

бМинистерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь
Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие
«Бел НИЦ «Экология»
(РУП «Бел НИЦ «Экология»)

УДК 504.7:551.588.7
№ госрегистрации 20163300
Инв. № _____

УТВЕРЖДАЮ
Директор РУП «Бел НИЦ «Экология»

Р.В. Михалевич
« ____ » _____ 2018 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
по заданию 2.1.1 Подпрограммы II «Устойчивое использование природных ресурсов и охрана окружающей среды» ГНТП «Природопользование и экологические риски», 2016-2020 гг.
«Выполнить анализ возможностей использования твердых коммунальных отходов в качестве альтернативных видов топлива и разработка научно обоснованного комплекса мер по их практическому применению»

Руководитель работ
И.о. заведующего
отделом международных проектов
РУП «Бел НИЦ «Экология», д.т.н.

И.П. Наркевич
« ____ » _____ 2018 г.

Минск 2018

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы, Главный научный сотрудник РУП «Бел НИЦ «Экология», д.т.н.	_____ подпись, дата	И.П.Наркевич (общее руководство работой)
Ответственный исполнитель, Научный сотрудник	_____ подпись, дата	Ю.В. Фурса (реферат, введение, глава 1)
Исполнители темы		
Заведующий сектором статистики отдела обращения с отходами	_____ подпись, дата	А.С. Гавдель (главы 2-3, заключение)
Научный сотрудник	_____ подпись, дата	К.В. Гончар (глава 2)
Научный сотрудник	_____ подпись, дата	Д.В. Мелех (глава 3)
Нормоконтролер, Младший научный сотрудник	_____ подпись, дата	В.М. Конькова

РЕФЕРАТ

Отчет с., табл., источника

ОТХОДЫ, ТВЕРДЫЕ КОММУНАЛЬНЫЕ ОТХОДЫ, АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ТОПЛИВО

Объектом исследования являются твердые коммунальные отходы, которые могут быть использованы в качестве альтернативного топлива. Для целей настоящей работы используются определения *альтернативное топливо* и *RDF-топливо*, которые являются равнозначными.

Цель работы: Цель ГНТП заключается в проведении обзора текущей возможности использования топлива, полученного на основе отходов, а также разработка научно обоснованного комплекса мер по их практическому применению.

Для достижения цели работы, были поставлены следующие задачи:

1. Выполнить оценку и подбор твердых коммунальных отходов (далее -ТКО), подходящих по своим физико – химическим свойствам для использования для производства RDF-топлива в соответствии с классификатором отходов, образующихся в Республике Беларусь;

2. Провести сравнительный анализ теплотворной способности твердых коммунальных отходов;

3. Определить количество установок, мощности и тип технологии, пригодных для использования и производства RDF-топлива, подготовить перечень объектов по использованию топлива из твердых коммунальных отходов для получения энергии;

4. Оценить воздействие на окружающую среду от процесса использования RDF-топлива, рассчитать прогнозные выбросы парниковых газов (далее - ПГ) при использовании альтернативного топлива из отходов, провести сравнительный анализ выбросов парниковых газов при использовании RDF-топлива из отходов и выбросы ПГ при захоронении эквивалентного количества ТКО на полигонах;

6. Оценить экономические аспекты производства и использования RDF-топлива на цементных заводах и в котлах с кипящим слоем, рассчитать экономическую эффективность при использовании альтернативного топлива из отходов и природного топлива;

7. Оценить альтернативные варианты управления отходами, рассчитать тарифы для логистической схемы транспортировки отходов и пре-RDF-топлива для использования в качестве альтернативного топлива; предложить схему сбора и переработки отходов в топливо;

8. Разработать научно обоснованный комплекс мер по практическому применению ТКО в качестве альтернативного топлива.

9. В качестве софинансирования задания выполнить предварительную оценку выбросов парниковых газов при сжигании отходов (или их термическом обезвреживании).

СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ	3
ВВЕДЕНИЕ	7
1 ОЦЕНКА И ПОДБОР ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ, ПОДХОДЯЩИМ ПО СВОИМ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА	9
1.1 МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРАКТИКА ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ RDF – ТОПЛИВА	9
1.2 ОЦЕНКА И ПОДБОР ТКО, ПОДХОДЯЩИХ ПО СВОИМ СВОЙСТВАМ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ	13
2 ПРОВЕСТИ СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОТВОРНОЙ СПОСОБНОСТИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ ИЛИ ИХ ОТДЕЛЬНЫХ ФРАКЦИЙ; ПОДГОТОВИТЬ ПЕРЕЧЕНЬ ОБЪЕКТОВ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ТОПЛИВА ИЗ ТКО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ	17
2.1 ПЕРЕЧЕНЬ ПРЕДПОЛАГАЕМЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ RDF – ТОПЛИВА	17
2.2 ПЕРЕЧЕНЬ ОБЪЕКТОВ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ТОПЛИВА ИЗ ТКО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ	21
2.2.1 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РДФ-ТОПЛИВА НА ЦЕМЕНТНЫХ ЗАВОДАХ	22
2.2.2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РДФ-ТОПЛИВА В КОТЛОАГРЕГАТАХ	24
2.2.3 ПЕРЕЧЕНЬ ПРЕДПОЛАГАЕМЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ RDF – ТОПЛИВА	27
3 ВЫПОЛНИТЬ ПРОГНОЗНУЮ ОЦЕНКУ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА ИЗ ТКО, ПРЕДЛОЖИТЬ СХЕМУ СБОРА И ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ В ТОПЛИВО	31
3.1. ПРОГНОЗ ОБРАЗОВАНИЯ СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА ДО 2035 Г.	31
3.2 МЕТОДОЛОГИЯ РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА ИЗ ТКО	33
3.3 СХЕМА СБОРА И ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ В ТОПЛИВО	39

4 РАЗРАБОТАТЬ НАУЧНО ОБОСНОВАННЫЙ КОМПЛЕКС МЕР ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА.....	41
4.1. СХЕМА СБОРА И ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ В ТОПЛИВО, ВКЛЮЧАЯ ЛОГИСТИЧЕСКУЮ СХЕМУ ТРАНСПОРТИРОВКИ ОТХОДОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ АТ, РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТКО В КАЧЕСТВЕ АТ	41
4.1.1 ОЦЕНКА НАЛИЧИЯ БЛИЖАЙШИХ СЫРЬЕВЫХ ЗОН ДЛЯ ЗАВОДОВ ЦЕМЕНТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И КОЛИЧЕСТВА НЕОБХОДИМОГО RDF-ТОПЛИВА.....	41
4.1.2 ЛОГИСТИЧЕСКАЯ СХЕМА ТРАНСПОРТИРОВКИ ПРЕ-RDF – ТОПЛИВА НА ЦЕМЕНТНЫЕ ЗАВОДЫ И РАСЧЕТ ТАРИФА НА УСЛУГИ ПО ПЕРЕВОЗКЕ.....	43
4.1.3 РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ ДООСНАЩЕНИЯ МПЗ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА RDF-ТОПЛИВА.....	48
4.1.4 РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТКО НА ЦЕМЕНТНЫХ ЗАВОДАХ В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА.....	51
4.2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТКО В КАЧЕСТВЕ АТ В КОТЕЛЬНЫХ, НА ПРИМЕРЕ ЖОДИНСКОЙ ТЭЦ.....	57
4.3 КОМПЛЕКС МЕР ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТКО В КАЧЕСТВЕ АТ	59
5 ВЫПОЛНИТЬ ПРЕДВАРИТЕЛЬНУЮ ОЦЕНКУ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ПРИ СЖИГАНИИ ОТХОДОВ (ИЛИ ИХ ТЕРМИЧЕСКОМ ОБЕЗВРЕЖИВАНИИ).....	62
5.1. РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ CO ₂ ОТ СЖИГАНИЯ ОТХОДОВ.....	63
5.2. РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ CH ₄ ОТ СЖИГАНИЯ ОТХОДОВ.....	65
5.3. РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ N ₂ O ОТ СЖИГАНИЯ ОТХОДОВ	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	67
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	68

Приложение А.

ВВЕДЕНИЕ

С начала 1970-х годов различные типы отходов успешно использовались как альтернативные виды топлива и сырья в цементных печах в Европе, Японии, США, Канаде и Австралии. Использование альтернативного топлива может снизить воздействие отходов на окружающую среду, безопасно утилизировать опасные отходы, уменьшить выбросы парниковых газов, снизить затраты на обработку отходов и сэкономить ресурсы для цементной промышленности и котельных.

Альтернативное топливо или RDF (refuse derived fuel) топливо – это топливо, полученное из отходов. В состав RDF - топлива входят высококалорийные компоненты отходов, такие как пластик, бумага, картон, текстиль, резина, кожа, дерево и пр. RDF - топливо можно использовать в качестве основного или дополнительного топлива в печах цементных заводов, ТЭЦ, металлургических печах.

Вопросы производства RDF-топлива в Республике Беларусь закреплены в Концепции создания мощностей по производству альтернативного топлива из твердых коммунальных отходов и его использования (утверждена Советом Министров Республики Беларусь №664 от 22.08.2016). Концепция направлена на определение условий и направлений использования твердых коммунальных отходов в качестве альтернативного RDF-топлива с последующим использованием на цементных заводах. В настоящем отчете кроме использования АТ в цементной промышленности также рассмотрена целесообразность использования RDF-топлива в котельных установках.

Согласно Концепции в данном отчете применяются следующие термины и их определения:

Пре-RDF-топливо – остатки в составе ТКО после извлечения мелкой фракции размером до 80 миллиметров в виде органики и негорючих составляющих, а также извлечения основных видов вторичных материальных ресурсов (далее – ВМР), представляющих наибольшую ценность с точки зрения их дальнейшей реализации. В соответствии со статьей 1 Закона Республики Беларусь от 20 июля 2007 года «Об обращении с отходами» (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2007 г., № 183, 2/1368) пре-RDF-топливо фактически является ВМР;

RDF-топливо – твердое топливо, изготовленное из пре-RDF-топлива и предназначенное для выработки энергии, характеристики которого определяются согласно действующим стандартам либо техническим условиям производителя топлива. В соответствии со статьей 1 Закона Республики Беларусь «Об обращении с отходами» RDF-топливо фактически является вторичным сырьем. [1]

В результате проведенного сравнительного анализа характеристик и стоимости RDF-топлива и традиционных видов ископаемых топлив, по показателю калорийности АТ превышает торф и практически идентично каменному углю (таблица 1).

Таблица 1 – Виды и качественные показатели топлива

№	Вид топлива	Калорийность ккал/кг	В ед.у.т.	Сравнимые цены, евро
1	Природный газ	8 000	1140 м ³	183
2	Каменный уголь	6 200	0,89 т	37-42
3	Торфобрикет	3 500	0,5 т	24
4	RDF	4 200 – 5 200	0,74-0,6 т	10

Кроме снижения затрат на использование топливно-энергетических полезных ископаемых, использование альтернативного топлива является экологически рациональным способом обращения с отходами и ведет к снижению выбросов парниковых газов.

1 ОЦЕНКА И ПОДБОР ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ, ПОДХОДЯЩИМ ПО СВОИМ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА

1.1 МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРАКТИКА ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ RDF – ТОПЛИВА

RDF-топливо – это вид отхода, включенный в состав Европейского каталога отходов под номером 19 12 10, получаемый в результате механической и биологической обработки [3]. RDF - топливо получают путем дробления и сушки твердых отходов коммунального, промышленного или коммерческого происхождения [4]. Термин RDF -топливо применяется к материалам, которые имеют высокую калорийную ценность и которые отсортированы из общего объема отходов.

«Совместное использование» – это использование топлива, полученного из отходов, для замены природных минеральных ресурсов (утилизация отходов) и / или такие традиционные топливно-энергетические полезные ископаемые как уголь, жидкое топливо и природный газ (получение энергии) в промышленных процессах. «Совместное использование» применяется во всем мире в основном в цементной промышленности и теплоэлектростанциях; иногда также используется в сталелитейной и известковой промышленности. На электростанциях, на которых осуществляется только получение электроэнергии, этот процесс называется совместное сжигание [5]. В Европейской цементной индустрии процент замещения традиционных видов топлива на АТ доходит до 80% на некоторых объектах, в то время как средний процент замещения по Европе составляет 39% [6]. Тем не менее, доля использования ТКО в процессе «совместного использования» низкая по сравнению с такими видами отходов как использованные автопокрышки, опасные промышленные отходы, отходы биомассы и осадки очистных сооружений. С помощью различных процессов подготовительной обработки отходы трансформируются в RDF - топливо, в некоторых зарубежных источниках также можно встретить термины AFR (альтернативное топливо и сырьевой материал) или SRF (solid recovery fuel). Ниже на рисунке 1 представлена схема механико-биологической обработки по подготовке RDF-топлива из отходов.

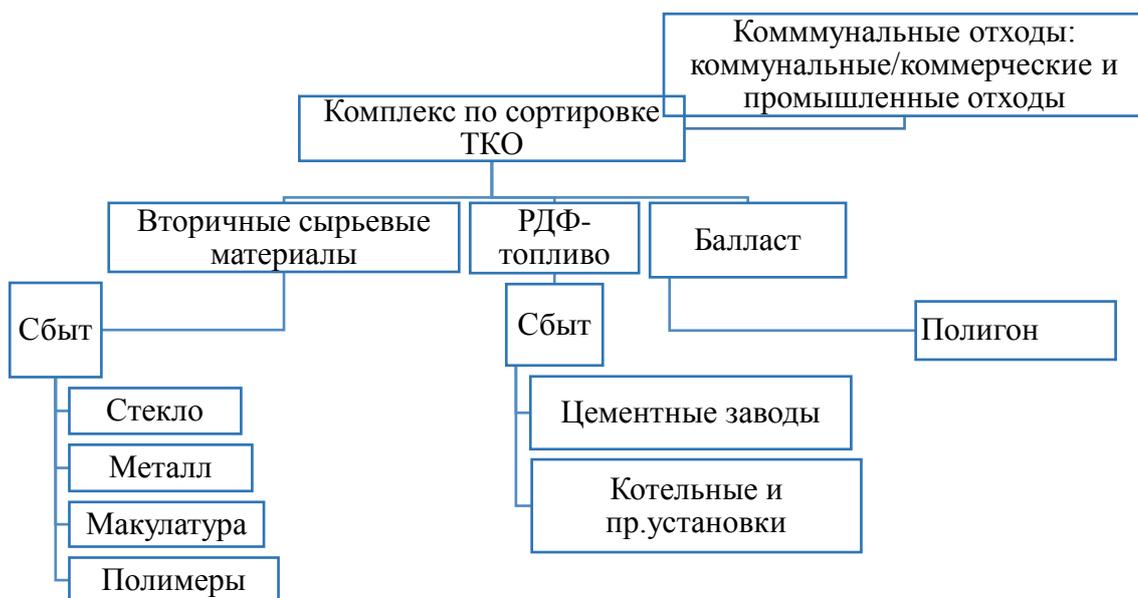


Рисунок 1 – Схема механико-биологической обработки по подготовке RDF-топлива из отходов

Использование альтернативного топлива должно следовать иерархии отходов, быть интегрировано в программы управления отходами, поддерживать стратегии повышения эффективности использования ресурсов и не препятствовать усилиям по сокращению объемов отходов. Следуя определенным основным правилам, гарантируется, что использование альтернативного топлива не оказывает отрицательного воздействия на выбросы загрязняющих веществ от котельных и цементных печей. Совместная обработка не должна наносить ущерб качеству производимого цемента.

На рисунке 2 представлена иерархия по обращению с отходами (от наиболее к менее приоритетным способам обращения с отходами).



Рисунок 2 – Иерархия по обращению с отходами

Ожидается, что правила по раздельному сбору и рециркуляции, связанные с древесными, бумажными, пластмассовыми и биоразлагаемыми отходами, уменьшат

количество отходов, потенциально доступных для процессов «от отходов к энергии», таких как сжигание и совместное использование [7].

Общая схема производства альтернативного топлива

В состав линии по изготовлению RDF топлива обычно входят:

- Магнитные сепараторы;
- Немагнитные детекторы
- Первичные дробилки во фракцию 100-400 мм;
- Вторичные дробилки к фракции 3-30 мм;
- Вибросита;
- Сушилки с циклон-фильтрами.

