



МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»)

ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
КАФЕДРА ГЕОГРАФИИ И МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ГЕОГРАФИИ

Эколого-экономические аспекты переработки твердых бытовых отходов

Выпускная квалификационная работа по направлению
05.03.06 Экология и природопользование
Направленность программы бакалавриата
«Природопользование»
Форма обучения очная

Проверка на объем заимствований:

71,15 % авторского текста

Выполнил:

студент группы ОФ-401/058-4-1
Синельников Алексей Романович

Работа рекомендованна к защите

« 07 » 06 2023 г.

Зав. кафедрой географии и МОГ

 Малаев А. В.

Научный руководитель:

кандидат биологических наук,
доцент


Лиходумова Ирина Николаевна

Челябинск

2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ.....	6
1.1 Понятие и классификации твёрдых бытовых отходов.....	6
1.2 Эколого-экономические аспекты захоронения полигонах и естественного разложения.....	8
1.3 Эколого-экономические аспекты сортировки твёрдых бытовых отходов.....	11
1.4 Эколого-экономические аспекты термохимической переработки.....	14
1.4.1 Эколого-экономические аспекты термохимической переработки органических отходов.....	14
1.4.2 Эколого-экономические аспекты термохимической переработки бумажных отходов.....	17
1.4.3 Эколого-экономические аспекты термохимической переработки пластиковых отходов.....	20
1.4.4 Эколого-экономические аспекты термохимической переработки смешанных твердых бытовых отходов.....	22
1.5 Эколого-экономические аспекты биометрического компостирования.....	25
ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ.....	29
ГЛАВА 2. ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	31
2.1 Проблемы сбора, захоронения и утилизации твердых бытовых отходов в Челябинской области.....	31
2.2 Переработка твердых бытовых отходов в Челябинской области.....	36
2.3 Экономические потери Челябинской области при переработке	

твердых бытовых отходов.....	40
ВЫВОД ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ.....	44
ГЛАВА 3. НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ.....	45
3.1 Переработка пищевых отходов.....	45
3.2 Переработка бумаги и картона.....	47
3.3 Получение энергии из отходов.....	49
3.4 Переработка шин.....	53
3.5 Аэробно-биотермическое компостирование.....	56
ВЫВОД ПО ТРЕТЕЙ ГЛАВЕ.....	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	59
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	60

ВВЕДЕНИЕ

Неэффективное обращение с твердыми отходами в Российской Федерации приводит к опасному загрязнению окружающей среды, нерациональному использованию природных ресурсов и значительному экономическому ущербу. Одной из главных задач в области охраны окружающей среды является решение проблем обезвреживания и переработки бытовых и промышленных отходов. [6]

Твердые промышленные и бытовые отходы, представляют огромную угрозу экологическому балансу в природе и в то же время являются бесплатными экономически значимыми с экономической точки зрения видами сырья для производства черных и цветных металлов, для энергетики, для производства натуральных экологически чистых биохимических удобрений, бытовых товаров, а также изделия для отделочных и строительных работ, для отраслей, связанных с текстильной промышленностью, для металлургии, машиностроения и т.д. Неиспользуемые отходы - это миллиарды тонн безвозвратно утраченных материальных ресурсов, изъятых из хозяйственного оборота, многих видов которых в стране практически больше нет. [9]

Актуальность темы обусловлена увеличением объема твердых бытовых отходов в крупных городах России и отсутствием методического инструментария для проведения экономических оценок условий и вариантов утилизации твердых бытовых отходов с учетом экологического ущерба от их размещения на полигонах и свалках.

Цель: изучить эколого-экономические аспекты переработки ТБО в Челябинской области

Задачи:

1. Изучить отечественный и зарубежный опыт захоронения и переработки ТБО.

2. Проанализировать динамику объемов и структуру ТБО в России и Челябинской области
3. Ознакомиться с особенностями переработки ТБО на примере Челябинской области.
4. Определить наиболее перспективные пути утилизации бытовых отходов в Челябинской области.

Объект исследования: твёрдые бытовые отходы

Предмет исследования: пути переработки твёрдых бытовых отходов.

Научная новизна: проведены расчёты экономических потерь Челябинской области из-за неполной сортировки и переработки ТБО.

Практическая значимость: данная работа может способствовать модернизации методов переработки ТБО в Челябинской области.

ГЛАВА 1. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

1.1 Понятие и классификации твердых бытовых отходов

ТБО - предметы и материалы, утратившие в ходе эксплуатации свою потребительскую ценность. К ним относится неорганический, то есть бытовой, мусор и органический – пищевые продукты. [12] В таблице 1 представлено влияние ТБО на окружающую среду.

Таблица 1 Воздействие ТБО на окружающую среду

Стадия	Воздействие		
	Атмосферный воздух	Почва	Поверхностные воды
1	Диоксид углерода, оксиды азота и серы, метан	Захламление земель, биологические организмы	Загрязнение происходит, если ТБО попадают в водоем
2	Диоксид углерода, оксиды азота и серы, метан (незначительные содержания)	Загрязнение грунтов загрязняющими веществами от спецтехники	Отсутствует
3	Свинец, цинк, ртуть, кадмий, полициклические ароматические углеводороды, полихлорированные бифенилы, диоксины, хлорфенолы и хлорбензолы (в пределах ПДК)	Частицы золы и шлаков, оседающие на поверхность почвы	Диоксины и фураны (в пределах ПДК)
4	Все вышеозначенное	Все вышеозначенное	Все вышеозначенное

На сегодняшний день ТБО в Российской Федерации имеет следующий состав, который представлен на рисунке 1. Так же на рисунке 2 представлены объёмы ТБО в России в период с 2018 по 2022 год.



Рисунок 1- Морфологический состав ТБО в России на 2020 г. (% вес)



Рисунок 2 – Объёмы ТБО в России в период с 2018 по 2022 год

На данный момент в России используют следующие виды утилизации ТБО[3]:

1. Захоронение на свалках и естественное разложение.

2. Комплексная сортировка с утилизацией выделенных компонентов.
3. Термическая переработка.
4. Биометрическое компостирование.

Пути захоронения и переработке ТБО можно представить в следующей схеме (рисунок 3).



Рисунок 3 – Пути захоронения и переработки ТБО

1.2 Эколого-экономические аспекты захоронения полигонах и естественного разложения

Экологические аспекты захоронения на полигонах твердых бытовых отходов.

Проблема естественного разложения заключается в том, что только пищевые отходы разлагаются в короткие сроки, примерно 30 дней. Остальным составляющим ТБО на это нужно гораздо больше времени. [27]

При решении задач, связанных с размещением и эксплуатацией полигонов ТБО, возникает ряд экологических проблем, которые в большинстве своем пока не нашли решения. К важнейшим из них относится негативное воздействие на различные компоненты окружающей среды в зоне расположения полигонов ТБО. Значительная доля этих воздействий

обусловлена наличием в теле полигона токсичных веществ. В качестве примера негативного воздействия полигонов ТБО на окружающую среду можно выделить их отрицательное воздействие на санитарно-гигиенические условия проживания людей в городских зонах, прилегающих к территории полигонов. Неприятный запах от полигонов (даже уже законсервированных) распространяется ветровыми потоками на несколько километров, создавая неблагоприятные условия жизнедеятельности на территории городских застроек. Таким образом, создание, эксплуатация и закрытие полигонов ТБО на территории различных стран влечет за собой возникновение ряда экологических проблем, связанных с рассмотрением в отдаленной перспективе полигонов ТБО как вторичных источников загрязнения окружающей городской среды.

Места захоронения ТБО являются источниками распространения загрязняющих веществ в различных компонентах окружающей среды, оказывая негативное воздействие на нее в течение длительного периода времени. Именно с возникновением и наличием опасности бесконтрольного загрязнения окружающей среды связано понятие экологического риска.

На этапе взвешивания выявлены вредные выбросы в атмосферу: выхлопных газов (оксид углерода-60 г; углеводороды-5,9 г; оксиды азота-2,2 г; взвешенные частицы-0,22 г; диоксид серы-0,17 г; свинец-0,49 г; бензапирен- 14×10^{-6} г), и воздействия шума (до 92 дБА) и вибрации (от 76 до 85 дБ). На этапе транспортировки отходов по территории полигона на окружающую среду наблюдаются воздействия следующих факторов: выбросы от автотранспорта (мусоровоза) на 1км пробега (оксид углерода-60 г; углеводороды-5,9 г; оксиды азота-2,2 г; взвешенные частицы-0,22 г; диоксид серы-0,17 г; свинец-0,49 г; бензапирен- 14×10^{-6} г); воздействия шума (до 92 дБА) и вибрации (от 76 до 85 дБ). На этапе разгрузки мусоровоза наблюдаются следующие виды негативного воздействия: выбросы от автотранспорта (мусоровоза) на 1км пробега (оксид углерода-120 г; углеводороды-10,6 г; оксиды азота-4,3 г; взвешенные частицы-0,45 г;

диоксид серы-0,38 г; свинец-1,02 г/с; бензапирен- 22×10^{-6} г), воздействия шума (до 98 дБА) и вибрации (от 82 до 87 дБ). На этапе уплотнения отходов при работе бульдозеров или катков уплотнителей окружающая среда подвергается воздействию по следующим показателям: выбросы от двигателя бульдозера (оксид углерода - от 0,137 до 0,342 кг/ч; углеводороды - от 0,072 до 0,415 кг/ч; оксиды азота - от 0,54 до 0,515 кг/ч; взвешенные частицы - от 0,003 до 0,112 кг/ч), тепловое воздействие, акустическое воздействие (до 99 дБА), вибрационное воздействие (от 85 до 90 дБ), пылевое загрязнение.

На территории хозяйственной зоны наблюдаются следующие виды негативного воздействия на окружающую среду: выбросы в атмосферу от котельной, сточные воды, отходы и расходные материалы от административно-бытовых помещений, сточные воды при мойке автомобилей, металлическая пыль от мастерской, масло от места стоянки транспортных средств и техники. Экологический ущерб окружающей среде при эксплуатации полигонов ТБО обусловлен образованием в результате биохимических процессов фильтрата и биогаза в толще свалочные тела. [16]

Экономические аспекты захоронения на полигонах твердых бытовых отходов.

1. Затраты на строительство и эксплуатацию полигонов: Строительство и эксплуатация полигонов для захоронения ТБО может быть дорогим процессом, который требует значительных инвестиций. Кроме того, затраты на поддержание полигонов, обеспечение безопасности и утилизацию отходов могут быть значительными.

2. Налоги и пошлины: Правительство может взимать налоги или пошлины на захоронение ТБО на полигонах, чтобы снизить количество отходов и стимулировать переработку. Это может повысить стоимость захоронения и сделать его менее доступным для некоторых компаний.

3. Потенциальные потери материальных ресурсов: Захоронение ТБО на полигонах может привести к потере ценных материалов, которые могут быть

переработаны и использованы повторно. Это может привести к потере экономической выгоды для компаний и общества в целом.

4. Отсутствие создания новых рабочих мест: Захоронение ТБО на полигонах не создает новых рабочих мест, что может быть негативным для экономики региона. В то же время, переработка ТБО может создавать новые рабочие места и способствовать развитию отрасли.

1.3 Эколого-экономические аспекты сортировки твёрдых бытовых отходов

Экологические аспекты сортировки твёрдых бытовых отходов.

Основная цель комплексной сортировки — максимальное механизированное извлечение из всей массы ТБО утильных компонентов.

Сепарацию ТБО в основном рассматривают как способ улучшения «традиционных» методов их переработки (повышается качество компоста за счет изъятия балластных фракций, снижается засорение колосниковой решетки при сжигании мусора), а не только как метод, позволяющий утилизировать некоторые ценные компоненты ТБО.

На первой стадии процесса ТБО освобождаются от пластмассовых мешков. Далее на колосниковом грохоте отходы разделяют на три фракции. Крупная фракция после электромагнитной сепарации направляется на сжигание, мелкая - на компостирование. Наиболее целесообразно, отделение утильных компонентов из средней фракции. Бумага отсасывается при перегрузке материала специальными установками.

Черный металлолом извлекают магнитным сепаратором, текстиль - барабанной вильчатой установкой. Оставшийся после отбора бумаги, текстиля, черного металла материал средней фракции направляется на грохот, где в свою очередь разделяется на три фракции. Мелкая фракция, как и после первого грохочения, направляется в отделение компостирования, средняя и крупная - к машинам для отделения бумаги. Далее материал поступает в машины для отделения органической части, пригодной для

производства кормового вещества. Бумага ленточными конвейерами подается на бумагоочистительное сито для окончательной продувки и очистки, а затем на пресс, где упаковывается в кипы, готовые к отправке.

Отходы разделяют на две части. Одна из них, содержащая ценные органические вещества, подается в цех для приготовления кормовых веществ, другая, содержащая в основном стекло, кости, проходит через магнитные сепараторы и сепаратор балласта и подается в машину для отделения стекла и костей. Лом черного металла, отобранный магнитными сепараторами, направляют для очистки в печь. Очищенный металл поступает на пресс для упаковки. Пищевые отходы после промывки водой при сильном встряхивании направляют на дробилку с режущими ножами. Раздробленный материал поступает в стерилизатор, куда подают пар. Внутри стерилизатора расположен смеситель, перемешивающий материал в процессе стерилизации. Материал находится в стерилизаторе 40-50 мин и нагревается до 100-110 °С. Такая температура является достаточной для инактивации всей патогенной микрофлоры. Стерилизатор работает циклично. Разгрузка производится автоматически переключением лопастей, перемешивающих и перемещающих материалы. Обезвреженный материал поступает во вращающуюся сушильную камеру. В момент поступления в камеру он аэрируется воздухом, нагретым до 80 °С, и переносится вверх, где в течение 20-25 мин подвергается действию воздуха, нагретого до 100 °С и выше. В процессе сушки влажность материала снижается до 10-12 %.

