н., Яцюк П.А. Получение и оценка эффективности новых алюминиевых коагулянтов в процессах обесцвечивания воды. Экотехнологии и ресурсосбережение. 2016. № 3. С. 51–55.
9. Дрейер А.А., Сачков А.Н., Никольский К.С., Маринин Ю.И., Миронов А.В.. Твердые промышленные и бытовые отходы, их свойства и переработка. М.: 2007. -156 с.

10. Евилевич А.З., Евилевич М.А. Утилизация осадков сточных вод. Л.: Стройиздат, 1988. 248 с.
11. Жалдакова З.И., Полякова О.Е., Сеницина О.О. Гигиеническая оценка безопасности реагентов. Водоснабжение и санитарная техника. 2014. № 1. С. 9–11.
12. Завалин А.А., Чеботарь В.К., Ариткин А.Г., Сметов Д.Б. Биологизация минеральных удобрений как способ повышения эффективности их использования. Достижения науки и техники АПК. 2015. № 9. С. 45–47.
13. Запольский А. К., Мильнер А. А., Рыжук Н. П. Синтез высокоосновных коагулянтов на основе сульфата железа (III). Химия и технология воды. 1985. Т. 7, № 6. С. 70–73.
14. Инструкция по проектированию и эксплуатации полигонов для твердых бытовых отходов. Разработана АКХ им. Памфилова. – М., Стройиздат, 1983.
15. Крючихин Е.М., Николаев А.Н., Жильникова Н.А., Большаков Н.Ю. Методы очистки городских сточных вод от биогенных элементов. Водочистка. 2017. № 1. С. 30–34.
16. Куфтов А.Ф. Девисилов В.А., Котельников Ю.В. Переработка отходов птицеводства, животноводства и осадков городских сточных вод. Экология и промышленность России. 2008. С. 9–20.
17. Мамченко А. В., Герасименко Н. Г., Дешко И. И. Эффективность использования смешанных реагентов на основе солей алюминия и железа для очистки воды. Химия и технология воды. 2016. Т. 6, № 6. С. 582–592.
18. Мельников Л. Ф. Органоминеральные удобрения. Теория и практика их получения и применения: монография. Санкт-Петербург: СПбГПУ, 2007. 306 с. 81.

19. Методы переработки и утилизации твердых бытовых отходов // Цгоев Т. Ф., Шеверева М. [Электронный ресурс]: Ассоциация «Чистый город», 2016.: http://www.nacc.spb.ru/index.php/tekhnicheskayainformatsiya/biblioteka/publikatsii/90_metodypererabotki-i-utilizatsii-tvjordykh-bytovykh-otkhodov/ (дата обращения: 12.09.2022).
20. Мягков М.И., Алексеев Г.И., Олышанецкий В.А., Твердые бытовые отходы, Л-д: Стройиздат, 1978
21. Наркевич И. П., Печковский В. В. Утилизация и ликвидация отходов в технологии неорганических веществ. Москва, 1994. 240 с
22. Никифоров В. В., Малеваный М. С., Козловская Т. Ф., Новохатько О. В., Дегтярь С. В. Исследование путей комплексной биотехнологической переработки синезеленых водорослей. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2016. Т. 5, №10 (83). С. 11–18
23. Пан Л.С., Бахирева О.И., Зелина М.А., Кочина Е.А. Микробиологический метод очистки сточных вод от аммонийного азота. Вестник ПНИПУ. 2017. № 4. С. 37–47.
24. Проблемы развития безотходных производств/ Б. Н. Ласкорин и др. -М.: Стройиздат, 2011. - 207с
25. Пындак В.И., Помогаев Е.Ф. Нетрадиционные высокоэффективные комплексные удобрения, их действие и последствие при возделывании картофеля. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2011. № 2 (22). С. 1–6. 289
26. Пупин В. Б. Производство органоминеральных удобрений – путь к экономии ресурсов, повышению эффективности сельхозпроизводства и решению экологических проблем. Промышленная теплотехника. 2019. т. 31, № 5. С. 97–101.