После полного отбора вторичного сырья в сортировочных кабинах, магнитных сепараторах, немагнитных детекторах остаток ТКО подается в первичную и вторичную дробилки. Количественный показатель таких остатков колеблется в пределах 35% от общего количества ТКО. В случае полной ориентации предприятия на добычу энергоносителей все горючее сырье (включая вторичное сырье) направляется на изготовление RDF топлива. В таком случае количественный показатель изготовленного RDF топлива может достигать до 50% от общего количества ТКО. В этом случае появляется широкая возможность для ручного регулирования (искусственного принудительного обогащения) состава RDF - топлива для достижения высокой однородности и максимальных показателей его калорийности.

Средняя калорийность RDF - топлива определена в пределах 4200-5200 ккал/кг (низшая теплота сгорания 16-20 МДж/кг.). При использовании системы принудительного обогащения RDF - топлива достигается высокий показатель его однородности и калорийности. При этом можно принимать расчетный средний показатель теплотворности на уровне 20 МДж/кг +/- 2 МДж по всем партиям.

Для получения оптимального состава топлива разрабатывается технологическая карта состава RDF - топлива. Для фиксации состава RDF топлива и определения его калорийности в партии за дробилками и виброситами может быть предусмотрена установка оптических анализаторов. Оптический анализатор проводит в реальном времени анализ состава будущего RDF – топлива с фиксацией показателей по следующим параметрам: калорийность в МДж; влажность в %; состав материала; содержание ПВХ в %.

Данные, зафиксированные оптическим анализатором, используются как подтверждение сертификата RDF - топлива.

После дробления и виброотсеевания подготовленное сырье (пре-RDF топливо) направляется к сушилкам с циклон-фильтрами. После доведения сырья до влажности 15-20% RDF - топливо готово к использованию или к продаже.

Производство RDF – топлива из ТКО наиболее активно используется в государствах-членах ЕС с высоким уровнем разделения и переработки ТКО (например, Австрия, Германия, Нидерланды являются наилучшими примерами), поскольку деятельность по переработке генерирует невосстанавливаемые высококалорийные остатки, подходящие для производства RDF - топлива. По оценкам экспертов общее количество АТ, производимого из ТКО в Европейском союзе, составляет около 3 миллионов тонн в год. Возможности производства RDF - топлива из ТКО растут в Австрии, Бельгии, Финляндии, Италии и Нидерландах, где строятся новые мусоросортировочные заводы.

Существует некоторое ограничение в областях применения RDF - топлива из ТКО в Европе. В отчете Европейской комиссии сообщается, что RDF сжигается в мусоросжигательных установках с псевдоожиженным слоем в Великобритании для производства энергии, в многотопливных ТЭЦ и котлах на целлюлозно-бумажных предприятиях в Финляндии и в нескольких цементных печах в Австрии, Бельгии, Дании, Италии и Нидерландах. Не всегда возможно обеспечить должное качество и стандарты безопасности для RDF. По оценкам экспертов ЕС общее количество RDF, которое соответствует заданным параметрам, составляет около 70% от произведенного. Ожидается, что количество сжигаемого RDF в будущем будет увеличиваться в основном в Бельгии, Италии и Великобритании. Существуют также планы использования RDF из ТКО в других процессах без сгорания, таких как газификация и пиролиз.

Количество RDF, вырабатываемого на тонну ТКО, варьируется в зависимости от типа сбора, процесса обработки и требований к качеству. В исследованиях ЕС показано, что уровень производства RDF из ТКО может варьироваться от 23 до 50% по массе обработанных отходов в зависимости от используемого процесса обработки и страны (таблица 2). В сравнении, в других обследованиях указан диапазон восстановления от 55 до 85% (ЕА 2001).

Таблица 2 – Доля производства RDF в соответствии с процессом обработки

Страна	Тип обработки	Доля (%)
Австрия	МБО	23
Бельгия	МБО	40-50
Нидерланды	МО	35

Финляндия	МО	переменная
Великобритания	МО	22-50

*МБО – Механическо - биологическая обработка

*МО – Механическая обработка

1.2 ОЦЕНКА И ПОДБОР ТКО, ПОДХОДЯЩИХ ПО СВОИМ СВОЙСТВАМ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Основным источником информации о количественных и качественных показателях системы обращения с ТКО в Республике Беларусь служит отчет о санитарной очистке населенных пунктов (по данным Министерства жилищно-коммунального хозяйства). В Республике Беларусь в 2015 г. было образовано 3852,4 тыс. тонн ТКО.

По экспертным оценкам, в последние годы в составе коммунальных отходов заметно увеличилась доля полимерных материалов и отходов от упаковок, а также отходов стекла. Определение морфологического состава отходов является трудоемким и должен проводиться в республике примерно 1 раз в пять лет. Но последние официальные доступные данные по морфологическому составу отходов относятся к 2010 году (таблица 3).

Таблица 3 – Морфологический состав отходов в Республике Беларусь (по состоянию на 2010 год)

№	Наименование отходов	Процентный состав ¹
1	Бумага и картон	31,87
2	Пищевые отходы	42,19
3	Метал	2,05
4	Текстиль	1,65
5	Стекло	5,64
6	Пластик	6,26
7	Дерево	2,32
8	Отсев	2,19
9	Резина и кожа	1,1
10	Камень	4,61

В таблице 4 представлен состав и наименование отходов, подходящих по своим физико-химическим свойствам для использования в качестве альтернативного топлива в соответствии с классификатором отходов, образующихся в Республике Беларусь [8].

¹ Основные принципы определения морфологического состава твердых коммунальных отходов в городах с разной степенью улучшения жилищных условий, Министерство по вопросам жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь, 2011 г.

Таблица 4 – Состав и наименование отходов, подходящих по своим физико-химическим свойствам для использования в качестве альтернативного топлива

Наименование группы отходов	Наименование отходов	Код отходов
Древесные отходы	кора	1710100
	опилки натуральной чистой древесины	1710200
	отщеп при окорке круглых лесоматериалов	1710300
	стружка натуральной чистой древесины	1710400
	кусковые отходы натуральной чистой древесины	1710700
	отходы щепы натуральной чистой	1710900
	сучья, ветви, вершины	1730200
	кора при лесозаготовке	1730400
Отходы бумаги и картона	отходы от переработки макулатуры	1840700
	отходы упаковочной бумаги незагрязненные	1870604
	отходы упаковочного картона незагрязненные	1870605
	отходы упаковочного гофрокартона незагрязненные	1870606
	прочие незагрязненные отходы бумаги	1870608
	прочие незагрязненные отходы картона	1870609
	прочие незагрязненные отходы гофрокартона	1870610
Отходы пластмасс и полимерных материалов	полистирол и пенопласт на его основе, сополимеры стирола	5710800
	полистирол	5710801
	пенопласт полистирола	5710803
	ПЭТ-бутылки	5711400
	полиэтилентерефталат (лавсан)-пленки	5711502
	пленка полиэтилентерефталатная (ПЭТФ) с металлическим слоем	5711505
	пластмассовая упаковка	5711800
	пластмассовая тара из-под парфюмерно-косметических средств	5711900
	полиэтилен	5712100
	полиэтилен, вышедшие из употребления пленочные изделия	5712110
Резина	отходы резиноканевые невулканизированные	5750163-5750175
	отходы подошвенной резины – в производстве обуви код	5750177
	отходы резины производства резиновой обуви	5750179
Отходы текстильные и отходы производства химических волокон и нитей	отходы текстильные	5810101-5810919
	отходы волокна химического, натурального или их смеси	5813901
	отходы раскроя и пошива трикотажных изделий	5813930
	текстиль (искусственный, синтетический, трикотаж, ватин, полотно) в производстве обуви	5830937

Для производства топлива не могут быть использованы и должны быть извлечены из сырья виды отходов, представленные в таблице 5.

Таблица 5 – Отходы, которые непригодны для производства RDF топлива.

Наименование отходов	Код отходов	Класс опасности
Поливинилхлоридные пластики и пленки	5710818	
АБС поливинилхлорид	5711601	3 класс
Отходы, содержащие ПВХ	5711602-5711659	
Фторопласт и другие отходы, которые его содержат	5712600-5712609	

Также должны быть извлечены опасные отходы 1-го, 2-го классов, отходы с неустановленным классом опасности и такие опасные отходы, которые содержат в своем составе свинец, никель, кадмий, ртуть (например, аккумуляторы, батарейки, люминесцентные трубки, термометры).

В связи с неоднородностью ТКО, поступающих на сортировку, необходима их предварительная обработка, позволяющая получить относительно однородную массу отходов для производства RDF - топлива, используемого в цементных печах. Для этого предлагается дооснастить мусоросортировочные комплексы системами автоматической сортировки.

Важным вопросом также является определение химического состава отходов. EURITS является Европейской ассоциацией компаний (Европейский союз за ответственное сжигание и обращение с особыми отходами). Компания EURITS по термической обработке отходов для специализированных отходов опубликовала критерии для отходов, сжигаемых на цементных заводах в качестве заменителя топлива. Также для примера приведены данные цементных заводов в Швеции (таблица 6). Цементная промышленность заявила, что эти критерии слишком строги, особенно в отношении минимальной теплотворной способности.

Таблица 6 – Условия EURITS и шведских заводов для совместного сжигания отходов в цементных печах

Параметр	Единица измерения	Значение		
		EURITS	Завод “Specialbränsle A”	Завод “Lattbränsle”
Теплотворная способность	МДж / кг	15	23.9 – 31.4	25.1 – 31.4
Cl	%	0,5	< 1	< 1
S	%	0,4	N/A	< 0.5
Bг/l	%	0,01	-	-

N	%	0,7	-	-
F	%	0,1	-	-
Be	Мг / кг	1	-	-
Hg/Ti	Мг / кг	2	N/A	< 5 ppm
As, Se (Te), Cd, Sb	Мг / кг	10	< 10 ppm	< 5 ppm
Mo	Мг / кг	20	-	-
V, Cr, Co, Ni, Cu, Pb, Mn, Sn	Мг / кг	200	N/A < 300 ppm - N/A - < 350 ppm - -	< 50 ppm < 30 ppm - < 10 ppm - < 100 ppm - -
Zn	Мг / кг	500	< 2000 ppm	N/A
Содержание зола (без Ca, Al, Fe, Si)	%	5	5 – 10	0.6 – 0.8
ПХБ	Мг / кг	-	N/A	< 5 ppm

Автоматическая сортировка ТКО, основанная на применении оптического сканирования материалов, позволяет повысить степень отбора фракций вторичного сырья, в сравнении с ручной сортировкой. Соответственно, повышается качество отбираемого сырья, пригодного для производства RDF - топлива. Также система автоматической сортировки позволяет исключить попадание в альтернативное топливо компонентов, сжигание которых опасно, например, хлорсодержащих материалов. [9]

Одним из вариантов решения проблемы сортировки хлорсодержащих отходов может стать оптическая сортировочная линия (например, TOMRA, Германия).

Технология основана на определении материала компонентов ТКО путем спектрального анализа отраженного от поверхности распознаваемого материала светового сигнала. Облучение поверхности отходов производится светом обычных галогеновых ламп. При этом специфический отраженный сигнал воспринимается двумя датчиками: один обеспечивает распознавание цвета облучаемого материала, другой определяет сам материал. Сортировка происходит в соответствии с активированным заданием. При совпадении спектров на блок пневмоклапанов подается управляющий сигнал, и в момент прохождения элемента ТКО над соответствующим клапаном он открывается, поток воздуха «отстреливает» элемент, выделяя его, таким образом, из общего потока отходов. «Неотстреленные» элементы идут дальше по технологической цепочке.

По результатам оценки объемов образования ТКО, а также исходя из морфологического состава отходов и доли извлекаемых ВМР, был рассчитан объем отходов, которые потенциально могут быть использованы для производства RDF топлива в стране. По состоянию на 2016 год из 3883,3 тыс. тон отходов может быть получено 291 248 тонн RDF - топлива.

2 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОТВОРНОЙ СПОСОБНОСТИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ ИЛИ ИХ ОТДЕЛЬНЫХ ФРАКЦИЙ; ПЕРЕЧЕНЬ ОБЪЕКТОВ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ТОПЛИВА ИЗ ТКО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ

2.1 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОТВОРНОЙ СПОСОБНОСТИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ И ИХ ОТДЕЛЬНЫХ ФРАКЦИЙ

К основным теплотехническим свойствам твердых коммунальных отходов относят влажность, зольность и теплотворную способность.

Влажность отходов зависит от многих факторов (влажность воздуха, атмосферные осадки, принятая система сбора и т.д.), в том числе от их морфологического состава – отдельные компоненты ТКО характеризуются высокой влажностью (60-70 % у пищевых отходов), в то время как содержанием влаги в других можно пренебречь (стекло, ПЭТ бутылка) [10]. В отсутствие экспериментальных данных, зная морфологический состав отходов и влажность отдельных компонентов, можно укрупненно оценить их общую влажность [11]:

$$W = \sum_{i=1}^n \frac{W_i \times C_i}{100},$$

где W – общая влажность ТКО, мас. %; W_i – влажность i -го компонента ТКО, мас. %; C_i – содержание i -го компонента ТКО в общей массе ТКО, мас. %.

Зольность обычно определяется как содержание в процентах негорючего (на безводную массу) остатка, который создается из минеральных примесей топлива при его полном сгорании.

В отсутствие экспериментальных данных, зная морфологический состав отходов и зольность отдельных компонентов, также можно рассчитать общую зольность ТКО:

$$A = \sum_{i=1}^n \frac{A_i \times C_i}{100},$$

где A – общая зольность ТКО, мас. %; A_i – зольность i -го компонента ТКО, мас. %; C_i – содержание i -го компонента ТКО в общей массе ТКО, мас. %.

Теплотворная способность топлива характеризует количество теплоты, выделяемое при полном сгорании топлива массой 1 кг или объёмом 1 м³ (1 л). Наиболее часто теплотворная способность измеряется в Дж/кг (Дж/м³; Дж/л). Чем выше удельная теплота сгорания топлива, тем меньше его расход. Поэтому теплотворная способность является одной из наиболее значимых характеристик топлива. Удельная теплота сгорания каждого вида топлива зависит: от его горючих составляющих (углерода, водорода, летучей горючей серы и др.), а также от его влажности и зольности.

Теплотворная способность определяется высшей теплотой сгорания (высшая теплотворная способность) — количеством теплоты, которое выделяется при полном сгорании вещества, включая теплоту конденсации водяных паров при охлаждении продуктов сгорания, или низшей теплотой сгорания (низшая теплотворная способность) — количеством теплоты, которое выделяется при полном сгорании, без учета теплоты конденсации водяного пара.

Экспериментальный метод определения высшей теплотворной способности основан на полном сжигании массы отходов в калориметрической бомбе. При отсутствии данных о теплоте сгорания ТКО она может быть ориентировочно определена по формуле [12]:

$$Q_p^H = 4600 - 4A_p - 51,85W_p$$

Где

Q_p^H – низшая теплота сгорания ТКО на рабочую массу, кДж/кг;

A_p – зольность ТКО на рабочую массу, мас.%;

W_p – влажность ТКО, мас.%.

Формула не учитывает морфологический состав (природу компонентов), а оперирует только влажностью и зольностью отходов. На основании данных лабораторного анализа элементного состава отходов теплота сгорания может быть рассчитана по формуле Менделеева [13]:

$$Q_p^H = 4,18 \times (81 C_p + 300 H_p - 26 (O_p - S_p) - 6 (9H_p - W_p))$$

Где:

Q_p^H - низшая теплота сгорания ТКО на рабочую массу, кДж/кг;

C_p – общее содержание углерода, мас.%;

H_p – общее содержание водорода, мас. %;

O_p - общее содержание кислорода, мас. %;

S_p - общее содержание серы, мас. %;

W_p – общая влажность мас. %.