Стерильный и просушенный материал смешивают с кукурузой, витаминами и минеральными веществами. Готовая смесь направляется в установку для превращения в гранулы. Полученный кормовой продукт отвечает гигиеническим требованиям и обладает химическими свойствами, необходимыми для кормления всех животных, хотя ввиду его особенностей рекомендуется для кормления жвачных животных.

Производственная зона изготовления кормового продукта (стерилизация) надежно отделена от зон сортировки и переработки отходов. Перемещение персонала между зонами не допускается.

Органическое вещество с низкой кормовой ценностью частично направляется в биотермические барабаны для получения компоста. В последние годы фирма вместо компоста выдает новую продукцию: белково-органическое удобрение в виде сухих гранул, которые экспериментально использовались в качестве топлива. Новый процесс предусматривает приостановку ферментации, разогрев с высушиванием, дополнительную очистку от балласта. [2]

Экономические аспекты сортировки твёрдых бытовых отходов.

1. Инвестиции в оборудование и технологии: Сортировка ТБО требует значительных инвестиций в оборудование и технологии, которые могут быть дорогими. Кроме того, затраты на поддержание оборудования и обучение персонала также могут быть значительными.

2. Экономические выгоды от переработки: Сортировка и переработка ТБО может привести к созданию новых рабочих мест и экономической выгоде для компаний. Некоторые материалы, такие как металлы и пластик, могут быть переработаны и использованы повторно, что может снизить затраты на закупку новых материалов.

3. Налоги и пошлины: Правительство может взимать налоги или пошлины на процесс сортировки и переработки ТБО, чтобы стимулировать компании к сокращению количества отходов и увеличению переработки. Это может повысить стоимость процесса, но также может привести к снижению объема отходов.

4. Утилизация не перерабатываемых отходов: Некоторые отходы, такие как определенные виды пластика и бумаги, не могут быть переработаны и должны быть утилизированы. Это может привести к дополнительным затратам на обработку и захоронение этих отходов. 5. Влияние на цены на рынке: Сокращение количества отходов может привести к увеличению цен

на рынке, так как спрос на переработанные материалы может возрасти. Это может иметь как положительный, так и отрицательный эффект на экономику в целом.

1.4 Эколого-экономические аспекты термохимической переработки

В США в период с 2010 по 2022 год проводились различные исследования, результаты которых представлены ниже.

1.4.1 Эколого-экономические аспекты термохимической переработки органических отходов

Экологические аспекты термохимической переработки органических отходов.

Был исследован каталитический сопирилиз кухонных отходов и шинных отходов в атмосфере N_2 . Результат показал, что высвобожденный генераторный газ имеет состав групп CO_2 , CO , NO , NH_3 , SO_2 , $C-H$ и $C=C$. Кинетические исследования показали, что энергия активации снижалась при соотношении исходного сырья 5:5, а также отмечалось улучшение термического разложения при том же соотношении (5:5).

Процесс пиролиза проводили с использованием отходов крупы и арахисовой крошки до $800\text{ }^\circ\text{C}$, а образцы анализировали с помощью термогравиметрического анализатора в прерывистом диапазоне температур $480-530$, $550-600$, $650-700$ и $750-800\text{ }^\circ\text{C}$. Наиболее высокий состав водорода наблюдается примерно при $750-800\text{ }^\circ\text{C}$. Выделение газа из зерновых отходов увеличилось примерно при $540\text{ }^\circ\text{C}$. Сообщается, что минимальная теплотворная способность отходов зерновых и отходов арахисовой крошки составляет $11,2\text{ МДж/м}^3$ и $17,6\text{ МДж/м}^3$ соответственно. Выход биоугля составил 22% при теплоте сгорания $31,44\text{ МДж/кг}$. Следы тяжелых металлов также присутствовали в биоугле. [11]

Воздушная газификация древесной щепы и травяных пеллет исследовалась в электрически нагреваемом пузырьковом кипящем слое при температуре 650, 750 и 800 °С. Эксперимент показал, что при 800 °С перепад давления остается постоянным и предпочтительнее для окисления древесной щепы. Соответствующее содержание водорода и монооксида углерода составляло 16,9% и 20% для древесной щепы и 17,2% и 18,8% для древесных гранул. Газификация травяных гранул не удалась из-за агломерации и снижения конверсии углерода. Преобразование углерода в древесную щепу и пеллеты составило 75% и 70% соответственно.

Производство биотоплива также осуществляется путем сухой торрефикации в качестве предварительной обработки дворовых отходов. Эксперимент проводился при температуре 170, 200, 250 и 300 °С в трубчатом реакторе в атмосфере N_2 , CO_2 и дымовых газов (25:75 $CO_2 : N_2$ об.%). Температура играла более важную роль, чем газ-носитель, повышение температуры увеличивало более высокую теплотворную способность и уменьшало массу и выход энергии. Среди трех газов CO_2 считается лучшим газом с повышенной теплотворной способностью и выходом энергии. N_2 газ также обеспечивает заметно более высокую теплотворную способность при высокой температуре. Дымовой газ оказался наименее эффективным газом-носителем даже при 250 °С. Экспресс-анализ показал, что торрефикация снижает содержание влаги и повышает гидрофобность.

Недавно была предпринята попытка объединить анаэробное сбраживание и термохимическую обработку, а именно газификацию, пиролиз и гидротермальную карбонизацию при переработке твердых отходов. В этой статье оценивались шесть типов сочетания, а именно: анаэробное сбраживание-газификация, газификация-анаэробное сбраживание, пиролиз-анаэробное сбраживание, анаэробное сбраживание-пиролиз, анаэробное сбраживание-гидротермальная карбонизация и гидротермальная карбонизация-анаэробное сбраживание.

Были отмечены многие преимущества, в том числе улучшенная скорость разложения отходов, повышенная эффективность процессов, рециркуляция и повторное использование. В частности, пиролизический продукт (биоуголь) показал улучшенные возможности и универсальность для различных применений. [1]

Экономические аспекты термохимической переработки органических отходов.

1. Инвестиции в оборудование: Для проведения термохимической переработки органических отходов требуется инвестировать в специальное оборудование, которое может быть дорогим. Кроме того, затраты на поддержание и ремонт оборудования также могут быть высокими.

2. Экономические выгоды: Термохимическая переработка органических отходов может привести к созданию новых рабочих мест и экономической выгоде для компаний. Органические отходы могут быть превращены в энергию, которая может использоваться для производства электроэнергии и тепла.

3. Налоги и пошлины: Правительство может взимать налоги или пошлины на процесс термохимической переработки органических отходов, чтобы стимулировать компании к сокращению количества отходов и увеличению переработки. Это может повысить стоимость процесса, но также может привести к снижению объема отходов.

4. Влияние на цены на рынке: Термохимическая переработка органических отходов может привести к увеличению цен на рынке, так как спрос на энергию, полученную из отходов, может возрасти. Это может иметь как положительный, так и отрицательный эффект на экономику в целом.

5. Экологические последствия: Термохимическая переработка органических отходов может иметь негативное влияние на окружающую среду, если не соблюдаются соответствующие стандарты и требования. Это может повлечь за собой дополнительные затраты на очистку воздуха и воды, а также на контроль за выбросами вредных веществ. Таким образом,

термохимическая переработка органических отходов имеет много экономических и экологических аспектов, которые должны быть учтены при ее проведении. Однако, она может быть более экономически выгодной и иметь положительный вклад в развитие экономики и сохранение окружающей среды, если соблюдаются соответствующие стандарты и требования.

1.4.2 Эколого-экономические аспекты термохимической переработки бумажных отходов

Экологические аспекты термохимической переработки бумажных отходов.

Горючие твердые отходы и шлам бумажной фабрики обрабатывали методом сопирилиза. Доля шлама бумажного производства, используемого в горючих смесях шлама твердой макулатуры, составляла 10%, 30% и 50%. Из 11 идентифицированных продуктов пиролиза кислых оказалось больше. Процентное содержание спирта было максимальным для 10% смеси шлама бумажной фабрики. Увеличение доли шлама бумажной фабрики увеличило массу остатка с 17,74% до 30,47% и немного увеличилось с повышением температуры. На распределение продукта большое влияние оказало синергетическое взаимодействие между горючими твердыми отходами и осадком бумажной фабрики на основе соотношения компонентов смеси. [19]

Были определены температура, характеристический показатель, взаимодействие и энергия активации при совместном пиролизе твердых бытовых отходов (О) и шламов бумажных фабрик (Ш) и смесей твердых бытовых отходов и шламов бумажных фабрик, таких как 90О:10Ш, 70О:30Ш, 50О:50Ш, 30О:70Ш, 10О:90Ш. В качестве добавок использовали MgO и активированный уголь.

Эксперимент показал, что температура пиролиза увеличивается с увеличением доли шлама бумажной фабрики и снижается с добавлением добавок.

Результат показал, что 90О:10Ш и 70О:30Ш могут быть выбраны в качестве предпочтительных соотношений для процесса пиролиза. Средняя энергия активации, достигнутая в добавках 5% MgO и 5% активированного угля, составила 237,42 кДж/моль и 239,44 кДж/моль соответственно, и, следовательно, их можно рассматривать как потенциальные добавки.

Характеристики пиролиза, состав продуктов и кинетика совместного пиролиза твердых бытовых отходов (О) и бумажного шлама (Ш) с добавкой MgO были проанализированы. Эксперимент показал, что после добавления бумажного шлама и MgO произошло значительное снижение выбросов загрязняющих веществ и энергии активации. В исследовании сообщается, что 70О:30ш (об./об.) является подходящим соотношением смеси с MgO. Характеристики сопиролиза были дополнительно изучены путем объединения твердых бытовых отходов и бумажного шлама в атмосфере CO₂ и N₂. Исследования показали, что массовый остаток был меньше, а индекс пиролиза был выше в атмосфере CO₂, чем в атмосфере N₂ атмосфера. Индекс пиролиза смесей улучшился с катализатором.

Экспериментальное исследование было проведено с использованием отходов пальмового масла и бумажного шлама с использованием термогравиметрического анализа для изучения кинетики и характеристик сопиролиза смесей с соотношением от 10 до 90% масс. Кинетические исследования показали, что средняя энергия активации не снижается с увеличением доли отходов пальмового масла. Наблюдаемая более низкая энергия активации составила 152 кДж/моль по методу Старинка и 149 кДж/моль по методу Фридмана для 70% отходов пальмового масла. [29]

Экономические аспекты переработки бумажных отходов.

1. Инвестиции в оборудование: Для проведения термохимической переработки бумажных отходов требуется инвестировать в специальное

оборудование, которое может быть дорогим. Кроме того, затраты на поддержание и ремонт оборудования также могут быть высокими.

2. Экономические выгоды: Термохимическая переработка бумажных отходов может привести к созданию новых рабочих мест и экономической выгоде для компаний. Бумажные отходы могут быть превращены в энергию, которая может использоваться для производства электроэнергии и тепла.

3. Налоги и пошлины: Правительство может взимать налоги или пошлины на процесс термохимической переработки бумажных отходов, чтобы стимулировать компании к сокращению количества отходов и увеличению переработки. Это может повысить стоимость процесса, но также может привести к снижению объема отходов.

4. Влияние на цены на рынке: Термохимическая переработка бумажных отходов может привести к увеличению цен на рынке, так как спрос на энергию, полученную из отходов, может возрасти. Это может иметь как положительный, так и отрицательный эффект на экономику в целом.

5. Экологические последствия: Термохимическая переработка бумажных отходов может иметь положительное влияние на окружающую среду, так как это позволяет уменьшить объем отходов на свалках и использовать их в производственных процессах. Однако, если не соблюдаются соответствующие стандарты и требования, то это может повлечь за собой негативные последствия для окружающей среды.

Таким образом, термохимическая переработка бумажных отходов имеет как экономические, так и экологические аспекты. Она может быть более экономически выгодной и иметь положительный вклад в развитие экономики и сохранение окружающей среды, если соблюдаются соответствующие стандарты и требования.

1.4.3 Эколого-экономические аспекты термохимической переработки пластиковых отходов

Экологические аспекты термохимической переработки пластиковых отходов.