27. Семенова Е.Н., Сироткин А.С. Процессы биотрансформации азота в технологиях очистки сточных вод. Вестник Казанского технологического университета. 2018. № 1. С. 42–52.
28. Сметанин В.И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления: Учеб. пособие для студентов вузов – М.: Колос, 2000. – 229 с.
29. Способ получения органоминеральных удобрений: пат. 2350587 Российская Федерация: № 2007125368/12; заяв. 05.07.2007; опубл. 27.03.2009 ; Бюл. №9.
30. Способ подготовки сырья для анаэробной переработки органических отходов и установка для его осуществления: пат. WO 2015/030624 A1 Российская Федерация. № 2006110378/15, РСТ/RU2014/000103; заявл. 19.02.2014, опубл. 05.03.2015.
31. Степанова С. В., Шайхиев И. П., Шакиров Ф. Ф. Использование отработанных катализаторов сероочистки на базе Al_2O_3 для получения коагулянтов, используемых в процессах очистки сточных вод. Ресурсоэффективность и энергосбережение: междунар. симп. нояб. 2005 г. Казань, 2015. С. 424–428.
32. Твердые отходы (возникновение, сбор, обработка и удаление) / Под ред. Ч. Мантелла. М. : Стройиздат, 2009. 519 с. 64.
33. Хенце М. Очистка сточных вод. М.: Мир, 2018. 471 с. 52.
34. Хомяков Д. М. Некоторые проблемы использования осадка сточных вод на удобрение. Земледелие. 2011. № 8. С. 62–65
35. Щербинин А.М. Технологическое моделирование комбинированного процесса биологического удаления фосфора из сточных вод: автореф. дисс. на соискание научн. степени канд. техн. наук: 03.01.06. Щелково, 2011. 26 с
36. Яппаров И. А., Газизов Р. Р., Исмагилов З. Р. Разработка удобрительного состава на основе наноразмерных бурого угля и глауконита и влияние его на урожайность сельскохозяйственных

культур. Вестник технологического университета. 2016. Т. 19, № 23. С. 170–173.

37. A new sludge-derived organo-mineral fertilizer gives similar crop yields as conventional fertilizers / Lynda K. Deeks and oth. *Agronomy for Sustainable Development*. 2013. Vol. 1. P. 539–549

38. He L., Zhong Z., Yang H. Effects on soil quality of biochar and straw amendment in conjunction with chemical fertilizers. *Journal of Integrative Agriculture*. 2017. Vol. 16. P. 704–712.

39. Kalinichenko K. V., Nikovskaya G. N. Principles of Municipal Sewage Sludge Bioconversion into Biomineral Fertilizer. *International Journal of Environmental and Ecological Engineering*. 2014. Vol. 8, № 1. P. 5–7.

40. Koutev V., Slavov D. Technology of Organic and Organic-mineral Fertilizers Production from Poultry Manure. *Ecology And Future. Bulgarian Journal of Ecological Science*. 2009. Vol. 8, № 3. P. 24–27.

41. Mathioudakis D., Premetis I., Michalakidi S., Papadopoulou K., Lyberatos G. Anaerobic Co-digestion in a Pilot-Scale Periodic Anaerobic Baffled Reactor (PABR) and Composting of Animal By-Products and Whey. *Waste and Biomass Valorization*. 2019. Vol. 10, Issue 6. P.1469–1479.

42. Method for producing organic and organo-mineral fertilisers with high carbon concentration using physical and biological process. Pat. 2798880 Canada : C02F17/00, C02F15/00 ; stated 07.05.2009, posted 08.11.2012.

43. Organomineral phosphate fertilizer from sugarcane byproduct and its effects on soil phosphorus availability and sugarcane yield / B. Montes and oth. *Geoderma*. 2019. Vol. 339. P. 20-30.

44. Tsaia S., Liuc C., Yangab S. Microbial conversion of food wastes for biofertilizer production with thermophilic lipolytic microbes. *Renewable Energy*. Vol. 32, Issue 6. P. 904–915.