В отсутствие данных об элементном составе ТКО используются данные по брутто-формулам отдельных компонентов [14]

Таблица 7 – Брутто-формула и содержание отдельных элементов в составе ТКО

Наименование компонента ТКО	Брутто-формула	Молярная масса	Элементный состав на сухую беззольную массу, мас. %				
			C	H	O	N	S
Бумага	C580,6H952,3O440,8N,49S	15051,9	46,3	6,3	46,9	0,3	0,2
Дерево	C1321H1904O855,6N4,6S	31542,0	50,3	6,0	43,4	0,2	0,1
Текстиль	C978,8H1396O416,8N70,2S	20825,2	56,4	6,7	32,0	4,7	0,2
Кожа	C404,4H634,9O58,1N57,2S	7202,1	66,7	8,8	12,9	11,1	0,4
Резина	C454,9H69,4NS	5574,2	97,9	1,2	0,0	0,3	0,6
Пластмасса	C3,5H5,0OS	63,075	66,7	7,9	25,4	0,0	0,0
Пищевые отходы	C320,3H570,9O188,4N14,9S	7606,5	50,5	6,7	39,6	2,7	0,4

Для расчета теплоты сгорания отдельного компонента используются справочные данные, показанные в таблице 8.

Таблица 8 – Справочные значения некоторых характеристик отдельных элементов

Наименование	Влажность, %	Зольность на сухую массу, %	Теплота сгорания на сухую массу, МДж/кг
Пищевые отходы	70	2,0	12,50
Растительные отходы	60	3,8	14,70
Картон	15	3,0	17,50
Бумага	15	8,0	17,60
Прочая макулатура	20	3,0	20,10
Пленка	2	0,1	46,62
Бутылка	2	0,2	22,00
Прочая упаковка	2	2,0	41,63
Прочие полимеры	2	0,1	22,00
Стеклотара	2	98,5	0,15
Прочее стекло	2	100,0	0,15
Черные металлы	3	92,0	0,05

Цветные металлы	3	95,0	0,71
Текстиль	10	8,0	18,84
Дерево	20	2,0	16,45
Комбинированная упаковка	2	5,0	25,00
Электронные отходы	2	8,8	22,00
Прочие комбинированные материалы	2	8,0	12,00
Элементы электропитания	2	85,0	0,00
Ртутьсодержащие отходы	2	99,8	0,00
Краски, растворители	2	2,0	31,50
Медицинские отходы	2	2,0	25,00
Прочие опасные отходы	2	2,0	0,71
Строительные отходы	2	100,0	0,00
Прочие инертные материалы	2	100,0	0,00
Подгузники	30	5,0	12,00
Кожа, резина, обувь	2	1,8	33,50
Прочее	8	5,0	12,00
Отсев	30	50,0	7,00

Расширенный список компонентов состава ТКО позволяет более точно задать теплоту сгорания для каждого компонента (таблица 9).

Таблица 9. – Высшая теплота сгорания при сжигании отходов различных типов. кКал/кг, кДж/кг (сборная таблица от нескольких источников)

Тип отходов	Высшая теплота сгорания	
	кКал/кг	кДж/кг
Ткань - нейлон, нейлон = полиамидное синтетическое волокно	7260	30700
Прорезиненная ткань	6050	25500
Пенопласты – обрезки, крошка	6750	28600
Стекловолоконная лента прорезиненная	4345	18300
Бумага	3970 -4150	16620-17600
Полиэтиленовая пленка	10500	44400
Обрезки ткани, лоскуты	4200	17800
Пластмасса	10000	42000
Резина	7645	32000
Пищевые отходы	1400	6000
Кожа	11000	45000
Древесный мусор (отходы мебели из разнородных материалов)	4700	20000
Свежесрубленная древесина (W*=50...60%)	1940	8120
Высушенная древесина	3400	14240

Тип отходов	Высшая теплота сгорания	
	кКал/кг	кДж/кг
(W=20%)		
Щепа	2610	10930
Опилки	2000	8370
ТКО (усреднен)	2200	9000

*W –средняя влажность отходов составляет 11 %

Из представленного выше анализа можно сделать вывод о том, что наибольшей теплотой сгорания обладают следующие виды отходов: пластмассы, полимерные пленки, кожа, резина, текстиль. После решения вопроса, связанного с высоким содержанием хлора в некоторых пленках и пластмассах, данный перечень отходов предлагается использовать для производства альтернативного топлива. Причем, незначительно меняя количественное содержание именно указанных отходов, можно добиться необходимых для конкретного технологического процесса параметров горения.

Оптимальным составом для производства RDF-топлива калорийностью около 4700 ккал/кг является такой:



Рисунок 3 –Состав RDF-топлива из ТКО

2.2 ПЕРЕЧЕНЬ ОБЪЕКТОВ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ТОПЛИВА ИЗ ТКО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ

2.2.1 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РДФ-ТОПЛИВА НА ЦЕМЕНТНЫХ ЗАВОДАХ

Потребителями RDF-топлива являются, прежде всего, цементные заводы и металлургические печи. Оборудование таких предприятий позволяет сжигать топливо при высоких температурах, что снижает количество вредных веществ в выбросах. Однако необходимо учитывать то, что в процессе сжигания могут возникать различные технические нюансы, от которых зависит качество процесса сжигания. Также установки для обжига клинкера имеют высокие энергетические затраты, порядка 3000-5000 кДж/ кг произведенного клинкера (EU, 2001).

Основными технологическими видами топлива, используемого при обжиге строительных материалов (в частности, цементного клинкера и извести), являются каменный уголь и природный газ. Рассмотрим аспекты использования RDF-топлива в качестве топлива-заместителя природных видов топлива.

По международным оценкам, обычно RDF-топливо состоит из углерода (44-51%), кислорода (29-36%), водорода (5-7%) и различных примесей, таких как азот, калий, сера, хлор и т.д.

RDF-топливо обычно подают в процесс сжигания с помощью отдельной дозирующей системы. Преимуществом «совместного использования» в цементных печах является то, что реакция клинкера при 1450 °С позволяет включить золу и, в частности, химическое связывание металлов в материал клинкера. Токсичные органические соединения полностью разрушаются в пламени при температуре свыше > 2000 °С. Использовать такое топливо при более низких температурах опасно для окружающей среды и здоровья человека. Именно поэтому предполагается недопустимым использовать RDF-топливо в коммунальных печах или котельных без их модернизации.

Известно, что RDF - топливо имеет более низкую теплоту сгорания (15 000-20 000 кДж / кг) по сравнению с традиционными топливами (например, нефтяной кокс - 34 000 кДж /кг.). Шламы имеют еще более низкие показатели, и только смешивание с пластмассой или резиной может увеличить это значение. Поэтому калориметрическое замещение может быть получено только при более высоком расходе топлива.

Прямое замещение первичного топлива в процессе производства представляет собой значительно более эффективное восстановление энергии, чем другие технологии по производству энергии из отходов, обычно достигая 85-95% в зависимости от характеристик отходов.

Таблица 10 – Специфические характеристики процессов на цементных заводах

Название процесса на ЦЗ	Температура	Специфические характеристики
Клинкерный холодильник	Снижает температуру клинкера до 50	Для окончательного охлаждения клинкера после выхода его из зоны охлаждения вращающейся печи
Вращающаяся обжиговая печь	2000-1050	Сжигается вся органика, топливная зола = сырьевой материал, идет в клинкер
Декарбонизатор	1200-880	Диоксид серы и высоко заряженные ионы блокируются за счет присутствия СаО
Подогреватель сырьевой муки	880-100	Выступает в качестве скруббера сухой очистки топочных газов
Сырьевая мельница	880-100	Выступает в качестве скруббера сухой очистки топочных газов
Пылеуловитель или электросепаратор	80-100	До 99,999% удаления пыли

Цементные печи обладают следующими характеристиками, которые позволяют минимизировать вредное воздействие на окружающую среду [15]:

- В печи обжига цементные сырьевые материалы в щелочной среде нейтрализуют токсичные вещества;
- В печах уже имеются эффективные фильтры и пылеулавливатели, что препятствует выбросам диоксинов и тяжелых металлов

Зарубежные мусоперерабатывающие заводы, которые производят RDF-топливо из коммунальных отходов, делают его разного качества в зависимости от требований покупателя. Как правило, качество определяется тем, какова теплотворная способность топлива и содержанием вредных примесей. Именно вредные примеси удешевляют RDF-топливо и чаще всего не позволяют использовать его больше, чем 10—20 процентов от общего количества всего топлива на конкретном предприятии. Те предприятия, что используют большую пропорцию, чаще ремонтируют печное оборудование.

Европейские нормы замещения энергии ископаемого топлива вторичными энергоресурсами в цементной промышленности привела к тому, что баланс потребления топлива цементной промышленностью (в среднем в Европе) выглядит следующим образом: около 10% РДФ топлива, 39% нефтяного кокса, 42% угля и 9% мазута и газа.

Что касается выбросов парниковых газов от сжигания РДФ топлива в таблице 11 приведены экспериментальные выбросы ПГ на цементном заводе в Чехии.

Таблица 11 – Сравнение выбросов загрязняющих веществ при традиционном обжиге клинкера с выбросами при использовании альтернативного топлива.

Выбросы, мг/м ³	Традиционное топливо	Смесь с 30 % альтернативного топлива
пыль	9-10	9-10
NO _x	160	162
SO ₂	76,0	56,36
Cl	1,045	0,762
F	0,057	0,0519
Pb	0,006	0,006
Cd	0,005	0,001
Hg	0,011	0,005
Cr	< 0,001	< 0,001
Zn	< 0,001	< 0,001

По данным экспериментов видно, что сжигание альтернативного топлива в цементных печах не приводит к образованию повышенного количества загрязняющих веществ, а по некоторым параметрам, например, содержанию хлора и тяжелых металлов, превосходит традиционные виды топлив.

2.2.2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РДФ-ТОПЛИВА В КОТЛОАГРЕГАТАХ

Современная стратегия устойчивого развития предусматривает приоритетное использование возобновляемых и местных энергоресурсов с целью экономии истощающихся запасов углеводородного сырья и других ископаемых топлив; минимизацию выбросов в атмосферу парниковых газов, а также токсичных оксидов серы и азота, пыли и т.п.; ослабление зависимости от внешних источников энергии за счет максимального использования местных топливных ресурсов.

При рассмотрении перспектив использования низкосортных видов топлива одним из основных вопросов является их эффективное сжигание без образования больших объемов выбросов загрязняющих веществ.

Как правило в традиционных слоевых топках приходится сталкиваться с рядом проблем: высокая влажность топлива, повышенная зольность, образование спеков, шлакование на колосниковой решетке, низкий коэффициент полезного действия (КПД), неустойчивое горение при высокой влажности, плавление огнеупорного кирпича кладки при высокой калорийности топлив, низкий уровень механизации и автоматизации и др.

Для устранения вышеназванных проблем возможно сжигание в котлах с топками кипящего слоя (далее - КС). Котлы с кипящим слоем используют принцип сжигания топлива

в кипящем слое (псевдооживленном слое). Псевдооживленный слой создает условия, пригодные для равномерного горения топлива по всему объему, что в конечном итоге означает более совершенное сгорание топлива (высокий КПД котла с кипящим слоем) при более низких температурах сгорания и параллельном сокращении образования вредных продуктов сгорания.

Продукты сгорания в кипящем слое содержат значительно меньшее процентное соотношение серы и окисей азота по сравнению с классическим сжиганием.

Котлы с топкой кипящего слоя предназначены для высокоэффективного сжигания различных низкосортных топлив, что при использовании традиционных методов невозможно или малоэффективно: влажность используемого топлива может достигать 65% при содержании золы на сухую массу до 30%. Для более низких значений влажности содержание золы может составлять 40% и выше. При влажности топлива свыше 65% производится подмес различных низкосортных топлив: фрезерный торф без предварительной подготовки, кора, некондиционная щепа, ветки, твердые коммунальные отходы.

Топки кипящего слоя могут быть адаптированы для сжигания:

- древесных отходов мебельного производства, содержащих фенолформальдегидные смолы;
- осадка и ила бытовых сточных вод;
- технологического осадка стоков бумажных производств;
- отходов пивных производств;
- отходов городских парков, например, сено, трава, листва, обрезка деревьев и кустов, компост для энергетического использования;
- сортированных коммунальных отходов,
- мясокостной муки;
- других высоковлажных материалов, сжигание которых как правило не осуществляется.

В некоторых случаях (например, сжигание осадка бытовых и технологических сточных вод) применение технологии сжигания в кипящем слое — это оптимальный метод максимального сокращения объемов отходов за счет их утилизации, а также способ получения дешевой тепловой энергии из отходов.

Технология сжигания высоковлажных и высокозольных осадков в кипящем слое отличается тем, что процесс горения может происходить за счет собственной теплотворной способности осадка.

Основные особенности сжигания топлива, относящиеся только к кипящему слою:

– отсутствие существенных температурных перекосов за счет интенсивного перемешивания частиц топлива, что предотвращает шлакование;

– интенсификация теплопередачи от кипящего слоя к теплопередающим поверхностям (коэффициент теплоотдачи к поверхностям нагрева в кипящем слое составляет в современных топках ~ 250 Вт/м²-К);

– интенсификация горения твердого топлива, за счет увеличения удельной поверхности окисления и постоянного «обновления» его поверхности, благодаря постоянному дроблению и истиранию частиц в мельчайшую пыль.

Предлагаемая технология сжигания позволяет избежать выбросов в атмосферу значительного числа вредных веществ: сажи, монооксида углерода, соединений хлора, оксидов серы и азота, формальдегидов, диоксинов и полиароматических углеводородов. Это обеспечивается за счет организации дожига газов в надслоевом пространстве топки при следующих условиях:

- интенсивном смешивании газов с горячим окислителем;
- высокой температуре процесса дожига (до 1200 °С);
- достаточно продолжительном времени нахождения продуктов в зоне высоких температур ($t > 2$ сек).

Принцип сжигания топлива в кипящем слое может быть использован для:

- Паровых котлов с кипящим слоем для производства пара с параметрами турбины для привода конденсационных или паровых турбин с противодавлением;
- Паровых котлов с кипящим слоем для производства пара для технологических целей или отопления;
- Водогрейных котлов с кипящим слоем;
- Электростанций и ТЭЦ на угле;
- Электростанций и ТЭЦ на биомассе;
- Электростанций и ТЭЦ на комбинированном сжигании большего числа видов топлива;
- Мусоросжигательных станций для промышленных отходов (пластмассы, резина, и т. п.);
- Мусоросжигательных станций для сортированных коммунальных отходов.

К недостаткам топок КС относятся:

- большой недожог в уносе из-за слабого горения над КС, недожог топлива с уносом достигает 10-20% при использовании измельченных углей;
- сложность предварительного разогрева инертной массы и старта;
- неустойчивость работы и зашлаковывание слоя;

– необходимость охлаждения слоя погруженной в КС поверхностью нагрева котла с сопутствующим износом труб, погруженных в слой;

– малая глубина регулирования нагрузки и зашлаковывание слоя при переменных режимах работы.

2.2.3 ПЕРЕЧЕНЬ ПРЕДПОЛАГАЕМЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ПРОИЗВОДСТВУ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ RDF – ТОПЛИВА

Потенциальными потребителями RDF-топлива являются цементные заводы – открытые акционерные общества «Белорусский цементный завод», «Кричевцементношифер», «Красносельскстройматериалы». Согласно Концепции создания мощностей по производству альтернативного топлива максимальная потребность в RDF-топливе после проведения полной технологической реконструкции цементных заводов с созданием как технологии подачи, так и проведением модернизации существующего теплотехнического оборудования составит в ОАО «Красносельскстройматериалы» 120 тыс. тонн RDF-топлива в год, ОАО «Кричевцементношифер» и ОАО «Белорусский цементный завод» – 210 тыс. тонн RDF-топлива в год [1].

Также предлагается использовать альтернативное топливо в котлах с топками кипящего слоя.

Как уже отмечалось, на цементных заводах предполагается создание технологических линий по производству RDF-топлива из пре-RDF. В свою очередь строительство новых линий по производству альтернативного топлива на предприятиях, которые имеют в своем составе котлы с кипящим слоем, является нецелесообразным. Такие предприятия готовы покупать RDF – топливо с определенными физико-химическими параметрами, которые были экспериментально признаны пригодными для использования в котлах. Поэтому предлагается создать технологические линии по производству RDF-топлива из ТКО непосредственно на мусоросортировочных заводах.