Было изучено влияние использованного и неиспользованного топлива из пластиковых отходов в опытно-промышленном газификаторе с неподвижным слоем с нисходящим потоком. Результаты показали, что как использованные, так и неиспользованные пластиковые отходы показали одинаковый выход синтез-газа, но более высокая теплота сгорания неиспользованного пластика (781 кДж/Нм^3) была относительно выше, чем у использованных пластиков (500 кДж/Нм^3). [22]

Пиролиз потока пластиковых отходов промышленных и бытовых пластиковых отходов исследовался с использованием микроволнового реактора из кварца на рабочей частоте 25 ГГц в атмосфере N_2 с углеродом в качестве микроволнового адсорбента. Продукты пиролиза представляли собой бионефть и биоуголь. Жидкий продукт был достаточно вязким с определенной долей ароматических соединений, которые можно использовать в качестве растворителя и прекурсора. Морфология поверхности и аморфный характер твердого продукта показали, что его можно использовать для восстановления смолы. [20]

Исследованы характеристики газификации ударопрочных полистирольных пластиков с использованием воды в сверхкритическом состоянии при температуре реакции $500\text{--}800 \text{ }^\circ\text{C}$, времени реакции 1–60 мин, давлении 22–25 МПа и концентрации исходного сырья 2–10 мас.%. Экспериментальные исследования подтвердили, что степень конверсии углерода 94,48% масс. была достигнута при $800 \text{ }^\circ\text{C}$ с концентрацией исходного сырья 3% масс. за время реакции 60 мин при давлении 23 МПа, а также сообщили, что изменение давления показало незначительное изменение эффективности газификации пластмассы. Анализ

твердого остатка показал деполимеризацию пластика, а дальнейшее протекание реакции газификации дало углеродные микросферы диаметром 0,8–1,5 мкм.

Детские подгузники производятся с использованием небiorазлагаемых пластиков и супервпитывающих полимеров, которые затрудняют их порчу. Микроволновый пиролиз использованных подгузников был исследован на предмет влияния мощности микроволн и рабочей температуры. В процессе пиролиза с помощью микроволн было получено жидкое масло (43 мас.%), газы (29 мас.%) и уголь (28 мас.%). Алканы, алкены и сложные эфиры были получены в жидком масле, которое применяется не только в качестве топлива, но и в качестве химических присадок и косметических средств. Высокое содержание углерода, меньшее содержание азота и нулевое содержание серы в полукokesе потенциально может использоваться в качестве добавки к почве и адсорбирующего агента. [8]

Экономические аспекты термoxимической переработки пластиковых отходов.

1. Снижение затрат на утилизацию: Термoxимическая переработка пластиковых отходов может снизить затраты на их утилизацию, поскольку отходы будут использованы в производственных процессах, а не отправлены на свалку или сжжены.

2. Создание новых рабочих мест: Термoxимическая переработка пластиковых отходов может привести к созданию новых рабочих мест в сфере обработки и переработки отходов, а также в производстве энергии.

3. Увеличение доходов компаний: Термoxимическая переработка пластиковых отходов может увеличить доход компаний, так как они могут продавать полученную энергию и тепло.

4. Сокращение зависимости от источников энергии: Термoxимическая переработка пластиковых отходов может снизить зависимость компаний от традиционных источников энергии, таких как уголь и нефть.

5. Повышение конкурентоспособности: Компании, занимающиеся термохимической переработкой пластиковых отходов, могут стать более конкурентоспособными на рынке, так как они будут использовать более экологически чистые и эффективные методы производства. Таким образом, термохимическая переработка пластиковых отходов также может иметь значительные экономические выгоды для компаний и общества в целом. Однако, также необходимо соблюдение соответствующих стандартов и требований в области охраны окружающей среды и безопасности труда. [26]

1.4.4 Эколого-экономические аспекты термохимической переработки смешанных твердых бытовых отходов

Экологические аспекты термохимической переработки смешанных твердых бытовых отходов.

Чаще всего отходы хранятся вместе, не разделяя их на разные компоненты. Из-за сложности твердых бытовых отходов любые исследователи изучали пиролиз смешанных твердых бытовых отходов.

Мокрая торрефикация считается лучшим способом предварительной обработки смешанных твердых бытовых отходов. Эксперименты по мокрой торрефикации проводились с использованием опавших листьев (34,67%), пищевых отходов (23,33%), растительных отходов (14,33%), фруктовых отходов (11%) и переработанного пластика (16,67%). Эффект мокрой торрефикации изучали при различных температурах (150, 175, 200 и 225 °C) в реакторе с мешалкой объемом 2,5 л. Температура 200 °C, время выдержки 30 мин и твердая загрузка 1:2,5 были рекомендованы как оптимальные условия для выхода энергии 89%. Твердый продукт процесса мокрой торрефикации имеет более высокую теплотворную способность 33,01 МДж/кг.

Влияние размера частиц и температуры на пиролиз и газификацию твердых бытовых отходов исследовали в лабораторном реакторе с неподвижным слоем в диапазоне температур 600–900 °C.

Влажность образцов была снижена до 10,2%, а в качестве исходного сырья было использовано около 20 кг твердых бытовых отходов. Использовали фракции размером менее 5 мм (33,4 мас.%), 5–10 мм (40,1 мас.%) и 10 мм (26,5 мас.%). Исследование показало, что минимизация размера частиц улучшает качество газа как при пиролизе, так и при газификации. Более высокая температура давала больше газа с меньшим количеством смолы и угля.

Исследовано влияние температуры на смесь твердых бытовых отходов, включая картон, бумагу, пластик, растительные отходы, резину и текстиль, в лабораторном вакуумном реакторе с неподвижным слоем двумя способами пиролиза: изотермическим и неизотермическим. В реактор было загружено около 500 г твердых бытовых отходов для обоих процессов с поддержанием температуры на уровне 400 °С в случае изотермического процесса. Качество бионефти было выше при неизотермическом процессе по сравнению с изотермическим процессом. Бионефть, полученная в результате изотермического процесса, имела высокое содержание кислоты, что снижало теплотворную способность. Однако исследование показало, что в продукте неизотермического процесса обнаружены следы примесей. Для превращения бионефти в чистое топливо необходимы предварительная обработка и модернизация.

Эксперименты по медленному пиролизу проводились с использованием несортированных твердых бытовых отходов, включая пластик, дворовые отходы, пищевые отходы, бумагу, текстиль, резину, пластиковый шлам и бытовые отходы. Отходы испарялись в четырех различных температурных зонах от 200 до 520 °С. При температуре выше 520 °С наблюдалось уменьшение количества бионефти. В целом, пиролизное масло продемонстрировало лучшее соотношение ароматических соединений и алканов и масляную смесь с низкой кислотностью по сравнению с неинтерактивной моделью, и ожидается, что оно будет повышаться за счет увеличения соотношения каучук-биомасса и каучук-пластик.

Проведены исследования пиролизических характеристик и кинетического поведения смешанных твердых отходов, включая дворовые отходы, пищевые отходы, текстильные отходы, бумагу, резину, полиэтилен низкой плотности, полиэтилен высокой плотности, полипропилен, полиэтилентерефталат и полистирол. Учитывая сложность твердых бытовых отходов, температура пиролиза варьировалась от 170 до 520 °С. Содержание биомассы разлагается до 480 °С с выходом полукокса от 8 до 40 мас.%. Пластиковые отходы разлагались при температуре от 300 до 480 °С с образованием от 1 до 8 мас.% угля. Однако в образцах каучука образуется большое количество полукокса (41 мас.%), а образцы каучука разлагаются в диапазоне температур от 332 до 520 °С .

Шесть типичных твердых бытовых отходов, которые включают шинную резину, переработанные гранулы поливинилхлорида, древесные опилки, бумажную смесь, кухонные отходы и текстиль, были отсортированы и проанализированы в атмосфере CO_2 и N_2 во время термического разложения с использованием ИК-Фурье-спектрометра. Автор сообщил, что аналогичные эффекты были отмечены при пиролизе нескольких отходов в атмосфере N_2 и CO_2 . CO_2 ведет себя инертно при температуре ниже 600 °С и вступает в реакцию после 600 °С. Высокотемпературный пиролиз в атмосфере CO_2 способствует крекингу полукокса, увеличивает производство синтез-газа и снижает количество кокса. [4]

Экономические аспекты термохимической переработки смешанных твёрдых бытовых отходов.

1. Снижение затрат на утилизацию: Термохимическая переработка смешанных твёрдых бытовых отходов может снизить затраты на их утилизацию, поскольку отходы будут использованы в производственных процессах, а не отправлены на свалку или сожжены.

2. Создание новых рабочих мест: Термохимическая переработка смешанных твёрдых бытовых отходов может привести к созданию новых

рабочих мест в сфере обработки и переработки отходов, а также в производстве энергии.

3. Увеличение доходов компаний: Термохимическая переработка смешанных твёрдых бытовых отходов может увеличить доход компаний, так как они могут продавать полученную энергию и тепло.

4. Сокращение зависимости от источников энергии: Термохимическая переработка смешанных твёрдых бытовых отходов может снизить зависимость компаний от традиционных источников энергии, таких как уголь и нефть.

5. Повышение конкурентоспособности: Компании, занимающиеся термохимической переработкой смешанных твёрдых бытовых отходов, могут стать более конкурентоспособными на рынке, так как они будут использовать более экологически чистые и эффективные методы производства.

6. Сокращение объема отходов: Термохимическая переработка смешанных твёрдых бытовых отходов может сократить объем отходов, отправляемых на свалку, что поможет уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

7. Получение ценных материалов: Термохимическая переработка смешанных твёрдых бытовых отходов может помочь получить ценные материалы из отходов, такие как металлы и стекло. Таким образом, термохимическая переработка смешанных твёрдых бытовых отходов имеет много экономических преимуществ, которые могут привести к улучшению экологической и экономической ситуации в обществе. Однако, также необходимо соблюдение соответствующих стандартов и требований в области охраны окружающей среды и безопасности труда. [15]

1.5 Эколого-экономические аспекты биометрического компостирования

Экологические аспекты биометрического компостирования.

Биологические отходы занимают примерно треть всех бытовых отходов. Компостирование биологических отходов позволяет получать ценный почвоулучшающий материал, а также снижает расходы на вывоз мусора.

Компостирование – это экологичный способ возвращения отходов биологического происхождения, подверженных гниению, в природный цикл. При компостировании биологических отходов выделяется в основном углекислый газ, тепло и водяной пар. Процесс компостирования в результате дает плодородную почву, обогащенную гумусом, которую можно использовать на собственном участке без необходимости тратить лишние средства на почвоулучшающие вещества.

Компостирование снижает нагрузку на свалку. Компостирование помогает предотвратить попадание растительных остатков на свалки. Компостирование не только предотвращает преждевременное заполнение свалок, но и сводит к минимуму создаваемое ими загрязнение. [10] Растительный материал не разлагается полностью при размещении на свалках. Слои мусора, погребаящие растительное вещество, создают анаэробную среду. Эта безвоздушная среда заставляет растительное вещество по мере разложения выделять газ метан. Этот мощный парниковый газ в 21 раз мощнее углекислого газа. Следовательно, компостирование помогает свести к минимуму вклад свалок в изменение климата.

Компостирование улучшает почву. Компостирование также помогает ослабить уплотнение тяжелых почв. Это помогает песчаным почвам задерживать и удерживать воду. При смешивании с почвой компост действует как губка, удерживая воду там, где она больше всего нужна корням, уменьшая количество полива, необходимого культуре. Компостирование добавляет питательные вещества и способствует росту полезных микроорганизмов, насекомых и дождевых червей. Это также помогает свести к минимуму ветровую и водную эрозию,

удерживая влагу в почве и стимулируя здоровый рост корней. В целом, компост вносит большой вклад в здоровье почвы, увеличивая шансы на успех растений. [24]

Экономические аспекты биометрического компостирования.

Компостирование снижает потребность в химикатах. Распространение компоста на посевы сводит к минимуму потребность в химических удобрениях. Компост не только обеспечивает основные питательные вещества, поставляемые химическими удобрениями — азот, калий и фосфор, — он также содержит широкий спектр микроэлементов и других питательных веществ, которых нет в химических удобрениях. Меньшее использование химических удобрений снижает связанные с ними экологические проблемы, включая загрязнение воды. Азот из этих удобрений вызывает цветение водорослей в озерах и океане, радикально изменяя прибрежную экосистему. Химические удобрения также попадают в грунтовые воды и загрязняют колодцы с питьевой водой.

- Органические отходы на свалках производят метан, мощный парниковый газ. Благодаря компостированию пищевых отходов и другой органики выбросы метана значительно сокращаются.

- Компост снижает, а в некоторых случаях и вовсе устраняет необходимость в химических удобрениях.

- Компост способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

- Компост может помочь в лесовосстановлении, восстановлении водно-болотных угодий и усилиях по возрождению среды обитания путем улучшения загрязненных, уплотненных и маргинальных почв.

- Компост можно использовать для восстановления почв, загрязненных опасными отходами, экономически эффективным способом.

- Компост может обеспечить экономию средств по сравнению с традиционными технологиями очистки почвы, воды и воздуха, где это применимо.

- Компост увеличивает удержание воды в почве.
- Компост обеспечивает секвестрацию углерода.

ВЫВОД ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ

Исходя из вышесказанного, можно отметить следующее:

Захоронение отходов на свалках и полигонах является наиболее опасным способом утилизации ТБО, так как несёт в себе загрязнение окружающей среды, почв под полигоном и подземных вод. При захоронении имеют место быть экономические потери из-за отсутствия сортировки на компоненты, также, полигон не создаёт новых рабочих мест, что может негативно сказываться на экономической ситуации в регионе. Нерациональное расположение полигона или свалки повышает тарифы за вывоз ТКО.

Сортировка с последующей утилизацией не является полноценным методом переработки, она скорее увеличивает продуктивность какого-то конкретного метода. При сортировке снижается негативное влияние выбросов при сжигании мусора или захоронении на свалках. С экономической точки зрения, сортировка выгодна тем, что даёт доступ к сырью, которое в дальнейшем можно будет переработать. Более конкретно это будет описано в главе 2.

Термохимическая переработка является наиболее универсальным методом переработки, так как подходит для всех компонентов отходов. При соблюдении всех правил эксплуатации и санитарных норм наносит минимальный вред окружающей среде. Стоимость мусоросжигательного завода составляет приблизительно 30-52 млрд. рублей, [28] с затратами на последующую модернизацию. С другой стороны, при сжигании отходов можно получать энергию, что является выгодным. Также, обслуживание завода требует создания рабочих мест, что положительно сказывается на экономической ситуации в регионе.

Биометрическое компостирование подходит для утилизации органических веществ. Данный метод является более безопасным, чем их захоронение на свалках, так как выделяет только CO_2 , тепло и водяной пар. В

результате получается компост, из которого можно произвести удобрения, что снижает потребность в химикатах, и связанные с ними экологические проблемы.

ГЛАВА 2. ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

2.1 Проблемы сбора, захоронения и утилизации твердых бытовых отходов в Челябинской области

По статистике на 2022 год лидерами по переработке отходов является: Южная Корея (67.1%), Самоа (57.6%), Бенин (56.9%), Исландия (55.5%), Австралия (52.9%). Россия в этом списке занимает 168 место, перерабатывая 5,3% отходов. [25]

По состоянию на 2022 г. В Челябинской области производится 835,7 тыс. тонн отходов, а перерабатывается 307,5 тыс. тонн силами 23 перерабатывающих предприятий. В таблицу 1 представлены данные по объёмам ТБО в Челябинской области в период с 2018 по 2022 год [13], так же данные представлены виде графика (рисунок 4).

Таблица 2 - Объёмы ТБО в Челябинской области в период с 2018 по 2022 год

Год	Масса ТБО
2018	774,06
2019	774,06
2020	790,0
2021	770,0
2022	835,7

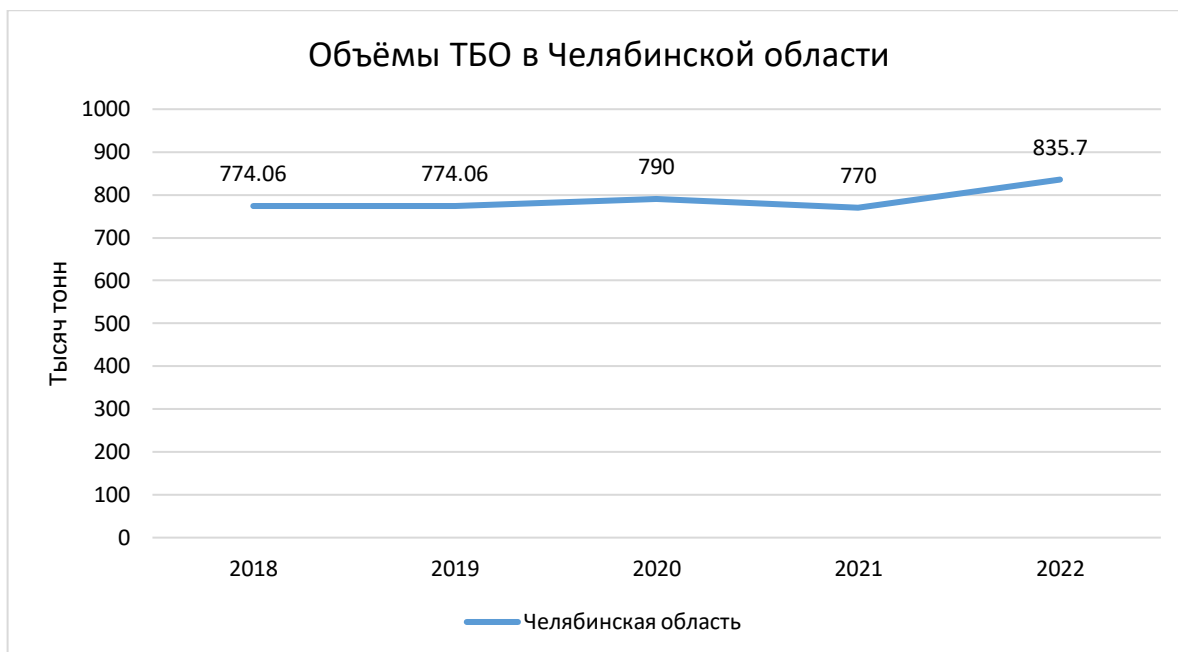


Рисунок 4 - Объёмы ТБО в Челябинской области в период с 2018 по 2022 год

Изучая динамику объёмов ТБО в Челябинской области в период с 2018 по 2022 год, можно говорить о тенденции роста объёмов ТБО: за 4 года количество ТБО увеличилось на 8%. Морфологический состав ТБО в Челябинской области на 2020 год представлен в виде диаграммы (рисунков 5).

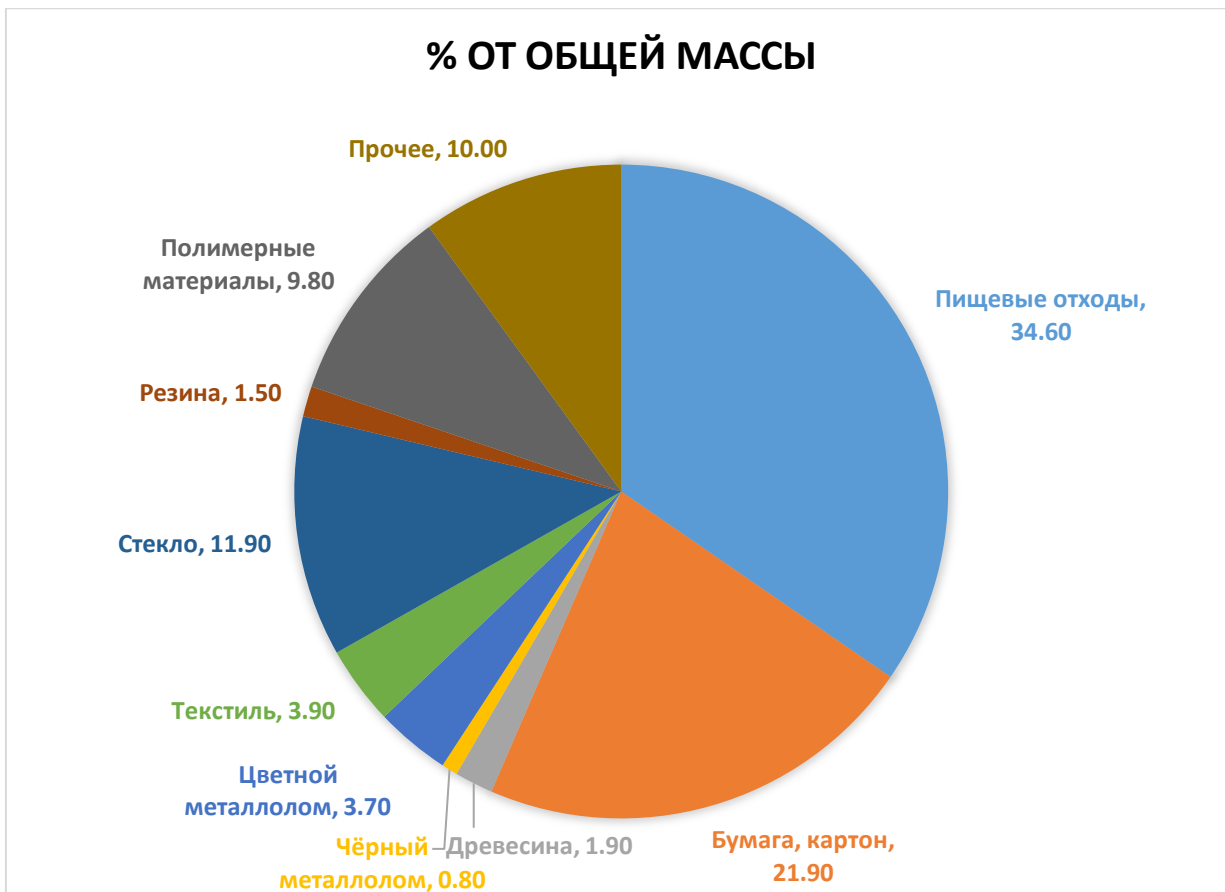


Рисунок 5 - Морфологический состав ТБО в Челябинской области на 2020 год

Нами был проведён сравнительный анализ морфологического состава ТБО России и Челябинской области за 2020 год, его результаты можно увидеть на рисунке 6.

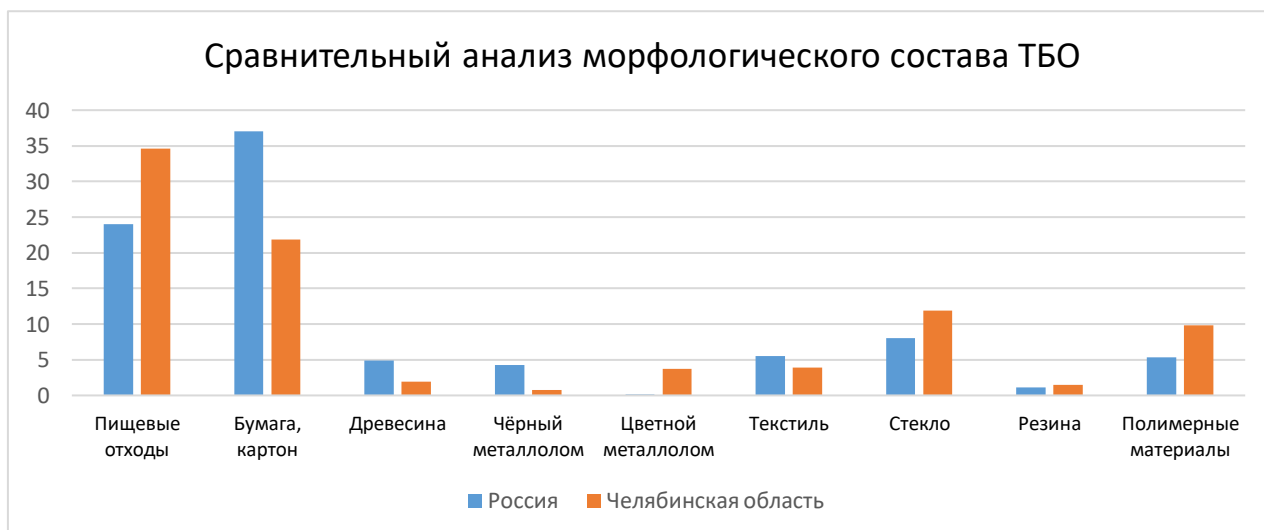


Рисунок 6 - Сравнительный анализ морфологического состава ТБО России и Челябинской области на 2020 год

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что в Челябинской области больше выбрасывается пищевых отходов, стекла и полимерных материалов, чем в России в целом.

По данным министерства экологии Челябинской области на 2022, на территории Челябинской области находится 8 полигонов ТБО (рисунок 7). В части из них помимо ТБО, складировались промышленные отходы.

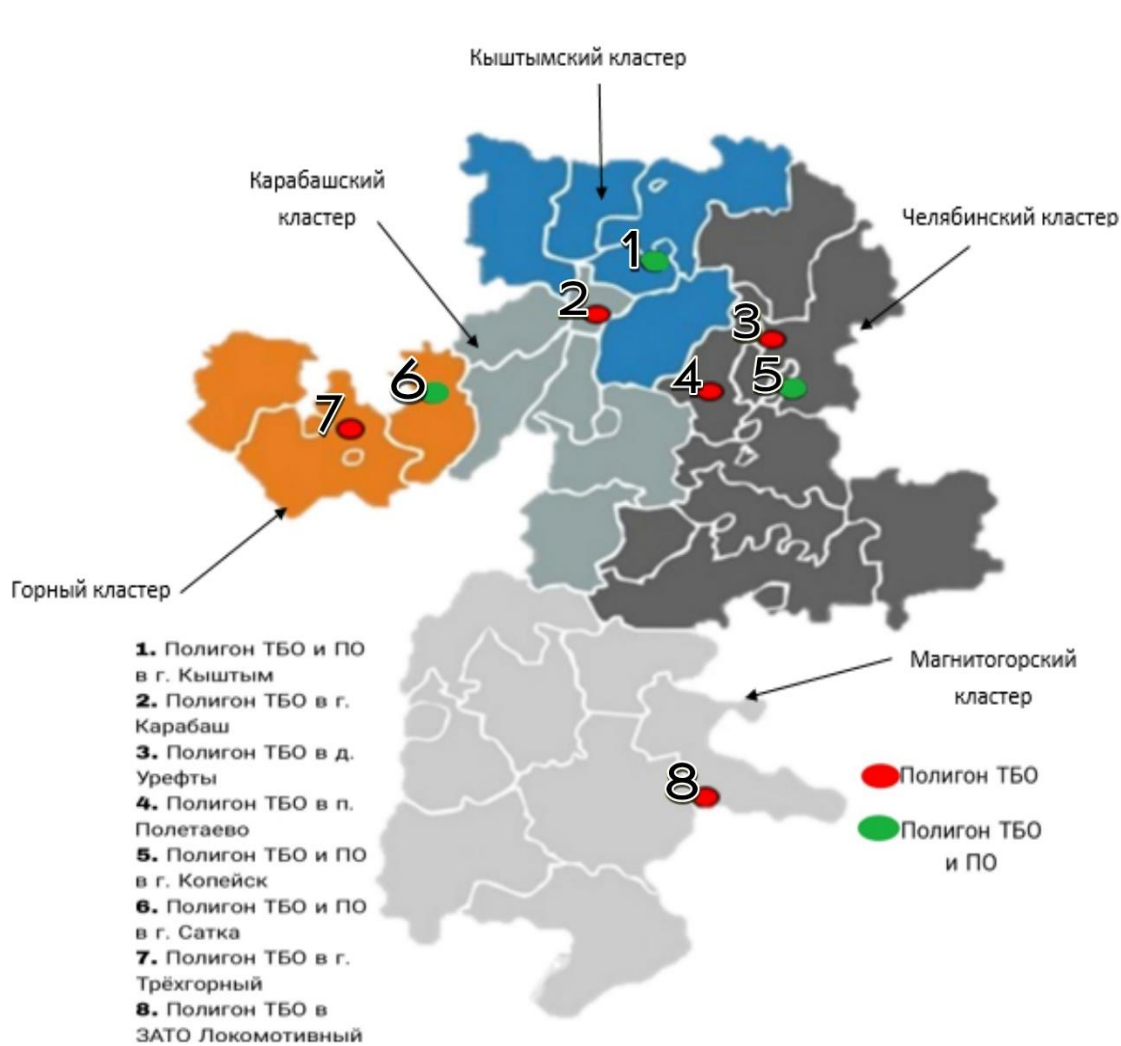


Рисунок 7 - Карта полигонов ТБО в Челябинской области

Мощности данных полигонов представлены в таблице 3.