На некоторых мусоросортировочных заводах в Республике Беларусь уже рассматривался вариант производства RDF- топлива. Так на КПУП "Гродненский завод по утилизации и механической сортировке отходов" сейчас извлекается примерно 20 процентов BMP. Остальная часть поступает на захоронение. По оценкам специалистов завода еще 30 процентов отходов можно извлечь для получения RDF-топлива.

На Брестском мусороперерабатывающем заводе также планируют создать цех по производству RDF-топлива. В год по подсчетам специалистов, можно получать до 11 тыс. т. RDF-топлива, именно на это количество снизится нагрузка на полигон. Если сейчас в Бресте захоранивается 51 тыс. т ТКО или 53 % от общего объема отходов, то

после внедрения автоматической линии сортировки эта цифра снизится до 46,5 тыс. т (48 %), а после запуска цеха по производству RDF-топлива — до 35 тыс. т (36 %).

Заниматься внедрением новой технологии мусороперерабатывающий завод будет в тесной связке с КУПП «Брестское котельное хозяйство». Строительство промышленных экспериментальных котлов с кипящим слоем для выработки тепловой энергии планируется на котельной «Катин Бор».

В РУП «Белнипиэнергопром» с 2003 г. в рамках государственной программы строительства энергоисточников на местных видах топлива осуществлялось проектирование энергетических объектов, использующих АТ (табл. 12). В проектах использовано оборудование белорусских, российских и европейских производителей.

Таблица 12 – Перечень котлов с кипящим слоем, установленных на предприятиях, и являющихся потенциально возможными потребителями альтернативного топлива

НАИМЕНОВАНИЕ ОБЪЕКТА	ГОДЫ ВВОДА	ТУРБОАГРЕГАТЫ		ПАРОВЫЕ КОТЛЫ				ОПИСАНИЕ
		КОЛИЧЕСТВО И ТИП АГРЕГАТА	МОЩНОСТЬ, МВт	КОЛИЧЕСТВО И ТИП АГРЕГАТА	СЖИГАЕМОЕ ТОПЛИВО	ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, т/ч	ПАРАМЕТРЫ ПАРА МПа/С	
Бобруйская ТЭЦ-1 (РУП "Могилев-энерго")	2005			1*к/а КЕ-30 ИНЭКО	лигнин, торф	30	3,9/440	Котельная установка реализует технологию двухстадийного сжигания топлива с предварительной его газификацией в предтопке кипящего слоя и дожиганием продуктов газификации в топке котла. Промышленная эксплуатация показала, что котел обеспечивает устойчивое сжигание гидролизного лигнина (отходов Бобруйского гидролизного завода, ранее складированных на специальном полигоне), фрезерного торфа, а также смеси этих видов топлива без подсветки природным газом. При сжигании топлива проектного качества (влажность до 52%) котел способен нести тепловую нагрузку 35-37 т пара в час. Котел в настоящее время сжигает не только гидролизный лигнин и фрезерный торф, но и древесное топливо.
БелГРЭС (РУП «Витебск-энерго»)	2006	1*т/а ПТГ-1,2-0,4-2,4/0,12	1,2	1*КЕ-20-24	древесина	20	2,4/350	
Котельная в г. Вилейке (ГУП "Вилейское ЖКХ")	2006	1*т/а Р-2,4-2,3/0,12	2,4	1*КЕ-25-2,4-350	древесина	25	2,4/350	
Жодинская ТЭЦ	2009			1*Е-60-9,5-510 ИНЭКО	торфяные брикеты	60	9,5/510	ТЭЦ осуществляет комбинированную выработку электроэнергии и тепла в

НАИМЕНОВАНИЕ ОБЪЕКТА	ГОДЫ ВВОДА	ТУРБОАГРЕГАТЫ		ПАРОВЫЕ КОТЛЫ			ОПИСАНИЕ	
		КОЛИЧЕСТВО И ТИП АГРЕГАТА	МОЩНОСТЬ, МВт	КОЛИЧЕСТВО И ТИП АГРЕГАТА	СЖИГАЕМОЕ ТОПЛИВО	ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, т/ч		ПАРАМЕТРЫ ПАРА МПа/С
(РУП «Минск-энерго»)					древесина			экономичном теплофикационном режиме
БелГРЭС (РУП «Витебск-энерго»)	2012			1*Е-30-3,9-440ДФ Белоозерский энергомеханический завод	древесина	30	3,9/440	
Котельная в г. Лунинац (Филиал "Пинские тепловые сети" РУП "Брест-энерго")	2016	1*т/а Р-4-3,9/0,49-0,12	4,0	Е-20-3,9-440ДФ Е-20-3,9-440 ДФ ОАО «Белоозерского энергомеханического завода» и ОАО «НПО ЦКТИ»	древесное топливо, фрезерный торф	20 10	3,9/440	
Мозырская ТЭЦ (РУП «Гомель-энерго»)	2013			паровой котел производительностью 200 т/час	фрезерный торф	200	14,0/550	Реализация этого решения позволило вытеснить из топливного баланса определённую часть газо-мазутного топлива (138,67 тыс. ту.т.) и обеспечить повышение эффективности использования местных топливно-энергетических ресурсов
Котельная в г. Ошмяны (РУП «Ошмянское ЖКХ»)	2009		3,0		фрезерный торф			

3 ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА ИЗ ТКО, СХЕМА СБОРА И ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ В ТОПЛИВО

3.1. ПРОГНОЗ НАЛИЧИЯ СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА ДО 2035 Г.

По состоянию на 2015 год в Республике Беларусь было образовано 3852,4 тыс. тонн ТКО. Объем извлечения ВМР достиг 15,6 %, что эквивалентно 600 тыс. тонн ВМР (из них: 323 тыс. тонн отходов макулатуры, 164 тыс. тонн отходов стекла, 52 тыс. тонн отходов пластика и др.). В настоящее время в Республике Беларусь функционирует 61 станция сортировки и МПЗ, проектной мощностью 717,533 тыс.тон в год. Прогнозные уровни извлечения ВМР из ТКО приведены в табл. 13.

Данные об объемах образованных коммунальных отходов формируются в тысячах метров кубических; для пересчета в тонны используется коэффициент плотности 0,18 тонн/куб.м. согласно приказу Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь № 194 от 21.12.2010 "Об утверждении методологических рекомендаций и нормативов". По состоянию на 03.11.2017 г. производился перерасчет количества ТКО с использованием коэффициента, указанного выше. Количество образовавшихся ТКО за 2015 год составило 3852,4 тыс. тонн. Данное значение учитывалось при проведении расчетов за 2015 г.

Учитывая морфологический состав ТКО, для производства RDF-топлива может быть использовано 25% от объема образовавшихся отходов. Расчет объемов производства RDF-топлива производился на основе опыта польских коллег. По их данным, из одной тонны ТКО можно получить 0,5 тонны (50 %) пре-RDF-топлива, а из одной тонны пре-RDF-топлива – 0,6 тонны (60 %) RDF-топлива.

Прогнозные значения извлекаемого ВМР в процентах от общего количества ТКО содержатся в Концепции создания мощностей по производству альтернативного топлива из твердых коммунальных отходов и его использования, утвержденной Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 22.08.2016 № 664.

Прогноз населения Республики Беларусь до 2035 г. использован из международного источника.

Общее количество образуемых ТКО в стране рассчитано с использованием коэффициента образования ТКО на душу населения в год.

Таблица 13 – Прогнозные показатели необходимых данных для расчета объемов производства альтернативного топлива из ТКО

Год	Количество во ТКО за год, тыс. тонн	Количество ТКО на душу населения в год	Население страны, млн.чел	Количество ТКО для производства RDF от общего количества ТКО	Количество ВМР от общего количества ТКО	Объем ТКО, вывозимых на захоронение, %
2015	3852,4 ²		9,5 ¹	25%	15,6%	59,4
2016	3883,3 ¹		9,5 ¹	25%	15,4% ³	59,6
2020	3255	320-380 ⁴ кг	9,3 ⁵	25%	19% ⁶	56
2025	3185	320-380 ³ кг	9,1 ⁴	25%	21%	54
2030	3115	320-380 ³ кг	8,9 ⁴	25%	23%	52
2035	3045	320-380 ³ кг	8,7 ⁴	25%	25% ⁵	50

Концепция создания мощностей по производству АТ из ТКО утвердила необходимое фактическое потребление RDF-топлива для трех планируемых потребителей на уровне 330 тыс.тон RDF-топлива в год (ОАО "Белорусский цементный завод", ОАО "Кричевцементношифер", ОАО "Красносельскстройматериалы").

Исходя из вышеизложенных данных в таблице 13, были произведены расчеты предполагаемых объемов производства альтернативного топлива из ТКО (прогнозные данные до 2035 г.), табл. 14 .

Таблица 14 – Предполагаемые объемы производства альтернативного топлива из ТКО до 2035 года.

Год	Количество ТКО всего, тыс.тон	Количество ТКО, необходимое для производства	Количество полученного пре-RDF-топлива, тыс.тон	Количество полученного RDF-топлива, тыс.тон

² <http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/okruzhayuschaya-sreda/sovместnaya-sistema-ekologicheskoi-informatsii2/i-othody/i-1-obrazovanie-othodov/>

³ <http://www.target99.by/>

⁴ Национальная стратегия по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2035 года, утверждена Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 28.07.2017 № 567

⁵ <https://www.populationpyramid.net/belarus/2017/>

⁶ Концепция создания мощностей по производству альтернативного топлива из твердых коммунальных отходов и его использования, утверждена Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 22.08.2016 № 664 Основные принципы определения морфологического состава твердых коммунальных отходов в городах с разной степенью улучшения жилищных условий, Министерство по вопросам жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь, 2011 г.

		RDF-топлива, тыс.тон		
Согласно Концепции	4400	1100	550	330
2015	3852,4	963,1	481,55	288,93
2016	3883,3	970,825	485,4125	291,2475
2020	3255	813,75	406,875	244,125
2025	3185	796,25	398,125	238,875
2030	3115	778,75	389,375	233,625
2035	3045	761,25	380,625	228,375

3.2 МЕТОДОЛОГИЯ РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА ИЗ ТКО

Как указано в настоящем отчете, по технологическим условиям для сжигания альтернативного топлива подходят предприятия по производству цемента, а также предприятия, которые используют котлы с топками кипящего слоя. Для расчета выбросов парниковых газов от сжигания альтернативного топлива с получением электро- и теплоэнергии используются Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006 (Том 2 Энергетика, том 5 Отходы) [16].

В рамках секторального подхода, выбросы от стационарного сжигания топлива устанавливаются по ряду видов социальной и экономической деятельности, определенных в пределах сектора МГЭИК. В данном отчете мы рассмотрим сектор 1 А Деятельность, связанная со сжиганием топлива, подсектора 1А1а Основная деятельность, производство электроэнергии и тепла; 1А2f Неметаллические минералы в секторе «Энергетика», таблица 15.

Таблица 15 – Детальная разбивка сектора по стационарному сжиганию

Код и наименование	Определение	
1 А	Деятельность, связанная со сжиганием топлива	Выбросы в результате преднамеренного окисления материалов в оборудовании, предназначенном для производства тепла и производящем его в виде собственно тепла или механической работы для того или иного процесса или для использования за пределами такого оборудования.
1 А 1	<i>Энергетические отрасли</i>	Охватывает выбросы от топлива, сжигаемого при добыче топлива или в энергопроизводящих отраслях.
1 А 1а	<i>Основная деятельность,</i>	Сумма выбросов от основной деятельности при производстве электроэнергии и тепла, комбинированное производство тепла и

	<i>производство электроэнергии и тепла</i>	электроэнергии и тепло, производимое тепловыми станциями. Основные организации по производству электроэнергии и тепла (прежнее название - коммунальные услуги) определяются как предприятия, чья основная деятельность состоит в снабжении населения коммунальными услугами. Могут находиться в частной или общественной собственности. Следует включить также выбросы от производства топлива для собственного потребления. Выбросы от самостоятельных производителей (предприятий, которые вырабатывают электрическую энергию/тепло полностью или частично для собственного пользования, в качестве вида деятельности, направленного на поддержку своей основной деятельности), следует относить к сектору, в котором указанная продукция была произведена, а не к категории 1A1 а. Самостоятельные производители могут находиться в частной или общественной собственности.
1 A 2	<i>Производственные отрасли и строительство</i>	Выбросы от сжигания в отраслях промышленности. Также включает сжигание при производстве электричества и тепла для собственного использования в указанных отраслях. Выбросы от сжигания топлива в коксовых печах в сталелитейной и металлургической промышленности должны учитываться в 1A1, а не в категории производственных отраслей. Выбросы отраслей производства должны быть определены подкатегориями, соответствующими Международной классификации промышленных стандартов всех видов экономической деятельности (ISIC). Энергия, используемая в отрасли для транспортных нужд должна учитываться не здесь, а в категории «Транспорт» (1A3). Выбросы, возникающие от использования в отрасли внедорожного транспорта и прочих транспортных средств должны по возможности обозначаться как отдельная подкатегория. Для каждой страны, выбросы категорий отраслей, сжигающих большие объемы топлива по ISIC должны учитываться так же, как и прочие значимые производители выбросов или поглощений. Рекомендуемый список категорий приводится ниже.
1 A 2ii	Неметаллические минералы	Включает такие продукты, как стекло, керамика, цемент и т.д. Группа ISIC 26

Как правило, выбросы каждого парникового газа (кроме прекурсоров), связанные со стационарными источниками, рассчитываются посредством умножения данных о сжигании топлива на соответствующий коэффициент выброса.

Расчет выбросов парниковых газов от сжигания топлива в секторе Энергетика производится на основании топливно-энергетического баланса Республики Беларусь (далее - ТЭБ), предоставляемого Национальным статистическим комитетом Республики Беларусь. Данные ТЭБ отражаются в единицах условного топлива.

При оценке выбросов ПГ с использованием методологии уровня 1 согласно Руководящим принципам МГЭИК, 2006 необходимы данные о количестве топлива, сожженного в каждой из категории источников и значения коэффициента выбросов по умолчанию для каждой категории источника и топлива.

Выбросы парниковых газов при стационарном сжигании топлива рассчитываются по следующему уравнению:

$$\text{Выбросы, ПГ, топливо} = \text{Потр. топлива}_{\text{топливо}} \times \text{Коэфф. выбросов}_{\text{ПГ, топливо}}$$

где:

Выбросы, ПГ, топливо = выбросы данного ПГ по типу топлива (кг ПГ)

Потребление топлива топливо = количества сожженного топлива (ТДж)

Коэффициент выбросов ПГ, топливо = коэффициент выбросов данного ПГ по типу топлива (кг газ / ТДж). Для CO₂ он включает коэффициент окисления углерода, принятый равным 1.

Коэффициент перевода одной калории в джоуль составляет 4,184.

Средний коэффициент выбросов из установок для сжигания RDF составлял 59,7 Мг / ТДж. [17]

Исходя из вышеизложенного были рассчитаны фактические выбросы за 2015-2016 гг., прогнозируемые выбросы согласно Концепции и прогнозируемые выбросы до 2035 г. при использовании RDF – топлива. Были также рассчитаны выбросы CH₄ и N₂O с использованием коэффициентов по умолчанию. Результаты представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Выбросы ПГ при использовании альтернативного топлива, Гг в CO₂ экв.

№	Количество использованного RDF – топлива, тонн	Коэффициент выбросов CO ₂ , Мг/ТДж.	Усредненная теплотворная способность RDF топлива, ккал/кг ⁵	Выбросы CO ₂ , Гг	Коэффициент выбросов CH ₄ (по умолчанию, согласно Руководящим принципам МГЭИК, 2006)	Выбросы CH ₄ в эквиваленте CO ₂ , Гг	Коэффициент выбросов N ₂ O (по умолчанию, согласно Руководящим принципам МГЭИК, 2006)	Выбросы N ₂ O, Гг в CO ₂ экв.	Итого выбросы ПГ от сжигания, Гг CO ₂ RDF
Согласно Концепции	330 000	59.7	4700	38.74	300	48.67	4	7.74	95.15
2015	288 930			33.92		42.61		6.78	83.31
2016	291 248			34.192		42.98		6.82	83.99
2020	244 125			28.659		36		5.73	70.39
2025	238 875			28.04		35.23		5.6	68.87
2030	233 625			27.427		34.46		5.48	67.37
2035	228 375			26.81		33.68		5.35	65.84

Для оценки экологической выгоды от использования альтернативного вида топлива по сравнению с традиционным захоронением ТКО на полигонах были рассчитаны выбросы ПГ от захоронения того количества отходов, которое согласно нашим расчетам могут быть использованы для производства RDF – топлива.