Таблица 3 - мощности полигонов ТБО в Челябинской области

Полигон ТБО	Мощность тыс. тонн
1	2
Полигон ТБО и ПО в г. Кыштым	65.2
Полигон ТБО г. Карабаш	14.857
Полигон ТБО в д. Урефты Сосновского района	33.3
Полигон ТБО в п. Полетаево	418.432
Полигон ТБО и ПО в г. Копейск	5.121
Полигон ТБО и ПО в г. Сатка	100.0

Продолжение таблицы 3

1	2
Полигон ТБО в г. Трёхгорный	79,65
Полигон ТБО ЗАТО Локомотивный	45,0
Итого	761,56

Также, помимо 8 полигонов ТБО, в Челябинской области существуют минимум 97 несанкционированных и 88 санкционированных свалок, количество отходов на которых неизвестно. [17]

По состоянию на 2022 г. в Челябинской области находится 23 предприятия по переработке ТБО, 19 из которых находятся в г. Челябинск, 2 - в г. Магнитогорск, 1 - в г. Екатеринбург и 1 - в г. Миасс. Все они представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Предприятия по переработке ТБО в Челябинской области

№ п/п	Наименование организации	Производственная мощность, тыс. тонн/год	Тип утилизируемой фракции
1	2	3	4
1	ООО «Чистый Челябинск»	40,00	ПЭТ-тара, ПЭТ-коррекс
2	ООО "Евроцвет"	10,00	ПВХ пластик и ПВХ упаковка
3	ООО "Новополимер"	8,00	Полиэтиленовые пакеты, пленка
4	ООО ПИК «ПолиТех»	5,26	Пластик
5	ЗАО "Пластик"	5,00	Полиэтилен, ПНД, ПВД, полипропилен
6	ООО «Спецкомплекс»	2,50	Полиэтилен, ПНД, ПВД, полипропилен
7	ООО «СимВОЛ»	2,00	Пластик
8	АО «Втор-ком»	1,61	Пластик
10	АО «Втор-ком»	62,40	Древесные отходы
11	АО «Втор-ком»	28,00	Бумага, картон
12	ООО "Кнауф Гипс Челябинск"	20,00	Бумага, картон
13	ООО НПО "Пента"	15,00	Бумага, картон, пульперкартон
14	АО «Втор-ком»	9,72	Бумага, картон
15	АО «Втор-ком»	2,16	Текстиль
16	ООО «Коркинский стекольный завод»	17,00	Стекло

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4
17	ООО «ВторРесурс»	4,00	Шины. покрышки
18	ООО «Челябдорстройком»	Нет данных	Шины. покрышки
19	ООО "Завод экологических покрытий"	Нет данных	Шины. покрышки
21	АО «Южно-Уральский специализированный центр утилизации»	50,00	Офисная техника, бытовая техника, промышленное и медицинское оборудование, электроника
21	ООО "Ведущая Утилизирующая Компания"	Нет данных	Офисная техника, бытовая техника, промышленное и медицинское оборудование
22	ООО «Подъёмник»	Нет данных	Отработанные аккумуляторы
23	Рециклика (ИП Петров Максим Владимирович)	Нет данных	Офисная техника, бытовая техника, электроника

2.2 Переработка твердых бытовых отходов в Челябинской области

Существуют разные способы переработки пластиковых отходов, например, на предприятии АО «Втор-ком» пластик перерабатывают в ПЭТ-флейки (ПЭТ-флейки - дробленая ПЭТ бутылка, размер фракции 4-18 мм, без содержания примесей этикетки и клея, и других пластиков).

Схема переработки ПЭТ-тары представлена на рисунке 8.



Рисунок 8 - Схема переработки ПЭТ-тары в ПЭТ-флейки

Переработка полимеров заключается в следующем: Линия для переработки ПЭТ бутылок, комплексная линия по производству полиэфирного волокна из ПЭТ-флейков (флексов). Поступающая Пэт-бутылка раскиповывается, сортируется, отделяются сторонние предметы, промывается, измельчается до ПЭТ-флейков (флексов). Затем ПЭТ- флейки (флексы) подаются на мойку-флотацию для отделения этикетки, пробки и загрязнений. Далее флейки (флексы) поступают в центрифугу для очистки и обезвоживания, после этого, в паровой мойке ПЭТ-флейки (флексы) промываются от труднорастворимых клеев, а также других минеральных и органических загрязнений. Затем ополаскиваются и поступают на окончательное дробление, отжимаются, подсушиваются. На линии переработки ПЭТ-бутылок из отходов ПЭТ бутылки производятся ПЭТ-флейки (флексы). Комплексная линия для производства полиэфирного волокна из ПЭТ - флейков (флексов) состоит из двух основных частей: линии экструдирования (прядения) – процесс сушки сырья и формирования из расплава полиэфирного жгута и вытяжной линии – процесс многократного вытягивания жгута, извивка жгута, термофиксация, резка и прессование готового штапельного волокна в кипы. Результаты переработки полимеров представлены на рисунке 9.



Рисунок 9 - ПЭТ-флейки

Также, на предприятии перерабатывают текстиль и целлюлоза-бумажные отходы:

Процесс переработки текстильных отходов представлен на рисунке 10



Рисунок 10 - Схема переработки текстильных отходов

Процесс производства термовойлока и ватина начинается с сортировки, обработки вторичных текстильных отходов – удаления нетекстильных примесей – фурнитуры, жестких швов, элементов декора на опорочном станке. Далее текстильные отходы измельчаются и перемешиваются, разрываются на отдельные волокна, пучки нитей, мелкие клочки, затем обеспыливаются и направляется на формирование в кипы. Для производства иглопробивного термофиксированного полотна (термовойлока) используется волокно двух видов (регенерированное волокно (из разволокненных

тканевых и нетканых обрезков) и полиэфирное бикомпонентное легкоплавкое волокно). Результаты переработки текстиля представлены на рисунках 11 и 12.



Рисунок 11 - Регенерированное волокно



Рисунок 12 - Регенерированное волокно

Переработка картона и бумаги: процесс переработки картона и бумаги представлен на рисунке 13.

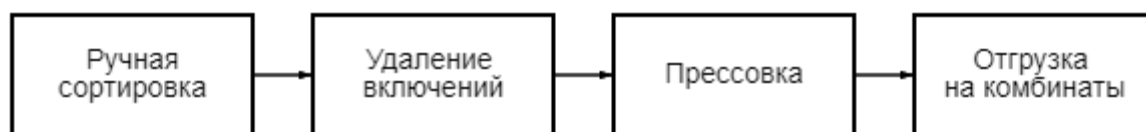


Рисунок 13 - Схема переработки картона и бумаги

Отходы бумаги и картона поступает в смеси, несортированные, россыпью, с различными включениями в виде обложек книг, пленок, пластика, металла и др. Отходы бумаги и картона сортируются вручную по маркам, в зависимости от состава, источников поступления, цвета и способности к роспуску. Извлекаются засоры, в виде книжных обложек, файлов, стрип-ленты, мусора и т.п. Далее, происходит процесс утилизации отсортированных отходов бумаги и картона путем прессования их в кипы высокой плотности с автоматической обвязкой (вес кипы определяются заказчиком дополнительно).

Полученная продукция по ГОСТ 10700-97 отгружается на картонно-бумажные комбинаты для изготовления ролевой продукции и картона плоских слоев. Результаты переработки картона и бумаги представлены на рисунке 14.



Рисунок 14 - Прессованные кипы картона

2.3 Экономические потери Челябинской области при переработке твердых бытовых отходов

Для расчётов стоимости вторичного сырья в Челябинской области нами были проанализированы стоимости переработанного сырья, данные анализа представлены на рисунке 15.

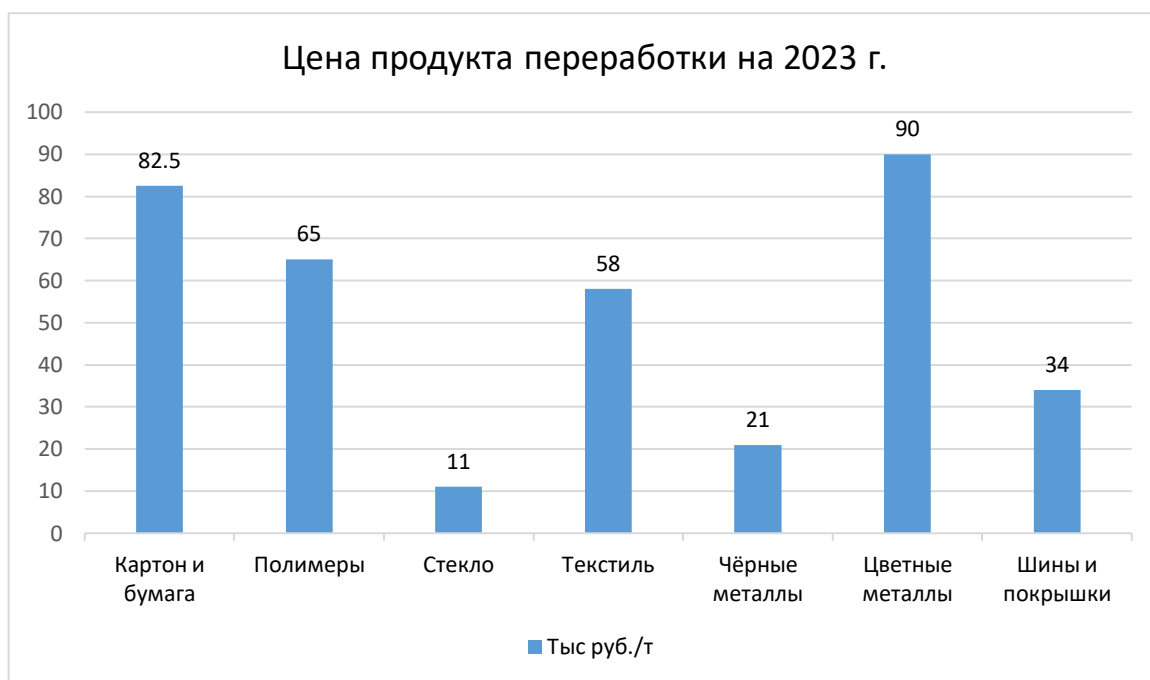


Рисунок 15 - График цен продукта переработки на 2023 год

На 2022 г. в Челябинской области перерабатывается только 307,5 тыс. тонн, а 528.2 тыс. тонн отходов подвергаются захоронению на полигонах либо сжигаются.

Проанализировав рынок вторичного сырья и морфологический состав ТБО нами проведены расчеты финансовых потерь из-за неполной их переработки. Данные по стоимости закупок представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Стоимость переработанного продукта

	Компонент ТБО	Данные для расчета стоимости
1	Картон и бумага	http://www.pechatkin.org/bumaga/gofro3x.html
2	Полимеры	http://chelyabinsk.regorg.ru/goods/t582351-pet_fleks.htm
3	Стекло	https://www.rutimex.ru/goods/237331816-stekloporoshok_stekolnaya_pyl_fr_0_120_mkm
4	Текстиль	http://ivanovo.regorg.ru/goods/t1124574-vata_belaya_rv_regenerirovannoe_beloe_volokno.htm
5	Чёрные металлы	https://74vtormet.ru/products/
6	Цветные металлы	https://74vtormet.ru/products/
7	Шины и покрышки	https://chlb.gumbit.ru/rezinovaya-kroshka/

Морфологический состав ТБО который не перерабатывается на 2022 представлен в таблице 6.

Таблица 6 - Морфологический состав не перерабатывающихся ТБО на 2022 ГОД

	Вторичное сырьё	Тонны
1	Картон и бумага	107.78
2	Полимеры	6.14
3	Стекло	82.45
4	Текстиль	30.43
5	Чёрные металлы	6.69
6	Цветные металлы	30.92
7	Шины и покрышки	8.55

Не всё сырьё перерабатывается в соотношении 1:1, так, например, картон и бумага -1:0.85, полимеры - 1:0.8, текстиль – 1:0,1 эти данные нужно учитывать при расчётах экономических потерь переработки.

Расчёт производился по следующей методике:

1. Анализ рынка переработанной продукции.
2. Расчёт массы фракций ТБО не подвергающихся переработке.
3. Расчёт массы готовой продукции после переработки.
4. Расчёт стоимости готовой продукции, по состоянию на 2023 год.

В таблице 7 приведены данные по экономическим потерям Челябинской области из-за неполной переработки ТБО.

Таблица 7 - Экономические потери неполной переработки ТБО в Челябинской области

Продукт переработки	Стоимость т.р.
Картон и бумага	7558.07
Полимеры	339.24
Стекло	906.95
Текстиль	176.50
Чёрные металлы	140.49
Цветные металлы	2782.80
Шины и покрышки	290.09
Итого	12195.13

Таким образом, по предварительной оценке, из-за неполной переработки отходов Челябинская область ежегодно теряет 12,195 млн р. Так же, была рассчитана прибыль от переработки ТБО, результаты которой представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Прибыли от переработки ТБО в Челябинской области

Продукт переработки	Стоимость т.р.
Картон и бумага	5099.5
Полимеры	3867
Стекло	187
Текстиль	12.528
Шины и покрышки	136
Древесные отходы	343.2
Итого	9645.5

По предварительной оценке, прибыль от частичной переработки отходов Челябинская область получает 9,3 млн. р.

ВЫВОД ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ

Исходя из вышеперечисленных данных, можно сделать вывод, что в регионе не хватает предприятий по переработке стекла, целлюлозно-бумажной продукции и текстиля.

ГЛАВА 3. НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Исходя из опыта переработки ТБО в мире и особенностей морфологического состава ТБО в Челябинской области, нами изучены различные способы переработки ТБО и предложены следующие наиболее перспективные пути утилизации ТБО.

3.1 Переработка пищевых отходов

Одним из перспективных методов переработки пищевых отходов, является переработка в биогазовых установках.

Биогазовые установки: Это технология, которая использует бактерии для разложения органических отходов и производства биогаза. Биогаз может быть использован для генерации электроэнергии или тепла. Этот метод является одним из самых эффективных способов переработки пищевых отходов.[7] Схема биогазовой установки представлена на рисунке 16.

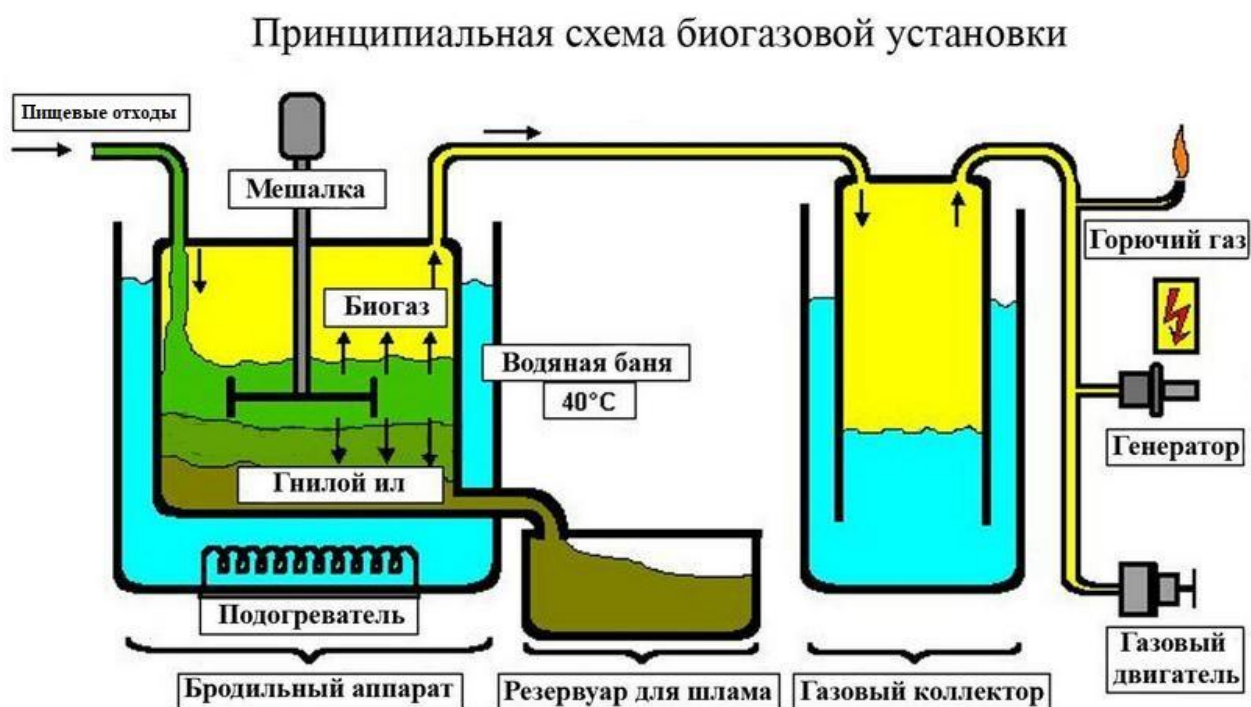


Рисунок 16 - Схема биогазовой установки

Технологический процесс переработки в биогазовых установках начинается с сбора органических отходов, таких как остатки продуктов питания, животный навоз или растительные отходы. Затем отходы помещаются в реактор, где они подвергаются биологическому разложению при наличии кислорода. В результате этого процесса выделяется биогаз, который состоит преимущественно из метана и углекислого газа. Полученный биогаз затем очищается от примесей и направляется в генератор, где он сжигается для производства электроэнергии или тепла. Оставшиеся после процесса переработки отходы могут быть использованы в качестве удобрения или отправлены на дальнейшую переработку. Важно отметить, что для эффективной работы биогазовых установок необходимо контролировать температуру, pH-уровень и кислородный режим в реакторе. Также необходимо обеспечить постоянную подачу органических отходов и своевременно удалять полученный биогаз, чтобы избежать перенасыщения реактора.

Также, плюс биогазовых установок заключается в том, что биогазовые установки имеют значительный положительный эффект на окружающую среду. Они позволяют сократить количество органических отходов, которые попадают на свалки и загрязняют окружающую среду. Кроме того, использование биогаза вместо традиционных источников энергии, таких как уголь или нефть, позволяет сократить выбросы парниковых газов и других вредных веществ, что немало важно, так как в Челябинской области нет экологически чистых источников энергии. Однако, необходимо учитывать, что при переработке органических отходов в биогазовых установках может выделяться некоторое количество сероводорода, аммиака и других вредных веществ. Поэтому необходимо обеспечить правильную обработку и очистку выхлопных газов, чтобы минимизировать их воздействие на окружающую среду.

Стоимость эксплуатации биогазовых установок зависит от многих факторов, таких как размер установки, количество перерабатываемых

отходов, технологии переработки, стоимости электроэнергии и т.д. Однако, в целом, эксплуатация биогазовых установок является экономически выгодной. Биогаз может использоваться как источник энергии для производства электроэнергии или тепла, что позволяет сократить затраты на энергию. Кроме того, переработка органических отходов в биогаз позволяет сократить расходы на их вывоз и утилизацию на свалках.

Так, например, средняя стоимость установки мощностью в 100 тонн/сутки будет составлять 1.28 миллиона евро, при полной загрузке и использовании выходящего сырья такая установка окупится за 1.5-2 года. [5]

3.2 Переработка бумаги и картона

Метод переработки бумаги без использования воды представлены в виде схемы (рисунок 17).



Рисунок 17 - Схема переработки бумаги и картона без использования воды

Технологический процесс метода переработки бумаги без использования воды начинается с первоначальной сортировки и деления бумажных отходов на категории. Это позволяет упростить последующие этапы обработки и повысить эффективность процесса. Отходы могут быть

разделены на категории в зависимости от их типа, цвета, состава и прочих характеристик. Затем отходы помещаются в специальный реактор, где происходит их обработка растворителями. Растворители используются для разрушения связей между волокнами бумаги. [31] Это приводит к получению массы из отдельных волокон, которые далее будут использоваться для создания новой бумаги. Полученная масса проходит через ряд фильтров и очистительных устройств, чтобы удалить все остатки растворителей и других загрязнений. Это необходимо для того, чтобы получить чистую и качественную массу, которая будет использоваться для создания новой бумаги. Затем масса снова подвергается обработке, чтобы создать новую бумагу. На этом этапе масса может быть дополнительно обработана, например, для изменения ее цвета или текстуры. После этого масса прессуется и сушится, чтобы получить готовую бумагу. В конце процесса бумага проходит проверку на качество и готовится к использованию. Это может включать в себя проверку на прочность, гладкость, цвет и другие характеристики. Если бумага не соответствует требованиям качества, она может быть отправлена на повторную обработку. Важно отметить, что этот метод не только экономит воду, но и снижает затраты на энергию, которая обычно используется в процессе переработки бумаги. Это делает этот метод более экологически чистым и эффективным.

Метод переработки бумаги без использования воды имеет значительное влияние на окружающую среду. Во-первых, он позволяет экономить огромные объемы воды, которые обычно используются в процессе переработки бумаги. Это снижает нагрузку на водные ресурсы и уменьшает риск загрязнения водных систем. Так как при переработке прошлыми методами на старых заводах расходуется до 210 м³/т, а на более современных от 42 до 83 м³/т. Во-вторых, этот метод снижает затраты на энергию, которая обычно используется в процессе переработки бумаги. Это снижает выбросы углекислого газа и других вредных веществ в атмосферу, что положительно влияет на климат. В-третьих, этот метод позволяет сократить количество

отходов и уменьшить нагрузку на свалки. Бумажные отходы могут быть переработаны и использованы для создания новой бумаги, что снижает потребность в древесине и других природных ресурсах. В целом, метод переработки бумаги без использования воды является более экологически чистым и эффективным, чем традиционные методы переработки бумаги. Он позволяет снизить негативное влияние на окружающую среду и сократить потребление природных ресурсов.

Экономические затраты на метод переработки бумаги без использования воды могут быть выше, чем на традиционные методы, так как требуется использование новых технологий и оборудования. Однако, в долгосрочной перспективе, этот метод может быть более выгодным, так как он позволяет экономить на затратах на воду, энергию и сокращает количество отходов. Кроме того, использование этого метода переработки может привести к уменьшению зависимости от природных ресурсов, так как возможность повторного использования бумажных отходов снижает потребность в древесине и других природных ресурсах. Также, метод переработки бумаги без использования воды может привлечь новых потребителей, которые предпочитают экологически чистые продукты. Это может привести к увеличению спроса на продукцию, произведенную с использованием этого метода, и увеличению прибыли для компаний. В целом, метод переработки бумаги без использования воды может быть экономически выгодным для компаний в долгосрочной перспективе, так как он позволяет экономить на затратах на воду, энергию и сокращает количество отходов, а также может привлечь новых потребителей и увеличить прибыль компаний. [14]

3.3 Получение энергии из отходов

На сегодняшний день «РТ-Инвест» запустила уже два таких комплекса по переработке отходов – в Коломенском и Сергиево-Посадском городских округах. Скоро откроется третий – в подмосковной Кашире.

Инновационный КПО может обеспечить эффективную переработку примерно 50% от общего объема отходов. Причем процесс сортировки отходов на таких комплексах практически полностью автоматизирован

Умная техника сама выбирает из потока полезные фракции и превращает их в брикеты. Стоит отметить, что доля локализованного оборудования на КПО «РТ-Инвест» превышает уже 70%.

В самом начале своего «превращения» вторсырье проходит через «барабанный грохот» – гигантское сито. Оно помогает разделить отходы на фракции различных размеров: крупные (больше 30 см), средние (от 7 см) и мелкие (меньше 7 см).

Мелкий мусор вместе с органическими отходами направляется в цех компостирования. Здесь тоже все автоматизировано: раз в три дня машины ворошат так называемые бурты с органикой, для переработки которой добавляют термофильные бактерии. Это ускоряет процесс разложения – если в обычных условиях это занимает в среднем 2-3 месяца, то здесь срок сокращается до двух недель. В результате получается технический грунт, который пригоден для пересыпки и рекультивации полигонов, а также отсыпки дорог.

Неорганический мусор, пройдя «барабанный грохот», движется своим путем – через различные сепараторы. Вначале оптический сепаратор выделяет все полимеры, то есть пластик, которые отправляют на дополнительную сортировку. Магнитный сепаратор отбирает из потока черные металлы. Также здесь работает устройство для отбора цветных металлов. Все эти высокоточные сборщики практически не оставляют вторсырью никаких шансов проскочить мимо. Каждая фракция собирается на своей конвейерной ленте, а затем прессуется в брикеты массой от 200 кг до 1 тонны. Благодаря такой слаженной работе КПО объем входящих отходов сокращается примерно вдвое. На выходе остается только то, что переработать нельзя, или так называемые «хвосты». Именно они и будут отправляться на термическую переработку, то есть на заводы. И речь идет не

о классических мусоросжигательных заводах, а совершенно новом подходе к переработке отходов. Он базируется на том, что мусор может стать возобновляемым источником энергии. Схема представлена на рисунке 18.