Для расчетов были использованы Руководящие принципы МГЭИК 2006, том 5 Отходы. Выбросы метана были рассчитаны с использованием следующего уравнения для расчета выбросов по методу уровня 1:

$$CH_4 = \left(MSW_T \times MSW_F \times MSF \times DOC \times DOC_F \times \frac{16}{12} - R \right) \times (1 - OX),$$

- где MSW_T – общий объем образования ТКО, Гг/год;
 MSW_F – доля ТКО, захороненных на свалках;
 MSF – коэффициент коррекции потока метана (доля);
 DOC – доля потенциально разлагаемого органического углерода;
 DOC_F – доля органического вещества, которая фактически разлагается;
 F – доля метана в образующихся на свалках газах (типичное значение 0,5);
 R – утилизированный метан, Гг/год;
 OX – коэффициент окисления (обычно 0).

С учетом данных Минжилкомхоза о морфологическом составе отходов за 2010 гг. был рассчитан показатель DOC (доля способного разлагаться органического углерода), величина которого составила 0,208991. Детальные расчеты представлены в Национальном докладе о Кадастре выбросов парниковых газов за 1990-2016 гг.

Выбросы метана от захоронения коммунальных отходов и сравнительный анализ количества выбросов ПГ в эквиваленте CO₂ при использовании ТКО в качестве альтернативного топлива и при захоронении аналогичного количества ТКО на свалках твердых коммунальных отходов приведены в таблице 3.5.

Таблица 17 – Выбросы ПГ от захоронения ТКО и использования ТКО в качестве АТ, Гг в CO₂ экв

	Количество захораниваемых ТКО, тыс. тонн	Выбросы CH ₄ при захоронении ТКО, эквиваленте CO ₂ , Гг	Выбросы ПГ в эквиваленте CO ₂ при использовании ТКО в качестве АТ, Гг

Данные Концепции из расчета 330 тыс. тонн RDF-топлива	1100	1149,45	95,15
2015	963,1	1006,39	83,31
2016	970,825	1014,47	83,99
2020	813,75	850,33	70,39
2025	796,25	832,04	68,87
2030	778,75	813,76	67,37
2035	761,25	795,47	65,85

Как видно из таблицы 3.5. выбросы при захоронении ТКО на полигонах превышают выбросы при сжигании АТ более, чем в 10 раз.

Экологический эффект от использования АТ является очевидным. На рисунке 4 наглядно показан график выбросов парниковых газов от захоронения твердых коммунальных отходов и при использовании такого же количества твердых коммунальных отходов в качестве альтернативного топлива.

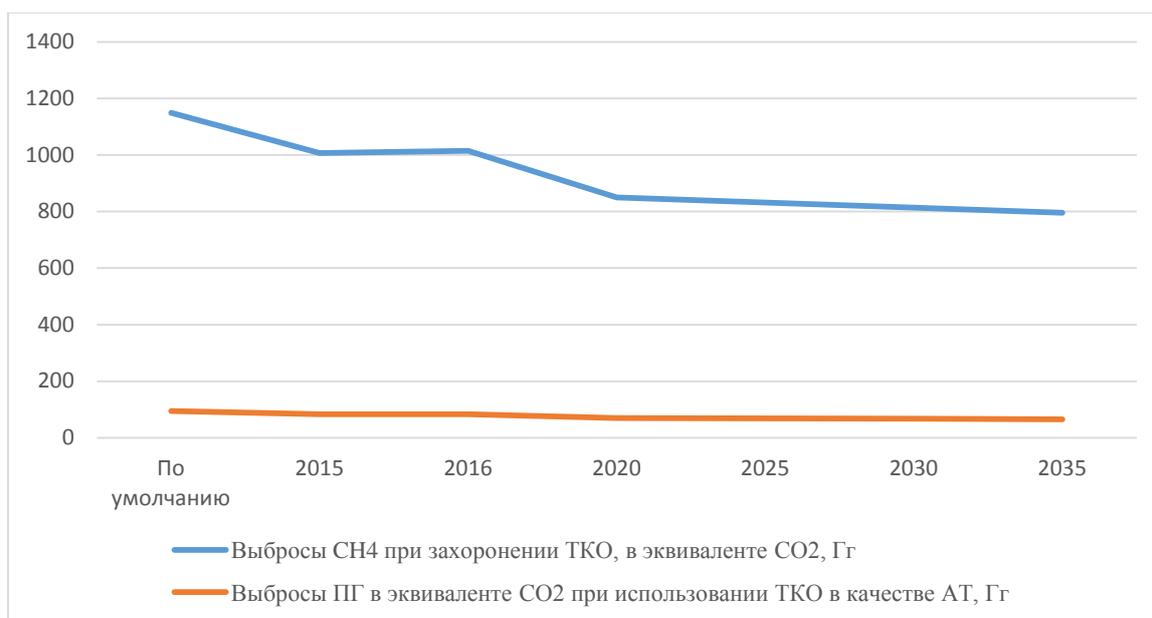


Рисунок 4 – Выбросы ПГ от захоронения ТКО и использования ТКО в качестве АТ, Гг в CO2 эквиваленте

Технологии производства и использования альтернативного топлива имеют также большое значение для Республики Беларусь в выполнении обязательств страны по Рамочной конвенции ООН об изменении климата и Парижскому соглашению по снижению выбросов парниковых газов на 28 процентов по сравнению с уровнем 1990 г.

3.3 СХЕМА СБОРА И ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ В ТОПЛИВО

Пре-RDF-топливо изготавливается на сортировочных комплексах и МПЗ, оснащенных сортировочной линией. Для получения пре-RDF-топлива ТКО привозят на сортировочный комплекс, в начале технологического процесса засыпают в приемный бункер, затем конвейером подаются в грохот, где происходит удаление мелкой фракции размером до 80 миллиметров в виде органики. Из грохота ТКО фракцией более 80 миллиметров транспортером подаются в сортировочную кабину, где происходит сортировка ВМР по видам. Над сортировочным конвейером устанавливается магнитный сепаратор для черных металлов, где происходит извлечение из ТКО металлических предметов. Готовый пре-РДФ-топливо по желобу в конце технологического процесса загружается в биг-бэги, которые погрузчик отвозит на склад для хранения. (принцип: рабочие сдвигают биг-бэг, на его место ставят новый, а наполненный биг-бэг погрузчик везет на склад). Загрузка в тентовую фуру осуществляется также погрузчиком по всей ширине и высоте прицепа.

Исходное сырье (пре-RDF-топливо) для производства RDF-топлива поступает уже в прессованном виде с существующих мусороперерабатывающих предприятий. Далее пре-RDF-топливо ковшовым погрузчиком подается в одновалковый измельчитель, откуда раздробленный материал системой конвейеров направляется в магнитный сепаратор, где отделяются металлические включения. При прохождении через воздушный классификатор поток разделяется на фракции низкой и высокой плотности. Фракция низкой плотности состоит главным образом из пластика, бумаги, картона и органики и имеет более высокую теплотворную способность, представляя собой источник RDF-топлива более высокого качества. Здесь же установлен онлайн-анализатор для выделения хлорсодержащих компонентов, которые направляются за пределы корпуса. После воздушного сепаратора материал подается на вибрационный просеиватель. На этой стадии отделяется и удаляется подавляющая часть инертных материалов. Данная операция позволяет снизить зольность RDF-топлива и содержание вредных загрязняющих элементов, таких как тяжелые металлы. Вторичное измельчение необходимо для получения частиц конечного размера. В соответствии с требованиями потребителя измельчитель может быть настроен на получение желательной гранулометрии RDF-топлива в диапазоне 3580 мм. Высушенное RDF-топливо с влажностью 15% загружается в силос гомогенизации, откуда - в расходный силос, дозируется и системой пневмотранспорта подается на горелку вращающейся печи и в декарбонизатор.

Исходя из вышеописанного процесса, следует резюмировать, что для модернизации цементного завода с целью производства RDF-топлива и его использования, необходимо предусмотреть строительство следующих зданий и сооружений:

- производственно-складской корпус;
- сушилка;
- силос гомогенизации RDF-топлива;
- эстакада транспортировки RDF-топлива;
- контрольно-пропускной пункт с автовесами;
- накопительная площадка;
- трансформаторная подстанция.

Доработка пре-RDF в RDF-топливо осуществляется путем измельчения, сепарации, удаления загрязняющих (хлорсодержащих) элементов с последующим обезвоживанием (сушкой) пре-RDF-топлива. В результате получается высококалорийная фракция размером 20 – 60 миллиметров. В зависимости от требований организаций, где применяется этот вид топлива, оно может использоваться в измельченном состоянии или в виде спрессованных тюков.

Так, модуль для производства пре-RDF-топлива по оснащению МПЗ и сортировочных комплексов состоит из следующих узлов оборудования:

- оптический сепаратор для извлечения хлорсодержащих фракций;
- шредер для измельчения фракций до 80 мм;
- дополнительные конвейеры;
- биг-бэги для сбора пре-RDF-топлива;
- технологический транспорт (погрузчик).

Также для эксплуатации модуля по производству пре- RDF-топлива необходим дополнительный штат сотрудников в количестве 5 человек: 1 водитель погрузчика, 3 рабочих и 1 инженер (на одну смену).

4 НАУЧНО ОБОСНОВАННЫЙ КОМПЛЕКС МЕР ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА

4.1. СХЕМА СБОРА И ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ В ТОПЛИВО, ВКЛЮЧАЯ ЛОГИСТИЧЕСКУЮ СХЕМУ ТРАНСПОРТИРОВКИ ОТХОДОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ АТ, РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТКО В КАЧЕСТВЕ АТ

В данном отчете выполнены расчеты для предприятий по производству пре-RDF-топлива, которое предназначено для сбыта на цементные заводы для его дальнейшей доработки на месте для целей замещения, в первую очередь, каменного угля.

Для расчетов в настоящем отчете в качестве исходных данных приняты следующие параметры, условия и допущения:

Для первого этапа реализации ввода пре- RDF для цементных заводов:

- Объем инвестиций на модернизацию двух цементных заводов составит 14,5 млн. евро;

- Дооснащение действующих МПЗ – 2 млн. евро;

- Производственная мощность сортировочного комплекса, принятая за основу, составляет 120 000 тонн в год (на примере предприятия по сортировке ТКО в Гродно).

- На весь объем заявленных инвестиций планируется привлечь средства «Оператора вторичных материальных ресурсов», ставка дисконтирования — 10%.

- Расчеты были выполнены в соответствии с требованием 158 постановления Министерства экономики Республики Беларусь от 31.08.2005г.

Для второго этапа:

- Объем инвестиций – 118 млн.евро.

4.1.1 ОЦЕНКА НАЛИЧИЯ БЛИЖАЙШИХ СЫРЬЕВЫХ ЗОН ДЛЯ ЗАВОДОВ ЦЕМЕНТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И КОЛИЧЕСТВА НЕОБХОДИМОГО RDF-ТОПЛИВА

Белорусская цементная отрасль представлена тремя крупными производителями:

- ОАО «Красносельскстройматериалы», или КСМ (г. Волковыск, Гродненская обл.).

- ОАО «Белорусский цементный завод», или БЦЗ (г.Костюковичи, Могилевская обл.).

- ОАО «Кричевцементношифер», или КЦШ (г. Кричев, Могилевская обл.).

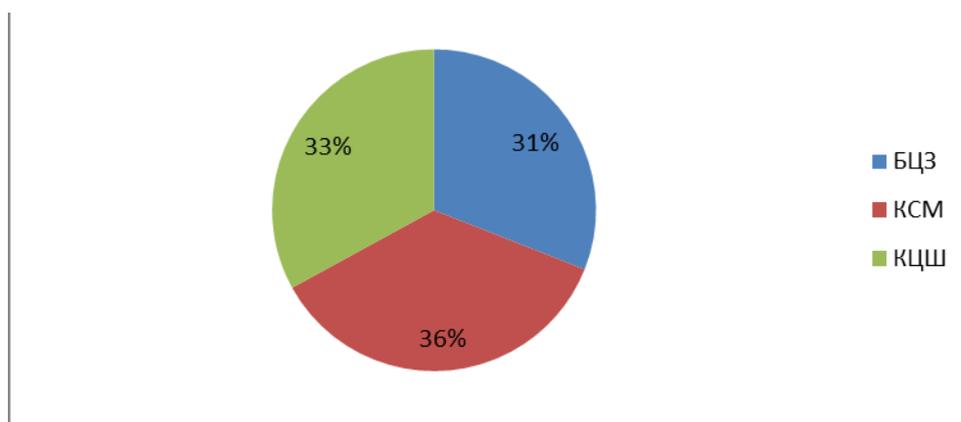


Рисунок 5 – Структура производства цемента по производителям:

Потребность каждого завода в зависимости от его мощности составляет:

- Для ОАО «Красносельскстройматериалы» 120 тыс. тон RDF-топлива в год.
- Для ОАО «Белорусский цементный завод» 102 тыс. тон RDF-топлива в год.
- Для ОАО «Кричевцементношифер» 108 тыс. тон RDF-топлива в год.

Суммарная потребность RDF-топлива в год составляет 330 тысяч тонн в год для трех потенциальных потребителей.

Таблица 18 – Сырьевые зоны для каждого завода:

ОАО «Кричевцементношифер»			
Производства по переработке ТКО (по городам)	Мощность для производства RDF – топлива (тыс.тон топлива)	Мощность для производства пре-RDF – топлива (тыс.тон топлива)	Всего RDF – топлива, необходимого по Концепции (тыс.тон)
Витебск	33	55	108
Могилев	27	45	
Орша	18	30	
Бобруйск	24.75	41.25	
Осиповичи	8.25	13.75	
Кричев	1.5	2.5	
Итого	112.5	187.5	
ОАО «Белорусский цементный завод»			
Гомель	54	90	
Жлобин	6	10	
Рогачев	22.86	38.1	
Светлогорск	4.1	6.83	
Климовичи	16.5	27.5	
Костюковичи			
Мстиславль			
Чаусы			

Чериков			102
Итого	103.46	172.43	
ОАО «Красносельскстройматериалы»			
Брест	30	50	
Гродно	36	60	
Барановичи	9	15	
Лида			
Новогрудок	24	40	
Волковыск	21	35	
Итого	120	200	120

Наличие ближайших сырьевых зон полностью покрывает суммарную потребность заводов цементной промышленности в RDF – топливе.

4.1.2 ЛОГИСТИЧЕСКАЯ СХЕМА ТРАНСПОРТИРОВКИ ПРЕ-RDF – ТОПЛИВА НА ЦЕМЕНТНЫЕ ЗАВОДЫ И РАСЧЕТ ТАРИФА НА УСЛУГИ ПО ПЕРЕВОЗКЕ

Для примера возьмем Гродненский завод по утилизации и механической сортировке отходов, мощностью 120 тысяч тон отходов в год и рассчитаем доставку тонны пре- RDF – топлива до ОАО «Красносельскстройматериалы».

В расчетах учитываются такие данные:

- Километраж. Минимальное расстояние
- Расходы на обслуживание транспортного средства. Амортизация, непредвиденный ремонт.
- Услуги, относящиеся к экспедиторским и охранным.
- Вид груза, предлагаемого для транспортировки. Пре-RDF топливо в тюках. Плотность 450кг/ м³, объем одной тонны Пре-RDF топлива – 2,22 м³.
- Работы, связанные с погрузкой и разгрузкой. Зарплата.
- География перевозки груза. В зависимости от непредвиденных условий возможно увеличение километража доставки.

РАСЧЕТ ТАРИФОВ НА УСЛУГИ ПО ПЕРЕВОЗКЕ ПРЕ-РДФ ТОПЛИВА ВО ВНУТРИРЕСПУБЛИКАНСКОМ СООБЩЕНИИ

Порядок расчета тарифа на транспортные услуги, осуществляемые на территории Республики Беларусь, рассмотрим на следующем примере.

Услуги по перевозке грузов планируется оказывать на седельном тягаче с тентом модели МА3-54323 грузоподъемностью 20 т.

Расстояние перевозки между Гродненским заводом по утилизации и механической сортировке отходов и ОАО «Красносельскстройматериалы» по трассе Р-99 - 160 км в обе стороны. Собственный вес тягача - 13 т. Балансовая стоимость тягача - 35 000 руб. Стоимость используемого автомобильного топлива и шин: стоимость 1 л дизельного топлива по состоянию на 01.03.2018г – 1,31 руб., норма пробега шин - 78 тыс.км. Установленная постановлением министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 6 января 2012 г. № 3 «Об установлении норм расхода топлива в области транспортной деятельности и признании утратившими силу некоторых нормативных правовых актов Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь» линейная норма расхода топлива - 26,9 л ДТ на 100 км пробега (также установлены повышения и линейной нормы при полной загрузке машины, коэффициент повышения составляет 1,3). Пробег автомобиля с начала эксплуатации составил 150 тыс.км.

Расчетные показатели за одну смену работы автомобиля: количество поездок с грузом - 8 рейсов; общий пробег автомобиля за смену - 1280 км, с грузом - 640 км; объем перевозок грузов за смену - 160 т; объем грузооборота за смену в тоннокилометрах – 12800 ткм.

Произведем расчет себестоимости перевозки груза:

1. Заработная плата водителя - 1000 руб., в т.ч.: месячная тарифная ставка – 645,16 руб., сумма премии (30%) – 193,55 руб., надбавка за стаж (15%) – 96,77 руб., за классность (1-й класс - 10%) – 64,52 руб.

2. Отчисления в Фонд социальной защиты населения (35%): 345,00 руб.

3. Топливо.

3.1. Затраты на автомобильное топливо (S_T) рассчитываются исходя из расхода топлива в зависимости от пробега, выполненной транспортной работы, стоимости топлива и определяются по формуле:

$$S_T = R_1 \times Ц_t,$$

где R_1 - расход топлива на плановое задание, л;

$Ц_t$ - цена 1 л (куб.м) автомобильного топлива (цена 1 л ДТ – 1,31 руб.).

Расход топлива в смену (R_1) составит 395,97 л.

Стоимость автомобильного топлива за смену (S_T) составит 518,72 руб.

4. Смазочные и другие эксплуатационные материалы.

Затраты на смазочные и другие эксплуатационные материалы ($S_{см}$) определяются по формуле:

$$S_{см} = S_T \times (N_{см} / 100),$$

где $N_{см}$ - норма расхода смазочных и других эксплуатационных материалов на 1 руб. затрат на топливо, %.

Сборником норм расхода топлива и смазочных материалов на автомобили, автотракторную технику, суда, машины, механизмы и оборудование Республики Беларусь, утвержденным министерством транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 01.01.1999, установлены следующие нормы расхода масел в литрах на 100 л расхода топлива для седельного тягача МАЗ-54323:

- моторные масла - 2,8 л/100 л топлива;
- трансмиссионные масла - 0,4 л/100 л топлива;
- специальные масла - 0,1 л/100 л топлива.

Итого: 3,3 л/100 л топлива.

Таким образом, затраты на смазочные материалы (Scm) составят 17,12 руб.

Норма пластичных смазок установлена указанным выше письмом в размере 0,3 кг/100 л топлива, тогда в нашем случае затраты на пластичные смазки составят 1,56 руб.

Всего затраты на смазочные материалы составляют 18,68 руб.

5. Ремонт и техническое обслуживание автомобиля.

Материальные затраты на техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонт автомобилей определяются согласно нормам затрат на техническое обслуживание и ремонт подвижного состава автомобильного транспорта Республики Беларусь, утвержденным постановлением Минтранса РБ от 19 июля 2012 г. № 391-Ц «Об утверждении рекомендаций по установлению норм времени на единицу транспортной работы, норм затрат на техническое обслуживание и ремонт автомобильных транспортных средств, по следующим формулам:

- на заработную плату ремонтных и вспомогательных рабочих:

$$S_{зп} = ЗП \times СТ \times (L / 1000) \times Кт;$$

- на материальные затраты:

$$S_{мз} = МЗ \times ИЦ \times (L / 1000) \times Кт;$$

- на смазочные материалы:

$$S_{см} = Зт \times (СМ / 100),$$

где ЗП, МЗ, СМ - соответственно нормы по статьям на 1000 км пробега;

СТ - часовая тарифная ставка рабочего 1-го разряда, действующая на предприятии, руб.;

L - планируемый пробег, км;

Кт - корректирующий коэффициент к нормам в зависимости от типа подвижного состава. Для автобусов, легковых и грузовых бортовых автомобилей принимается равным 1, для грузовых автомобилей: тягачей - 0,99, самосвалов - 1,1, цистерн - 1,13, фургонов - 1,05, рефрижераторов - 1,18;

ИЦ - индекс цен производителей промышленной продукции производственно-технического назначения, рассчитанный нарастающим итогом к декабрю 2017 года;

Зт - затраты на топливо, руб.

В нашем случае материальные затраты на ЗП ремонтных и вспомогательных рабочих (Сзп) составят 4179,41 руб.

Месячная тарифная ставка – 645,16 руб.; расчетная норма рабочего времени (в часах) при 40-часовой рабочей неделе в 2018 г. - 2016 ч, т.е. за месяц - 168 ч.; часовая тарифная ставка – 0,58 руб. (исходя из ТС первого разряда 34 руб., применения повышающих ставок за разряд и специальных условий труда), пробег автомобиля в месяц (Лобщ) - 38400 км.

Материальные затраты (Смз) оцениваются в 17487,31 руб.

Индекс цен производителей промышленной продукции производственно-технического назначения за апрель 2018 г., рассчитанный нарастающим итогом к декабрю 2017 г., составил 102 %.

Материальные затраты на ГСМ (Ссм) составляют 7656,31 руб.

Общий расход топлива за месяц определен условно исходя из 30 рабочих дней и составляет 15561,6 руб.

Всего затраты на ремонт и техническое обслуживание автомобиля за месяц составят 29323,03 руб.

6. Амортизация автофургона.

Амортизационные отчисления определяются по формуле:

$$S_{ам} = S_a \times K_{пф} \times K_{на},$$

где S_a - амортизационные отчисления на полное восстановление автофургона, руб.;

$K_{пф}$ - коэффициент, учитывающий сумму амортизации прочих производственных средств, приходящихся на данный вид перевозок, - 1,0;

$K_{на}$ - коэффициент индексации амортизационных отчислений - 0,148.

Балансовая стоимость автомобиля - 35 000 руб.; норма амортизационных отчислений в процентах от стоимости машины: годовая - 12,5%, месячная - 1,0417%. Сумма амортизационных отчислений S_a в месяц равна 364,595 руб., амортизационные отчисления на полное восстановление автомобиля ($S_{ам}$) составят 418,55 руб.

7. Экологический налог.

Объем необходимого в месяц топлива в килограммах 9,53 т.

где 382,72 - расход топлива за смену (л);

30 - количество рабочих дней в месяц;

0,83 - усредненная плотность ДТ для перевода из литров в килограммы.

Экологический налог составит 1205,35 руб.,

где 126,48 - ставка экологического налога для веществ IV класса опасности;

1 - коэффициент индексации ставки налога на 2018 г.

На основании сделанных выше расчетов цена на услугу по перевозке седельным тягачам МАЗ-54323 представлена в таблице 19:

Таблица 19 – Цена на услугу по перевозке седельным тягачам МАЗ-54323

Наименование затрат	Затраты, руб. в день	Затраты, руб. в месяц (30 дней)
1. Заработная плата		1000,00
2. Отчисления в Фонд социальной защиты населения		345,00
3. Топливо		15561,60
4. Смазочные и другие эксплуатационные материалы	18,68	560,40
5. Ремонт и техническое обслуживание автофургона		29323,03
6. Амортизация автофургона (включая индексацию)		418,55
7. Экологический налог		1205,35
8. Полная себестоимость		48413,93
9. Прибыль (20%) (стр.8 x 20 / 100)		9682,79
10. Итого (стр.8 + стр.9)		58096,72
11. Отчисления целевых сборов в бюджет (3% от выручки) (стр.10 x 3 / (100 - 3))		1796,81
12. Итого цена без НДС (стр.10 + стр.11)		59893,52
13. НДС (18%) (стр.12 x 18 / 100)		10780,83
14. Итого цена с НДС		70674,36
Справочно:	День (смена)	Месяц (смены)
1. Количество рабочих дней	1	30
2. Количество ездов	8	240

(рейсов) с грузом за смену		
3. Пробег автомобиля за смену, км – 1280 км, в том числе с грузом - 640 км, за 1 рейс - 160 км	1280	38400
4. Объем перевозок грузов за смену - 160 т, за 1 рейс – 20 т	160	4800
5. Объем грузооборота за смену, ткм (38 км x 3,5 т)	12800	384000

Таким образом, исходя из предоставленного выше расчета, затраты на перевозку 60 000 тыс. тонн пре-РДФ топлива из Гродненского завода по утилизации и механической сортировке отходов в ОАО «Красносельскстройматериалы» составят 848092,32 руб в год.

Стоимость 1 ткм груза составит 0,092 руб.

Используя данную методику, актуальное законодательство и рекомендованные нормы возможно рассчитать затраты на перевозку для каждого из потребителей с учетом специфики предприятия, установленных тарифных ставок, наличия собственного автопарка и т.д.

4.1.3 РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ ДООСНАЩЕНИЯ МПЗ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА RDF-ТОПЛИВА

Инвестиционный план Проекта

С учетом вышеперечисленного, ниже в таблице 20 представлен объем инвестиционных затрат для закупки оборудования и оплаты необходимого объема строительно-монтажных работ на МПЗ, расположенных в близости к цементному заводу, в данном случае ОАО «Красносельскстройматериалы» (в соответствии с данными Концепции). Срок реализации проекта – до одного года (без учета прохождения экологической экспертизы).

Таблица 20 – Объем инвестиционных затрат

№ п/п	Наименование видов работ и затрат	Всего по проекту в текущих ценах на 02.05.2018г.	
		Тыс. рублей	Тыс. Евро*
1	Капитальные вложения по проекту с НДС, всего	1 212,9	500, 0
1.1	в том числе:		
1.2	Строительно-монтажные работы	238, 38	98, 27
1.3	Оборудование, мебель, инвентарь	974, 51	401, 73

	В том числе:		
	НДС	242, 58	100
	Оборотные средства	25, 107	10, 35
	Итого инвестиционных затрат	1 238, 00	510, 35

*Курс Евро Нацбанк РБ на 02 мая 2018г.: 2,4258 BYN за 1 EUR

В таблице 21 рассчитана себестоимость производства одной тонны пре-RDF-топлива.

Таблица 21 – Себестоимость производства одной тонны пре-RDF-топлива

№ п/п	Элемент затрат	Стоимость, тыс. Евро
1	Топливо-энергетические ресурсы Доставка	271 921
2	Амортизация	21 831
3	Налоги	20 115
4	Расходы на оплату труда	2 345
5	Работы и услуги производственного характера	51, 3
6	Полные издержки на производство пре-RDF-топлива	316263,3
7	Удельная себестоимость 1 тонны пре-RDF-топлива	5,27

Себестоимость производства пре-RDF-топлива составляет 5,27 Евро, или 12,79 BYN. Основные статьи затрат: транспортные расходы, топливо-энергетические ресурсы и амортизационные отчисления.

При расчете выручки, статьями дохода были следующие позиции: тариф по обращению с отходами (за сортировку) и цена реализации пре-РДФ в размере 5 Евро/ тонну.

При условии соблюдения вышеперечисленных параметров (а именно: объем инвестиций не более 500 тыс. Евро, производство пре-RDF-топлива в размере 50% от общего объема поступающих отходов на сортировку, расположенность МПЗ в близости к цементному заводу, в данном случае ОАО «Красносельскстройматериалы», и при цене реализации 5 Евро/ тонну), проект является экономически эффективным и реализуемым. Ниже в таблице 22 представлены основные финансовые показатели.

Таблица 22 – Основные финансовые показатели

№ п/п	Наименование показателя	Значение
1.	Чистый дисконтированный доход	99, 853 тыс. Евро
2.	Простой срок окупаемости	2 года и 10 месяцев
3.	Динамический срок окупаемости	3 года и 1 месяц
4.	Внутренняя норма доходности	59, 39%
5.	Индекс рентабельности	2,72

Тем не менее, изучив мировой опыт и проведя дополнительное проведенное исследование среди экспертов и компаний, которые в настоящий момент находятся в стадии пред проектных проработок по установке модуля для производства пре-РДФ-топлива было выяснено, что объем инвестиций в модуль пре-РДФ-топлива составляет около 1 млн. Евро, а большинство крупных МПЗ находятся на более далеком расстоянии от действующих заводов (например, Брестский завод – в 170 км от ОАО «Красносельскстройматериалы», а Гомельский – в 200 км от ОАО «Кричевцементношифер»), что повлечет за собой увеличение амортизационных отчислений, топливно-энергетических ресурсов, транспортных расходов и пр. и, следовательно, уменьшит инвестиционную привлекательность проекта и его экономическую целесообразность. Так, например, увеличение объема инвестиций до 1 млн Евро увеличивает срок окупаемости до 10 лет (при неизменности остальных входных параметров). В ходе исследования было также выявлено, что большинство МПЗ и сортировочных комплексов не загружены на полную мощность, чаще всего по причинам технологических просчетов во время проведения проектных работ и в результате выбора некомпетентного поставщика оборудования. Так, рассматриваемый в примере МПЗ в г. Гродно до настоящего момента не вышел на производственную мощность из-за технологических неполадок и объем отходов, проходящих через сортировочную линию, составляет менее 100 000 тонн в год. С учетом этого фактора, при реализации проекта его реальные показатели будут значительно хуже. Более того, подобная ситуация может привести к нехватки ожидаемых объемов пре-РДФ-топлива, что ухудшит показатели не только проекта по модернизации МПЗ, но и конечного потребителя – цементных заводов.

Согласно Национальной стратегии по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2035 года, отчетность и система аналитического учета ТКО и ВМР, начиная от источников образования и заканчивая их захоронением, а также подходы в определении морфологического состава ТКО и нормативов образования ТКО для повышения достоверности результатов требуют совершенствования. Так, например, реальный объем образования ТКО в Республике Беларусь по массе составляет от 3 до 3,65 млн. тонн в год с учетом ВМР, что на 15 – 20 процентов ниже существующих официальных оценок. Кроме того, существующая «бумажная» система учета не исключает возможности «двойного учета» собранных ВМР.

Учитывая вышесказанное, необходимо провести исследование по фактическому объему образующихся отходов перед внедрением производства и использования пре-RDF-

топлива и RDF-топлива во избежание нехватки ресурсов для производства топлива, что повлечет за собой недозагрузку производства и не окупаемость инвестиций.

Также, положение усугубляет планы введение депозитарной системы, которая является одним из мероприятий Государственной программы «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2016 – 2020 годы, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 21 апреля 2016 г. № 326. Данная программа позволит значительно увеличить выбор вторичных ресурсов, которые в настоящий момент входят в состав смешанной упаковки согласно действующему морфологическому составу ТКО, и могут быть использованы для производства альтернативного топлива.

4.1.4 РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТКО НА ЦЕМЕНТНЫХ ЗАВОДАХ В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА

Постановлением Министерства энергетики Республики Беларусь №55 от 29 декабря 2017 г. утверждена Отраслевая программа развития организаций торфяной промышленности, входящих в системы Министерства энергетики Республики Беларусь, на 2017-2020 гг., которая говорит о том, что необходимо «обеспечить положительные темпы роста производства и реализации торфяной продукции за счет увеличения объемов потребления данной продукции в энергетической отрасли топливно-энергетического комплекса, в сфере жилищно-коммунального хозяйства, сельском хозяйстве, организациями цементной промышленности».

В связи с этим, основным топливом, которое будет подлежать замещению RDF-топливом, является каменный уголь. Использование RDF -топлива позволит частично заместить импортное топливо (каменный уголь), и, тем самым, снизить себестоимость производства цемента.