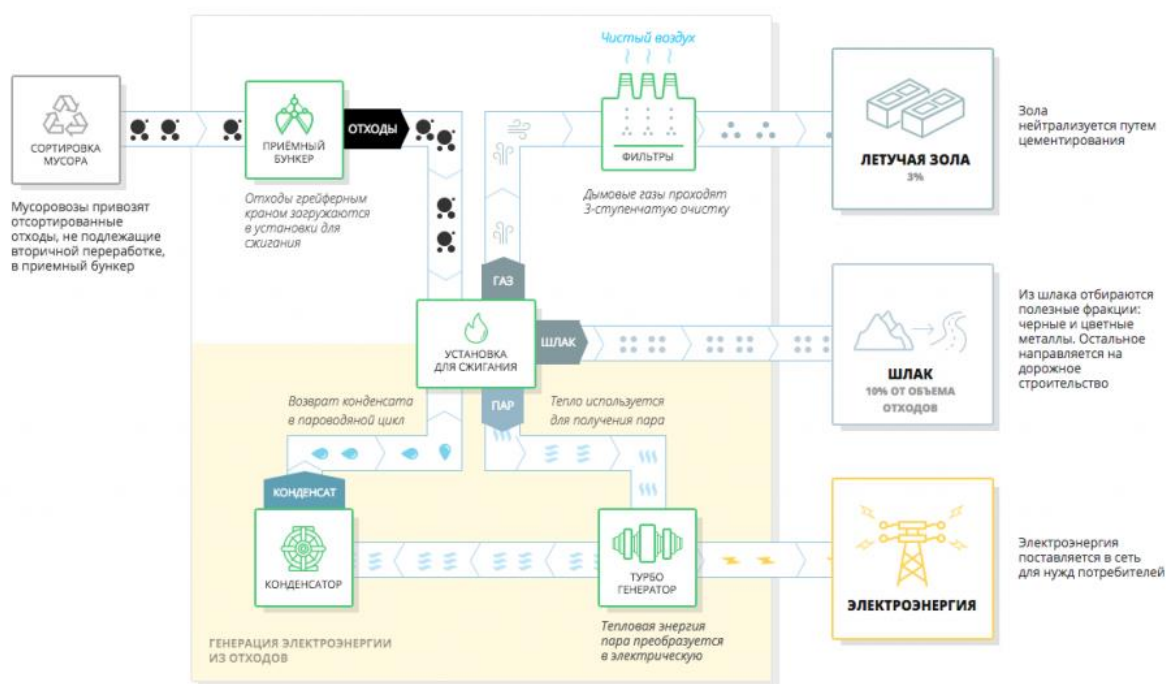


Рисунок 18 -Схема получения энергии из отходов

Технологии мусоросжигания на заводах старого типа, заключалась в сжигании при температуре менее 800 градусов. На новых заводах температура сжигания достигает 1260 °С, что обеспечивает полный распад опасных веществ. При этом используется совершенная система фильтрации – выбросов от такого завода меньше, чем от проезжающих по любой федеральной трассе автомобилей. В итоге, после того как отходы термически уничтожены при очень высоких температурах, а киловатты электроэнергии пополнили сеть, остаются шлак и зола. [21]

Переработка отходов в жидкое топливо. Сейчас большинство методов переработки отходов позволяют получать на выходе газообразные продукты. Новая технология предлагает превращать мусор в жидкие продукты путем совместного коксования (то есть нагревания без доступа кислорода) органических ТБО и нефтяных остатков. По температуре кипения они будут соответствовать фракциям прямой перегонки нефти -

бензиновой, дизельной и мазуту. Поэтому их можно затем перерабатывать в смеси с прямогонными фракциями, доводя до качества товарных нефтепродуктов - бензина, дизельного и котельного топлива и битума. Технология, предложенная исследователями, ранее нигде не применялась - это абсолютная инновация в переработке ТБО. Как рассказали ученые, разработка уже прошла пилотные испытания на мини-установках на одном из предприятий Тюмени. Такой процесс не требует дополнительных энергозатрат - необходимая для него энергия вырабатывается за счет сжигания попутного газа, который образуется при коксовании отходов. Разработчики отмечают, что технология экологически чистая и не дает выбросов в окружающую среду. В дальнейшем ее можно использовать для переработки как бытовых, так и промышленных органических отходов. - В ближайшей перспективе переход к этой технологии возможен на заводах, на которых есть установки замедленного коксования. Правда, их придется адаптировать под переработку ТБО - Поэтому прежде всего ее целесообразно внедрять в тех регионах, где есть нефтеперерабатывающие заводы, чтобы сокращать транспортную составляющую. [18]

Технология экуот. ЭКУОТ – аббревиатура, обозначающая «Экологический комплекс утилизации отходов», включающий в себя полный комплекс технологического оборудования по сортировке, подготовке и переработке ТБО.

По технологии «ЭКУОТ» отходы после измельчения и сушки подаются в пиролизный реактор, где происходит деструкция углеродосодержащих отходов. Затем выполняется конденсация парогазовой смеси в жидкое топливо. Оставшийся после конденсации пиролизный газ после очистки подаётся в когенерационную станцию для выработки тепловой и электрической энергии, а жидкое пиролизное топливо после крекинга превращается в биодизель, биобензин, печное топливо и биокеросин. В процессе остаётся углистый остаток, который перерабатывается в топливные брикеты. Весь процесс выполняется без доступа кислорода воздуха, что в

значительной мере препятствует возможности образования диоксинов, хотя принципиальная возможность появления супертоксина в продуктах процесса не исключается, как и в любых других термохимических процессах с многокомпонентным исходным сырьём переменного состава. [30]

3.4 Переработка шин

Установка для переработки разрезных автомобильных шин типа РР1. Схема представлена на рисунке 19.

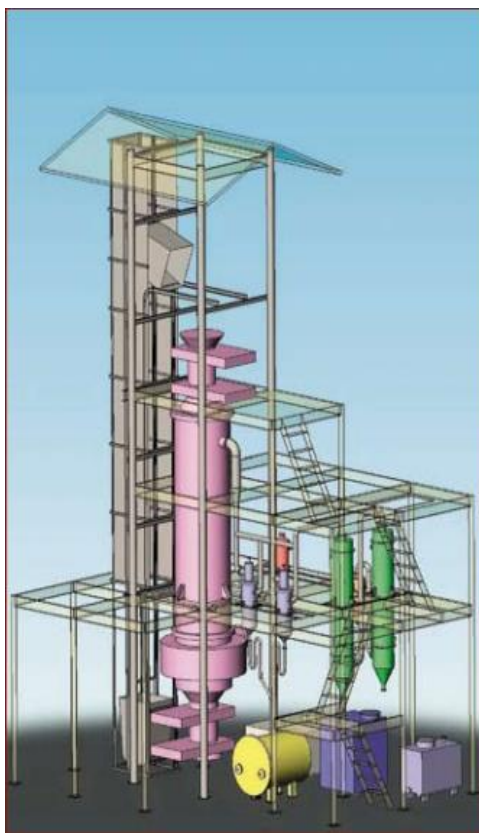


Рисунок 19 - Модель установки для переработки шин

Исходное сырье собирается и свозится автотранспортом на склад сырья пиролизной установки. Авторезина осматривается на предмет наличия в ней металлических дисков и колец, затем направляется на разделку. После разделки измельченное сырье загружается в тележку и подается к установке. Из тележки сырье попадает в ковш загрузочного устройства, поднимается к шлюзовому питателю реактора, содержащего верхний и нижний шиберы, между которыми расположена емкость питателя. После поступления сырья в

емкость питателя закрывается его верхний шибер и открывается нижний. Сырье под действием собственной массы попадает в реактор, затем закрывается нижний шибер, и питатель готов к следующему циклу загрузки. Ковш загрузочного устройства после подачи сырья в емкость питателя возвращается в исходное положение на отметке 0,000 м, после чего снова готов для загрузки в него следующей партии сырья. Сырье в реакторе подвергается пиролизу при температуре 450–550 °С. Продукты на выходе – пирогаз, углеродсодержащий остаток и металлы. Очистка пирогаза осуществляется последовательно в двух эжекторных скрубберах с последующим выделением (путем двухступенчатой конденсации) углеводородных фракций (с температурой кипения выше 160 °С) в интервале 100–160 °С. Несконденсированная фракция пирогаза после осушки частично направляется в топку реактора, а частично – в водогрейный котел, парогенератор или на газодизельную электростанцию. Получаемые горячая вода и водяной пар могут быть использованы для бытовых целей по месту эксплуатации установки, а вырабатываемая электроэнергия – для собственных нужд установки и поставок сторонним потребителям. Углеродсодержащий остаток после гашения и охлаждения подвергается магнитной сепарации (в целях отделения проволоки металлокорда), измельчению и просеиванию. В итоге образуется готовая вторичная продукция – сажа. На данной установке перерабатываются отработавшие шины, которые предварительно должны разрезаться на куски размерами 300–350 мм (для легковых шин это означает разрезание на четыре части). Данная установка защищена 4 патентами РФ.

Универсальная установка типа PP2. Схема представлена на рисунках 20 и 21.

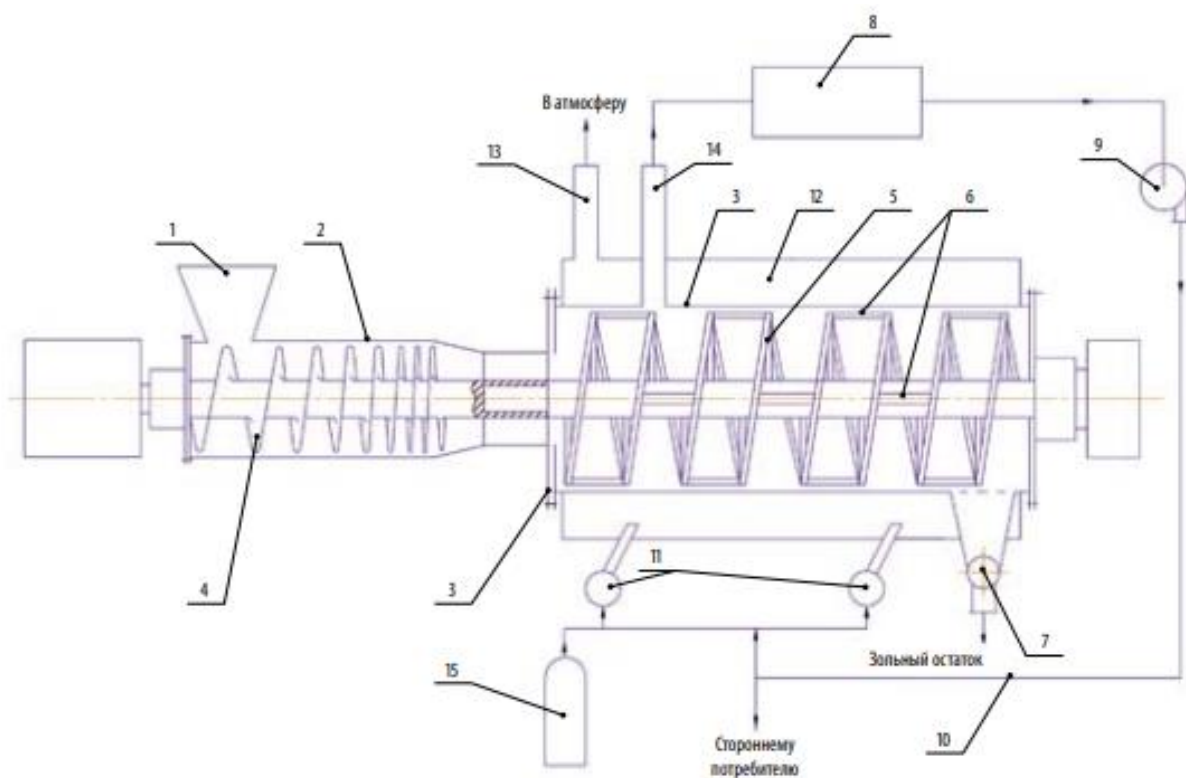


Рисунок 20 - Схема установки PP2

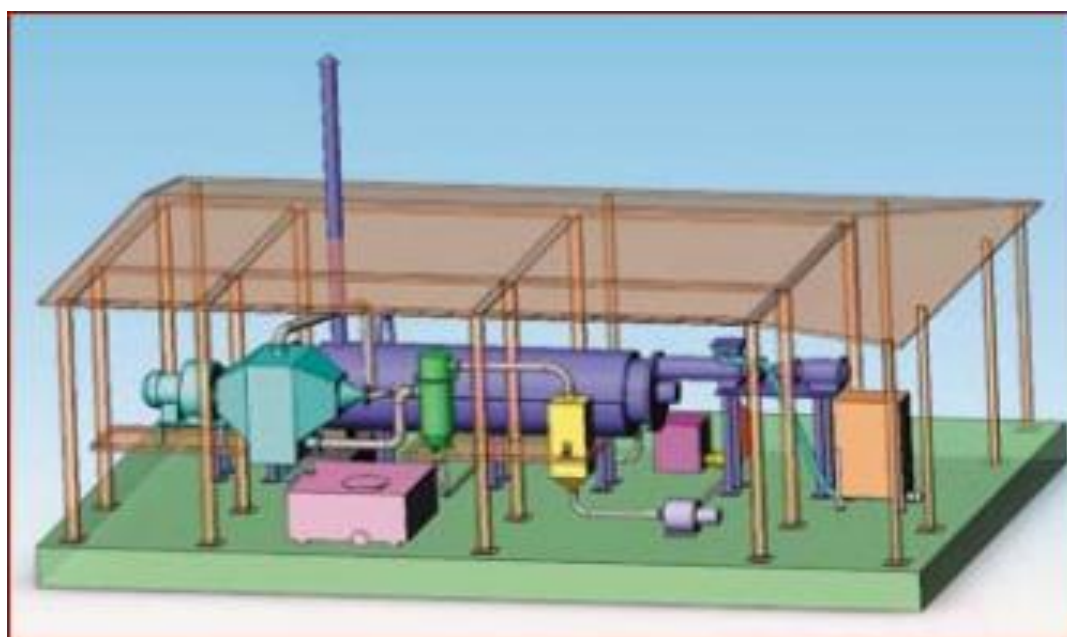


Рисунок 21 - Модель установки PP2

Установка предназначена для утилизации отходов мягкой кровли, термопластов (включая ламинированную упаковку), древесных отходов и других целлюлозосодержащих материалов, а также птичьего помета и сорбентов, насыщенных нефтепродуктами. Эта установка приведена в виде