В рамках настоящей работы был проведен расчет экономической и экологической эффективности использования ТКО в качестве альтернативного топлива на ОАО «Кричевцементношифер» и ОАО «Красносельскстройматериалы». Цель данного мероприятия – разгрузить полигоны, внедрить производство по использованию альтернативного топлива и увеличить эффективность цементных заводов в целом.

В табл. 23 показан годовой расход ископаемых видов топлива на ОАО «Кричевцементношифер», данные предоставлены предприятием.

Таблица 23– Топливо, стоимость и объемы, потребляемые ОАО «Кричевцементношифер».

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Годовой расход топлива в натуральном выражении	Себестоимость топлива	
				1 тонна, руб.	Годовой расход, руб.
1	Торфобрикеты	т	144 000	62	8 928 000
2	Каменный уголь	т	180 332	115	20 738 080

Таблица 24 – Экономический эффект от использования RDF-топлива

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Годовой расход топлива в натуральном выражении	Годовой расход топлива в тоннах условного топлива	Себестоимость топлива	
					1 тонна, руб.	Годовой расход, руб.
2	Каменный уголь	т	180 332	159 721	115	20 738 080
3	RDF-топливо	т	108 000	61714	12,79	1 381 320

Был произведен расчет экономической эффективности при замещении каменного угля альтернативным топливом, табл. 24. Расчеты были произведены в соответствии с Постановлением Национального статистического комитета Республики Беларусь от 29.07.2009 N 105 "Об утверждении Указаний по заполнению в формах государственной статистической отчетности по статистике топливно-энергетического комплекса показателя о расходе топлива в условных единицах измерения". При использовании предполагаемого количества (108 000 тонн) RDF-топлива возможно заместить 38,6% каменного угля (таблица 25).

Таблица 25 – Доля замещения каменного угля альтернативным топливом и годовой расчет экономической выгоды

№ п/п	Наименование показателя	Годовой расход топлива в тоннах условного топлива	Процентная доля топлива	Годовой расход, руб.
1	Каменный уголь	159 721	61,4%	12 720 999

2	RDF-топливо	61 714	38,6%	1 381 320
3	Итого			14 102 319

Исходя из вышеизложенных расчетов, стоимость каменного угля для использования на цементном заводе за год составит 20 738 080 руб., при использовании каменного угля с RDF-топливом годовой расход составит 14 102 319 руб. Экономический эффект от замещения такого количества каменного угля альтернативным топливом составит 6,6 млн.руб./год.

Также был оценен экологический эффект от замещения каменного угля RDF-топливом на примере ОАО «Кричевцементношифер» (таблица 26).

Таблица 26 – экологический эффект от замещения каменного угля RDF-топливом

№	Топливо	Процентная доля использования топлива	Количество использованного топлива за год, тонн	Коэффициент выбросов CO ₂ .	Выбросы CO ₂ за год, Гг
1	Каменный уголь	100%	180 332	11,90 кг/ТДж	216,7
2	Каменный уголь	61,4%	98 007		117,8
3	RDF-топливо	38,6%	108 000	59.7 Мг/ТДж	12,68

После проведенных расчетов видно, что при замещении каменного угля альтернативным топливом количество парниковых газов заметно уменьшается. Так при использовании 100% каменного угля, выбросы углекислого газа составят 216,7 Гг CO₂, а при замещении 38,6% природного топлива выбросы CO₂ сокращаются до 130,48 Гг CO₂ в год.

Суммарный объем производства пре-RDF-топлива на первом этапе составит порядка 75 000 тонн в год, или оценочно 45 000 тонн в год RDF-топлива.

Ниже рассчитана эффективность реализации проекта на примере ОАО «Кричевцементношифер», исходя из объема инвестиций в размере 7 000 млн. Евро.

Таблица 27 – Объем капитальных вложений по видам работ и затрат на ОАО «Кричевцементношифер»

№ п/п	Наименование видов работ и затрат	Всего по проекту в текущих ценах на 02.05.2018г.	
		Тыс. рублей	Тыс. Евро
	Капитальные вложения по проекту с	16 980, 6	7 000

	НДС, всего		
	в том числе:		
	Строительно-монтажные работы	2 668, 2	1 600
	Оборудование, мебель, инвентарь	6 549,7	3 700
	Прочие средства	4 245,1	1 700
	В том числе:		
	НДС	3 517,4	1 450
	Оборотные средства	122, 33	50, 43
	Итого инвестиционных затрат	17 102,9	7 050,43

Курс Евро на 02.05.2018 составил 2, 4258 BYN

Таблица 28 – Расчет годовых издержек на производство RDF-топлива для ОАО «Кричевцементношифер»

№ п/п	Элементы затрат	Ед. изм.	Количество	Цена за ед. (без НДС) руб.	Стоимость, тыс. руб.
Затраты на производство RDF-топлива					
1	Пре-RDF, всего	т	75 000	12,79	909, 675
2	Топливо-энергетические ресурсы, всего				675,282
2.1	электроэнергия	МВт.ч.	3070,9	219	672,527
2.2	теплоэнергия	Гкал	13,5	96,8	1, 306
2.3	водопотребление	тыс.м ³	0,3	2390	0,717
2.4	водоотведение	тыс.м ³	0,3	2440	0,732
3	Расходы на оплату труда с отчислениями от ФОТ	чел.	13	1137,66	13,923
4	Амортизационные отчисления на полное восстановление вновь вводимых основных средств, всего				870,862
5	Текущий ремонт вновь вводимых основных средств	%	20 от п.4		174,172
6	Налоги, всего				45,970
6.1	Экологический налог (за выбросы	т	26,4	300,54	7,934

	загрязняющих веществ)				
6.2	Налог на недвижимость	%	1		38,036
7	Прочие неучтенные затраты	%	от пп.1-6		53,784
	Полные издержки на производство RDF-топлива				2 742, 996
	Удельная себестоимость 1 тонны RDF-топлива				60, 9

Себестоимость 1 тонны RDF-топлива с влажностью 15% по проекту определена в сумме 60,9 руб. (25,1 Евро). Наибольший удельный вес в структуре производственных издержек составляют закупка пре- RDF -топлива, амортизационные отчисления и затраты на топливно-энергетические ресурсы.

Разница в себестоимости произведенного RDF -топлива составила лишь 5,9% от стоимости торфобрикета. Даже учитывая тот факт, что калорийность RDF -топлива выше торфобрикета на 16,7%, с учетом небольших объемов производства RDF -топлива и того факта, что объем инвестиций и издержек будет скорректирован во время предпроектных и проектных работ, проект не рекомендуется к реализации без дополнительных технических и проектных проработок. В случае, если результаты дополнительного исследования подтвердят достоверность объема инвестиций и себестоимость производства RDF -топлива, то проект рекомендуется к реализации при условии, что планируется постепенное увеличение доли потребления РДФ-топлива.

Также были произведены расчеты экономической эффективности использования ТКО в качестве альтернативного топлива на ОАО «Красносельскстройматериалы».

Предусмотрены поставки пре-RDF –топлива в объеме 125 000 тонн в год или 75 000 тонн RDF –топлива. Учитывая большой объем сырья при незначительном изменении инвестиций, были составлены следующие расчеты и получены следующие результаты.

Таблица 29 – Объем капитальных вложений по видам работ и затрат для ОАО «Красносельскстройматериалы»

№ п/п	Наименование видов работ и затрат	Всего по проекту в текущих ценах на 02.05.2018г.	
		тыс. рублей	тыс. евро
1	Капитальные вложения по проекту с НДС, всего	59 702,195	7 500

2	в том числе:		
3	Строительно-монтажные работы	10 837,907	1 700
4	Оборудование, мебель, инвентарь	37 896,203	3 900
5	Прочие средства	10 968,085	1 900
6	В том числе:		
7	НДС	9 947,257	1 500
8	Оборотные средства	783,342	70, 36
9	Итого инвестиционных затрат	60 485,537	7 570,36

Курс Евро на 02.05.2018 составил 2, 4258 BYN

Таблица 30 – Расчет годовых издержек на производство RDF-топлива для ОАО «Красносельскстройматериалы»

№ п/п	Элементы затрат	Ед. изм.	Количество	Цена за ед. (без НДС) руб.	Стоимость, тыс. руб.
Затраты на производство RDF-топлива					
1	Пре-RDF, всего	т	125 000	12,79	1 515
2	Топливо-энергетические ресурсы, всего				969, 131
2.1	электроэнергия	МВт. ч.	4 408,70	219	965,505
2.2	теплоэнергия	Гкал	19,00	95,045	1,8390
2.3	водопотребление	тыс.м ³	0,37	2390	0, 884
2.4	водоотведение	тыс.м ³	0,37	2440	0, 902
3	Расходы на оплату труда с отчислениями от ФОТ	чел.	16	1137,66	16,470
4	Амортизационные отчисления на полное восстановление вновь вводимых основных средств, всего				929,081
5	Текущий ремонт вновь вводимых основных средств	%	20 от п.4		185,8168
6	Налоги, всего				51,263
6.1	Экологический налог (за выбросы загрязняющих веществ)	т	36,1	300,54	10,849

6.2	Налог на недвижимость	%	1		40,413
7	Прочие неучтенные затраты	%	от пп.1-6		73,335
	Полные издержки на производство RDF-топлива				3 740 098,4
	Удельная себестоимость 1 тонны RDF-топлива				49,8

Себестоимость 1 тонны RDF-топлива с влажностью 15% по проекту определилась в сумме 49,8 руб. (20,5 Евро). Наибольший удельный вес в структуре производственных издержек составляют, как и в случае ОАО «Кричевцементношифер», закупка пре-РДФ-топлива, амортизационные отчисления на полное восстановление вновь вводимых основных средств и затраты на топливно-энергетические ресурсы.

С учетом небольшой разницы в себестоимости между торфобрикетами и RDF - топливом (62 руб. и 49,8 руб.), рекомендуется постепенно увеличить объем использования РДФ-топлива для повышения экономической целесообразности его использования. И, как и в случае с ОАО «Кричевцементношифер», провести дополнительные технологические и проектные проработки.

Стоит принять во внимание, что проекты по модернизации как МПЗ, так и цементных заводов, смоделированы в идеальных условиях без учета колебаний, прежде всего негативных, и не учитывают наступление рисков, описанных в примечаниях ниже, которые могут отрицательно повлиять на деятельность нового инфраструктурного комплекса.

Настоящее исследование подтверждает необходимость введения дополнительных экономических инструментов для развития и поддержания производства и использования RDF-топлива в Республике Беларусь; повышения налога на захоронение для стимулирования деятельности по обращению с отходами и прочих мероприятий.

4.2. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТКО В КАЧЕСТВЕ АТ В КОТЕЛЬНЫХ, НА ПРИМЕРЕ ЖОДИНСКОЙ ТЭЦ

В 2008 г. на Жодинской ТЭЦ (Республика Беларусь) был смонтирован котел Е-60-9,5-510 ДФТ паропроизводительностью 60 т/ч, предназначенный для работы на местных видах топлива. Основным топливом на к/а Е-60-9,5-510 ДФТ является дробленый торфобрикет, резервным – топливная щепка и фрезерный торф.

Было получено следующее экспертное заключение от специалистов Жодинской ТЭЦ. На полную рабочую мощность котел вывели только после пяти лет экспериментального подбора фракционного и количественного состава топлива, использование которого не

приводит к сворачиванию кипящего слоя. Экспериментальная часть являлась самым материально затратным компонентом апробации нового котла, включая собственно затраты на ремонт, чистку, перезапуск котла и простой оборудования. Специалисты Жодинской ТЭЦ считают нецелесообразным проводить модернизацию существующего котла для сжигания RDF - топлива в нем без предварительных экспериментальных работ на независимой площадке во избежание простоя оборудования ТЭЦ. Также по оценке финских экспертов для работы котла на альтернативном топливе необходимо устанавливать газоздушный фильтр стоимостью приблизительно 80 тысяч евро. Либо производить очень качественное топливо, в состав которого не будут входить хлорсодержащие пластики, что повлечет за собой определенные затраты на сортировку отходов и отдельное производство альтернативного топлива специально под собственные технические условия.

По предварительным данным, для того, чтобы минимизировать финансовые затраты, более целесообразным решением проблемы могло быть строительство нового котла, и в дальнейшем котельной, работающей только на альтернативном топливе из отходов. Для реализации данного проекта предварительно необходимо провести эксперименты, подобрать правильные размеры топлива, состав топлива и запустить пилотный этап работы котла, чтоб подтвердить эффективность такого котла на альтернативном топливе.

Таблица 31 – Экономический эффект от использования альтернативного топлива в котле с кипящим слоем. Данные о годовом расходе топлива получены непосредственно от ТЭЦ.

№ п/п	Наименование показателя	Цена за 1 т.у.т, руб.	Годовой расход топлива в тоннах условного топлива	Процентная доля топлива	Годовой расход, руб.
1	Щепа	194,66	17826	100%	3 470 009
2	Щепа	194,66	12 478,2	70%	2 429 006,4
3	RDF-топливо	7,29	5 347,8	30%	38 985,46
4	Щепа + RDF-топливо (итого)				2 467 991,9

Жодинская ТЭЦ использует 17826 т.у.т щепы в год, при условии замещения 30% щепы RDF-топливом экономический эффект составит 1 002 017,1 руб. в год.

Выбросы углекислого газа при сжигании биомассы не включаются в национальные итоговые данные в соответствии с Руководящими принципами 2006 года.

4.3 КОМПЛЕКС МЕР ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТКО В КАЧЕСТВЕ АТ

1) Изучена законодательная база возможности использования твердых коммунальных отходов в качестве альтернативного топлива в Республике Беларусь (Закон Республики Беларусь «Об охране атмосферного воздуха» от 16 декабря 2008 г. № 2-3. Изменения и дополнения от 13 июля 2016 г. № 397-3, Концепция создания мощностей по производству альтернативного топлива из твердых коммунальных отходов и его использования (утверждена Советом Министров Республики Беларусь №664 от 22.08.2016), Национальная стратегия по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2035 года (Утверждена Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 28.07.2017 № 567)). В дополнение к этому в рамках работы «Разработать рекомендации по совершенствованию законодательства в сфере использования твердых коммунальных отходов в качестве альтернативного топлива» были разработаны рекомендации для совершенствования законодательной базы для наиболее эффективной реализации принципов максимального использования твердых коммунальных отходов в качестве альтернативного топлива в Республике Беларусь.

Необходимые меры:

Внести изменения в законодательные акты, регулирующие порядок обращения с отходами, в частности:

- внести изменения в проект ТКП «Охрана окружающей среды и природопользование. Отходы. Правила обращения с коммунальными отходами» в части введения новых терминов и определений.
- разработать нормативно - правовой акт (ТНПА), устанавливающий правила по переработке и использованию ТКО в качестве альтернативного топлива, основываясь на результатах данной ГНТП

2) В результате работы был определен оптимальный объем и состав отходов, пригодных для использования в качестве альтернативного топлива (основываясь на данных за 2010 г.). Определено процентное соотношение каждого из компонентов для получения АТ с требуемыми характеристиками.

Необходимые меры.

Провести работу по определению морфологического состава отходов в целом по стране, ввиду наличия только устаревших данных (2010 года) (и в дальнейшем проводить такие работы не реже 1 раза в 5 лет).

3) Рассчитана теплотворная способность каждого из компонентов ТКО. Самыми высокими теплотворными способностями обладают отходы пластмасс и резины, с увеличением объемов извлечения ВМР, качество альтернативного топлива может ухудшаться.

Необходимые меры:

Внедрить полученные результаты работы по определению количественного состава АТ как неотъемлемую часть ТУ и ТР по использованию ТКО в качестве RDF-топлива.

4) Результаты данного исследования подтверждают, что использование RDF-топлива по сравнению с захоронением эквивалентного количества ТКО на полигонах, приводит к значительному снижению выбросов ПГ. Выбросы при захоронении ТКО на полигонах превышают выбросы при сжигании АТ более, чем в 10 раз.

Использование альтернативного топлива имеет важное значение для Республики Беларусь так как позволяет снизить выбросы парниковых газов (обязательства Республики Беларусь по Рамочной конвенции ООН об изменении климата и Парижскому соглашению по снижению выбросов парниковых газов на 28 процентов по сравнению с уровнем 1990 г.).