схемы на рис. на примере переработки отходов мягкой кровли. Данная схема является универсальной для всех упомянутых отходов; небольшие отличия имеются лишь в конструкции пиролизного реактора и составе получаемых продуктов пиролиза. В описанной установке предусматривается возможность регулирования температуры пиролиза отходов в широком диапазоне: от 350 до 600 °С. Многие параметры зависят от состава и свойств исходных отходов. В случае переработки отходов термопластов пиролизный реактор выполняется наклоненным к горизонту и снабжается запорной арматурой на патрубке вывода пирогаза 14 для создания давления в реакторе. При запуске реактора в работу природный газ поступает в горелки 11 из баллона 15. Установлено, что с ростом температуры увеличивается выход газового топлива за счет снижения выхода жидкого топлива, а выход твердой парафиновой фракции сначала возрастает, а потом существенно снижается при росте выхода газового топлива. Эксперименты с загрязненными отходами полипропилена и ПЭТФ показали, что зависимости выхода вторичной продукции от температуры и давления для этих материалов аналогичны представленным выше для полиэтилена. Характерным отличием пиролиза полипропилена от пиролиза полиэтилена является то, что температура начала интенсивного разложения для него ниже и составляет около 387 °С. При пиролизе отходов ПЭТФ образуется большее количество твердого углеродосодержащего остатка.

3.5 Аэробно-биотермическое компостирование

Аэробно-биотермическое компостирование представляет собой биохимический процесс переработки способных к биотрансформации органических компонентов ТБО в компост – продукт подобный гумусу. Компостирование проводят с использованием кислорода, то есть в аэробных условиях. В отличие от анаэробного, аэробное компостирование протекает быстрее, при более высоких температурах и без запаха. Оно отличается от естественного гниения или разложения отходов. Такой метод утилизации

может представлять особый интерес в местах с высоким уровнем развития сельского хозяйства. Хотя эту технологию называют технологией утилизации, она подразумевает определенную степень переработки отходов в продукт, который не просто экологически безопасен, но и приносит пользу. Как и метан, который, выделяясь в процессе разложения, собирается для дальнейшего использования. Получение топлива в виде газа не просто побочный результат промышленности, оно становится важным инструментом в организации жизни предприятия. Главный минус такой технологии заключается в отсутствии универсальности. Высокие требования к поступающим на переработку отходам полностью исключают из процесса неразлагаемые материалы, а разлагаемые должны гарантировать полное отсутствие примесей тяжелых металлов, которые, в случае их попадания в компост, могут нанести вред не только почве, но и здоровью человека. Как и сортировка, такая технология в определенных условиях может являться эффективным средством к сокращению объема отходов, поступающих на захоронение.

Биотермическое компостирование. Этот метод применяют при переработке органических отходов. Его суть – в ускорении процессов, которые происходят с органической массой в природе. Для этого партию отходов загружают в специальные установки (барабан) где при постоянной температуре в 60 градусов Цельсия и высокой влажности процесс разложения проходит с очень высокой скоростью. Получившийся в результате компост – отличное удобрение, повсеместно используемое в сельском хозяйстве. [23]

ВЫВОД ПО ТРЕТЕЙ ГЛАВЕ

В заключение можно сказать, что переработка ТБО является важной задачей, которая имеет экологические и экономические аспекты. Экологический аспект заключается в сокращении объемов отходов и уменьшении вредного воздействия на окружающую среду, а экономический – в получении дополнительных ресурсов и создании рабочих мест. В результате проведенного исследования было выявлено, что переработка ТБО является эффективным способом решения проблемы отходов и может быть успешно реализована при условии правильной организации процесса и использования современных технологий. Поэтому, развитие переработки ТБО должно быть одним из приоритетных направлений экологической политики государства.

Нами были определены наиболее перспективные методы переработки и утилизации ТБО для Челябинской области.

- Переработка пищевых отходов в биогазовой установке
- Переработка бумаги и картона без использования воды
- Переработка отходов в жидкое топливо
- Аэробно-биотермическое компостирование
- Переработка шин

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ литературы показал, что в России и Челябинской области изменение объёмов ТБО имеют разные тенденции: по России наблюдается уменьшение объёмов, а для Челябинской области – их увеличение. В структуре ТБО в России преобладают целлюлозно-бумажные отходы, в Челябинской области – пищевые отходы.

2. Наиболее перерабатываемым компонентом ТБО в Челябинской области можно считать древесные отходы, переработка которых приносит прибыль около 340 тысяч рублей. Самым доходным по переработке можно считать цветные металлы, далее - картон и бумага, а также - полимерные материалы. По предварительной оценке, из-за неполной переработки отходов Челябинская область ежегодно теряет 12,195 млн р.

3. Наиболее перспективными направлениями для переработки ТБО можно считать переработку пищевых отходов в биогазовых установках и переработку картона и бумаги без использования воды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Thermochemical conversion of municipal solid waste into energy and hydrogen [Электронный ресурс]. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-022-01410-3> (дата обращения 05.03.23)
2. Анализ альтернативных методов обезвреживания мусора [Электронный ресурс]. URL: <https://www.solidwaste.ru/publ/view/380.html> (дата обращения 03.03.23)
3. Билло Е. В., Сухаревская Е. С. Виды отходов и утилизация твердых бытовых отходов // Экологические проблемы промышленно развитых и ресурсодобывающих регионов: пути решения. – 2018. – С. 411.1-411.4. 4. Биогазовая установка. Производство биогаза [электронный ресурс]. URL: <http://mcx-consult.ru/biogazovye-ustanovki.-proizvodstvo> (дата обращения 15.04.23)
4. Гунич С.В., Янчуковская Е.В., Днепровская Н.И. Анализ современных методов переработки твердых бытовых отходов // Известия Вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2015. № 2 (13). с. 38-42
5. Гунич, С. В. Преимущества переработки смешанных твердых коммунальных отходов методом сухого среднетемпературного пиролиза в инертной среде / С. В. Гунич // Advances in Science and Technology : Сборник статей XXXVIII международной научно-практической конференции, Москва, 31 июля 2021 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Актуальность.РФ", 2021. – С. 16-17. – EDN RXFRBI.
6. Игнатьева Л. П., Потапова М. О. Гигиенические аспекты обращения с бытовыми отходами (сбор, транспортировка, обезвреживание): учеб. пособие // Иркутск: ИГМУ. – 2016.
7. Ишков А.Г., Пыстина Н.Б., Аكوпова Г.А., Юлкин Г.М. Роль биогаза в современной энергетике // Территория Нефтегаз. 2014. №5. (дата обращения: 26.04.2023)

8. Ковалева, Н. Ю. Пиролиз пластиковых отходов. Обзор / Н. Ю. Ковалева, Е. Г. Раевская, А. В. Роцин // Химическая безопасность. – 2020. – Т. 4, № 1. – С. 48-79. – DOI 10.25514/CHS.2020.1.17004. – EDN PAFSHO.

9. Колычев Н.А. Оптимизация обращения с твердыми бытовыми близкими к ним по составу промышленными отходами в крупных и средних населенных пунктах России // Биосфера. 2013. №4.

10. Компостирование – методы, типы, факторы, важность. [Электронный ресурс]. URL: <https://microbiologynote.com/ru/composting-methods/> (дата обращения: 20.03.23) компостирование снижает

11. Косивцов Ю.Ю., Сульман Э.М. Технологии пиролиза органических материалов. - Тверь: ТГТУ, 2010. – 124 с

12. Местников Н. П., Григорьева В. А. ПРОИЗВОДСТВО АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА ИЗ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ.

13. Объёмы ТБО в Челябинской области [Электронный ресурс]. URL: <https://mineco.gov74.ru/mineco/activities/oxranaokruzhayushhejsredychely/obrashheniesotxodami/perechenpredpriyatijchelyabins.htm> (дата обращения 1.03.23)

14. Переработка бумаги без использования воды [Электронный ресурс]. URL: https://ros-pipe.ru/tekh_info/tekhnicheskie-stati/vodoprovodnye-sistemy-i-oborudovanie/otraslevye-resheniya/1459/ (дата обращения 14.05.23)

15. Переработка твёрдых бытовых отходов. [Электронный ресурс]. URL: <https://metalspace.ru/education-career/osnovy-metallurgii/tbo/924-pererabotka-tbo.html> (дата обращения: 19.03.23)

16. Переработка ТБО в жидкое топливо [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2019/04/12/rossijskie-uchenye-sozdali-tehnologiiu-pererabotki-tbo-v-zhidkoe-toplivo.html> (дата обращения: 12.03.23)

17. Перечень объектов размещения ТКО на территории Челябинской области. [Электронный ресурс]. URL: <https://mineco.gov74.ru/mineco/activities/oxranaokruzhayushhejsredychely/perechenobektovrazmeshheniyatk.htm> (дата обращения: 02.04.23)

18. Петров В.В., Гусева А.Ю., Гусакова Н.В., Воробьев Д.М. Обеспечение функционирования городской системы экологического мониторинга данных по обращению с отходами производства и потребления в г. Таганроге // «Инженерный вестник Дона» 2012, № 4 (часть 2)

19. Пиролиз: понятие, технология, процесс, схема, продукты. [Электронный ресурс]. <https://ztbo.ru/o-tbo/stati/obshchie-stati/metody-i-sposoby-pererabotki-musora-tbo> (дата обращения: 27.04.2023)

20. Пиролиз ТБО. [Электронный ресурс]. URL: <http://ztbo.ru/o-tbo/lit/sanitarnaya-ochistkai-uborka-mest/piroliz-tbo> (дата обращения: 14.02.23)

21. Получение энергии из отходов [Электронный ресурс]. URL: <https://rostec.ru/news/energichnaya-utilizatsiya-kak-prevratit-otkhody-v-energiyu/> (дата обращения: 12.04.23)

22. Польшгалов С.В., Ильиных Г.В., Коротаев В.Н. Управление свойствами твердого топлива из отходов // Экология и промышленность России. 2018. – Т. 22. - № 10. – с. 18 – 25

23. Попов, Д. В. Современные методы утилизации ТБО (твердых бытовых отходов) / Д. В. Попов // Наука, образование и экспериментальное проектирование. Труды МАРХИ : Материалы международной научно-практической конференции. Сборник статей, Москва, 03–07 апреля 2017 года. – Москва: Московский архитектурный институт (государственная академия), 2017. – С. 334-336. – EDN YALLFZ.

24. Преимущества компостирования [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kompostsistem.com/ru/blog2/preimushestva-kompostirovaniya.html> (дата обращения 10.04.23)

25. Рейтинг стран по переработке ТБО [Электронный ресурс]. URL: <https://nonews.co/directory/lists/countries/recycling> (дата обращения 02.02.23)

26. Рузанова М. А. Основные способы утилизации и обезвреживания твердых бытовых отходов //Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т. 18. – №. 10. – С. 219-221.

27. Сроки разложения разных видов отходов. [Электронный ресурс]. URL: <http://trashcomp.com/news/Sroki-razlozhenija-raznyh-vidov-othodov> (дата обращения: 19.03.23)

28. Стоимость завода [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rbc.ru/business/18/11/2021/61950c2a9a79475a211eb047> (дата обращения 1.03.23)

29. Струков, А. В. Применение пиролиза для утилизации ТБО / А. В. Струков // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 01–30 мая 2015 года / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2015. – С. 3385-3389. – EDN USSSJB.

30. Технология ЭКУОТ [Электронный ресурс]. URL: <https://regnum.ru/news/polit/2667893.html> (дата обращения: 05.03.23)

31. Шубов Л.Я., Ставровский М.Е., Шехирев Д.Е. Технологии отходов. – М.: ГОУВПО «МГУС», 2006. – 412 с.