5) Проведен технико-экономический анализ, который подтверждает целесообразность использования RDF-топлива в цементной промышленности.

Необходимые меры.

Для цементной промышленности

– Основываясь на результатах работы, а также в соответствии с положениями Концепции, провести предпроектную проработку и обоснование инвестиций для модернизации цементных заводов с целью производства RDF топлива и его использования для собственных нужд.

– Утвердить сформированный тариф на услуги по перевозке пре-RDF-топлива от источника производства на цементные заводы.

Для котельных

– Провести экспериментальный подбор качественного и количественного состава АТ; Сформировать перечень предприятий, которые заинтересованы в использовании АТ; рассчитать необходимое количество ТКО, а также рассчитать объем инвестиций на дооснащение для предприятий, включенных в перечень;

– рассчитать объем инвестиций и провести предпроектные работы по строительству заводов для производства RDF-топлива для котельных.

б) Проведен расчет экономической эффективности использования RDF-топлива как в цементной промышленности, так и в котельных установках.

Экономическая эффективность от замещения части природного топлива альтернативным топливом в цементной промышленности и на котельных.

– Использование планируемого количества RDF-топлива позволит заместить 38,6% каменного угля от общего потребления энергоресурсов. Исходя из расчетов, экономический эффект от замещения такого количества каменного угля альтернативным топливом составит 6,6 млн.руб./год.

– При условии замещения 30% щепы RDF-топливом на котельных экономический эффект составит 1 002 017руб. в год.

Необходимые меры:

Использовать результаты настоящего исследования при проведении предпроектных работ по модернизации, дооснащению или строительству новых объектов по использованию АТ.

7) В Республике Беларусь по данным на январь-сентябрь 2017 года функционирует 61 сортировочная станция, общей проектной мощностью 717,533 тыс.тонн отходов в год. Расположение сортировочных станций на значительном расстоянии от производств по изготовлению АТ не позволит достичь прогнозных сроков окупаемости проектов.

Необходимые меры:

– Предложить экономически обоснованную схему расположения производств по изготовлению пре-RDF-топлива в непосредственной близости к потребителям.

5 ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ПРИ СЖИГАНИИ ОТХОДОВ (ИЛИ ИХ ТЕРМИЧЕСКОМ ОБЕЗВРЕЖИВАНИИ)

В Законе Республики Беларусь «Об охране атмосферного воздуха», от 16 декабря 2008г. №2-3 (в ред. от 13 июля 2016 г. № 397-3 (Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 16.07.2016, 2/2395)), говорится о запрете сжигания веществ, которые не являются топливом:

Статья 1. Пункт 22. Закона: *«Топливо – вещества или смесь веществ, предназначенные для получения энергии при их сжигании и соответствующие обязательным для соблюдения требованиям технических нормативных правовых актов».*

Статья 31. Пункт 3. Закона: *«Сжигание не являющихся топливом веществ или смеси веществ, материалов и отходов запрещается, кроме случаев, когда сжигание осуществляется с использованием специальных устройств и соблюдением требований законодательства об охране окружающей среды, в том числе об обращении с отходами».*

По состоянию на 2016 год в Республике Беларусь нет действующих мусоросжигательных заводов.

На основании данных госстатотчетности 1 – отходы (Минприроды) в Республике Беларусь с рекуперацией энергии сжигаются следующие виды промышленных отходов:

- древесные отходы,
- отходы химических производств,
- отработанные нефтепродукты, смазочные материалы, смолы,
- шины.

Без рекуперации энергии с целью обезвреживания сжигаются:

- отходы мясокомбинатов и птицефабрик (как частей, так и туш целиком),
- медицинские, фармацевтические и анатомические отходы,
- загрязненная древесина, текстиль, бумага,
- шламы,
- отходы лаков, красок, смол, растворителей и других химических веществ.

По данным госстатотчетности 1-отходы (Минприроды) в 2016 году обезврежено термическим способом 119,63 тыс. тонн промышленных отходов, из них 119,3 тыс. тонн отходов химического производства и производств, связанных с ними; 0,31 тыс. тонн медицинских отходов.

По данным Руководящих принципов МГЭИК 2006, выбросы от сжигания отходов с регенерацией энергии должны учитываться в секторе «Энергетика», а без регенерации энергии в секторе «Отходы». В данном отчете представлены расчеты для сжигания с/без

рекуперации энергии таких видов отходов: осадки сточных вод, отходы медицинских учреждений, отходы пищевой промышленности, отходы химической промышленности, отходы древесины и древесных изделий, отходы целлюлозы и бумаги, отходы кожи и резины.

5.1. РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ CO₂ ОТ СЖИГАНИЯ ОТХОДОВ

Для расчета выбросов CO₂ в результате сжигания отходов используется информация о количестве и составе отходов, содержании сухих веществ, общем содержании углерода, доле ископаемого углерода и коэффициентах окисления в соответствии с Руководящими принципами МГЭИК, 2006.

Оценочное значение выбросов CO₂, основанное на общей массе сжигаемых отходов рассчитывается по уравнению:

$$\text{Выбросы CO}_2 = \sum_i = (CW_i \times dm_i \times CF_i \times FCF_i \times OF_i) \times 44/12$$

Где:

Выбросы CO₂ = выбросы CO₂ в учитываемом году, Гг/год;

SW_{*i*} = общее количество твердых отходов типа *i* (вес влажного вещества), подвергнутого инсинерации или открытому сжиганию, Гг/год;

dm_{*i*} = содержание сухого вещества в отходах (во влажном весе), подвергнутого инсинерации или открытому сжиганию, (коэффициент);

CF_{*i*} = доля углерода в сухом веществе (общее содержание углерода), (доля);

FCF_{*i*} = доля ископаемого углерода в общем количестве углерода, (доля);

OF_{*i*} = коэффициент окисления, (доля);

44/12 = коэффициент преобразования из С в CO₂;

i = тип отходов: ОМУ – отходы медицинских учреждений, КО – канализационные осадки, другие (необходимо уточнить).

Таблица 32 – Данные по умолчанию для коэффициентов выбросов CO₂ при инсинерации.

Параметры	Практика управления	Промышл. отходы (%)	Отходы мед. учреждений (%)	Сточные осадки (%)	Отходы пищевой промышленности (%)	Отходы химической промышленности (%)	Отходы древесины и древесных изделий (%)	Отходы кожи и резины (%)
Содержание сухого вещества в % во влажном весе		NA*	65	NA*	40	100	85	84
Содержание общей массы углерода в % в сухом весе		50	60	40-50	15	80	43	67
Доля ископаемого углерода в % в общей массе углерода		90	40	0	-	80	-	20
Коэффициент окисления в % от углерода	Инсинерация	100	100	100	100	100	100	100

*NA – не применимо

Таблица 33 – Данные о количестве инсинерированных отходов и выбросы парниковых газов (CO₂) в при сжигании отходов (или их термическом обезвреживании) за 2016 год

	Отходы мед. учреждений	Сточные осадки	Отходы пищевой промышленности	Отходы химической промышленности	Отходы древесины и древесных изделий	Отходы кожи и резины	Итого
Количество отходов, тыс тонн	0,49	197,8	136,17	151,71	692,845	6,43	1185,445
Выбросы ПГ, Гг/год	0,28	326,37	29,96	356,0128	928,53	2,65	1643,8020

В 2016 году в Республике Беларусь выбросы CO₂ от сжигания (обезвреживания термическим способом) отходов по подсчетам экспертов составили 1,8% (1643,8020 Гг CO₂) от общенациональных выбросов.

5.2. РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ CH₄ ОТ СЖИГАНИЯ ОТХОДОВ

Выбросы метана при сжигании (обезвреживании термическим способом) зависят от технологии сжигания и продолжительности процесса сжигания.

Расчет выбросов CH₄, основанный на общей массе сжигаемых отходов, производится по следующей формуле:

$$\text{Выбросы CH}_4 = \sum_i (IW_i \times EF_i) \times 10^{-6}$$

Где:

Выбросы CH₄ = выбросы CH₄ в учитываемом году, Гг/год

IW_i – количество твердых отходов типа *i* (вес влажного вещества), подвергнутого инсинерации, Гг/год

EF_i – составной коэффициент выбросов CH₄, кг CH₄/Гг отходов

10⁻⁶ – коэффициент перевода килограмма в гигаграмм

i – категория отходов, подвергаемых инсинерации

В Руководящих принципах МГЭИК, 2006 коэффициенты выбросов по умолчанию разделены для трех типов сжигания в псевдосжиженном слое и стокерах. В качестве предварительной оценки был использован максимальный коэффициент выбросов метана (для периодической инсинерации в псевдоожиженном слое), который равен 237 кг/Гг инсинерированных отходов на основании влажного веса. Полученное значение составляет 0,28 Гг метана, что составляет 0,0003% общих выбросов в 2016 году. Согласно п.37 (с) Решения КС 24/СР.19) данные выбросы являются крайне незначительными и могут не учитываться в расчете общего баланса выбросов ПГ по стране, т.к. затраты на получение необходимой достоверной информации (в частности режима работы каждой из установок для сжигания отходов) нецелесообразны.

В дальнейшем для целей оценки выбросов ПГ от сжигания (термического обезвреживания) отходов предлагаем использовать упрощенную формулу расчетов с использованием максимального коэффициента выбросов из предложенных по умолчанию в Руководящих принципах МГЭИК, 2006.

5.3. РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ N₂O ОТ СЖИГАНИЯ ОТХОДОВ

Выбросы N₂O рассчитываются исходя из данных о количестве отходов, которые сжигаются в установках и коэффициентов выбросов, установленных по умолчанию в Руководящих принципах МГЭИК 2006.

Расчет выбросов N₂O, основанный на количестве отходов, вводимых в установки для сжигания отходов, производится по следующему уравнению:

$$\text{Выбросы } N_2O = \sum_i (IW_i \times EF_i) \times 10^{-6}$$

Где:

Выбросы N₂O = выбросы N₂O в учитываемом году, Гг/год

IW_i – количество твердых отходов типа *i* (вес влажного вещества), подвергнутого инсинерации, Гг/год

EF_i – составной коэффициент выбросов N₂O, кг N₂O /Гг отходов

i – категория отходов, подвергаемых инсинерации

В таблице 34 приведены коэффициенты выбросов N₂O при инсинерации отстоя сточных вод и промышленных отходов. Общие выбросы закиси азота от сжигания составили 0,157 Гг, что эквивалентно 0,00016 % общих выбросов в 2016 году. Данные выбросы, как описано выше для метана, являются незначительными.

Таблица 34 – Коэффициенты выбросов и расчетное значение выбросов закиси азота при сжигании различного типа отходов (коэффициенты по умолчанию из Руководящих принципов МГЭИК, 2006.)

Тип отходов	Коэффициент выбросов (г N ₂ O/т отходов)	Тип веса	Количество отходов (влажный вес) тыс.тон	Выбросы N ₂ O, Гг
Отходы древесины и древесных изделий	10	Влажный вес	692,845	0,0069
Отходы химической промышленности	9,8	Влажный вес	151,71	0,00149
Сточные осадки	450	Влажный вес	197,8	0,089
Пищевая промышленность	420	Влажный вес	136,17	0,057
Кожа и резина	420	Влажный вес	6,43	0,0027
Всего				0,157

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы были в полном объеме выполнены поставленные задачи:

Выполнена оценка и подбор твердых коммунальных отходов, подходящих по своим физико-химическим свойствам для использования альтернативного топлива в соответствии с классификатором отходов, образующихся в Республике Беларусь.

Проведен сравнительный анализ теплотворной способности твердых коммунальных отходов и их отдельных фракций, подготовлен перечень объектов по использованию топлива из твердых коммунальных отходов для получения энергии (составлен список потенциальных потребителей RDF-топлива, в который вошли цементные заводы и котельные, в структуре которых присутствуют котлы с кипящим слоем).

Оценено воздействие на окружающую среду использования RDF-топлива, рассчитаны прогнозные выбросы парниковых газов при использовании альтернативного топлива из отходов по сравнению с выбросами парниковых газов при захоронении эквивалентного количества отходов на полигонах.

Оценены экономические аспекты производства и использования RDF-топлива на цементных заводах и в котлах с кипящим слоем, рассчитана экономическая эффективность при использовании альтернативного топлива из отходов и ископаемого топлива.

Рассчитаны тарифы для логистической схемы транспортировки отходов и пре-RDF-топлива для использования в качестве альтернативного топлива.

Разработан научно обоснованный комплекс мер по практическому применению твердых коммунальных в качестве альтернативного топлива.

В качестве софинансирования задания выполнена предварительная оценка выбросов парниковых газов при сжигании отходов (или их термическом обезвреживании).

Результаты работы будут использованы для выполнения обязательств Республики Беларусь по РКИК ООН и Парижскому соглашению по снижению выбросов ПГ. Расчеты выбросов парниковых газов внедрены в национальный кадастр в сектора «Энергетика» и «Отходы».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Концепция создания мощностей по производству альтернативного топлива из твёрдых коммунальных отходов и его использования (утверждена Советом Министров Республики Беларусь №664 от 22.08.2016).
2. Использование RDF-топлива в промышленности строительных материалов. Таланова Ю.П., Сергиенко Е.К., Бахмат А.Б. БНТУ
3. Список отходов, упомянутый в статье 7 Директивы ЕС 2008/98/ЕС (List of waste referred to in article 7 of Directive 2008/98/EC).
4. Assessment of waste incineration capacity and waste shipment in Europe / H. Wilts, с. 10
5. Waste-to-Energy Options in Municipal Solid Waste Management, GIZ, A Guide for Decision Makers in Developing and Emerging Countries, May 2017, p. 26-30
6. CEMBUREAU, “Activity Report 2015,” The European Cement Association, Brussel, 2015
7. EUROPEAN COMMISSION Brussels, 26.1.2017 COM(2017) 34 final The role of waste-to-energy in the circular economy
8. Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь (утвержден Постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь 08.11.2007 № 85 (в редакции постановления Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь 31.12.2010 № 63)
9. <http://www.ecorosstroy.ru/RDF/>
10. Ильин G.V., Ustyantsev E.A., Vaysman Ya.I. Resursnyy potencial khvostov ruchnoy sortirovki tverdykh bytovykh otkhodov [The resource potential of the rest of municipal solid waste manual sorting]. Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Urbanistika, 2012, no. 4, pp. 143–152.
11. Г.В. Ильиных ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ. ЗАХОРОНЕНИЕ ОТХОДОВ Пермский национальный исследовательский политехнический университет ОЦЕНКА ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ИСХОДЯ ИЗ ИХ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА
12. Rekomendatsii po proektirovaniyu i ekspluatatsii zavodov po szhiganiyu tverdykh bytovykh otkhodov [Recommendations for the design and operation of plants for municipal solid waste incineration]. Otdel nauchno-tekhnicheskoy informatsii, Akademiya kommunalnogo khozyaystva im. K.D. Pamfilova. Moscow, 1987. 61 p.

13. Mirnyy A.N. [et al.]. Kommunalnaya ekologiya. Entsiklopedicheskiy spravochnik [Communal ecology. Encyclopedic reference book]. Moscow: Prima-Press-M, 2007. 808 p.

14. Armisheva G.T., Korotaev V.N., Krivoshein V.G. Snizhenie ekologicheskoy nagruzki pri obrashchenii s tverdymi bytovymi otkhodami za schet ispolzovaniya goryuchikh komponentov [Reducing the environmental impact when handling municipal solid waste by using of combustible components]. Nauchnye issledovaniya i innovatsii. Perm: Perm. gos. tekh. univ. 2010, vol. 4, no. 3, pp. 3–8.

15. D. Mutz and V. Nandan, “Co-processing Waste Materials in Cement Production. The GTZ-Holcim Public Private Partnership,” International Journal of Environmental Technology and Management, pp. 300-309, 2006.

16. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. – МГЭИК, 2006

17. Estimated CO₂ Emissions and Analysis of Solid Recovered Fuel (SRF) as an Alternative Fuel Sang-Kyun Kim, Kee-Won Jang, Ji-Hyung Hong, Yong-Won Jung¹) and Hyung-Chun Kim*Division of Air Pollution Engineering, Department of Climate and Air Quality Research, National Institute of Environmental Research, Incheon 404-708, Korea [accessed May 07 2018].