

5. Концепция создания мощностей по производству альтернативного топлива из твердых коммунальных отходов и его использования // Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 22.08.2016 № 664. – 2023.

6. Пехота, А. Н. Многокомпонентное твердое топливо / А. Н. Пехота; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2021. – 243 с.

7. Пехота, А. Н. Твердое топливо на основе отходов малоиспользуемых горючих энергоресурсов / А. Н. Пехота, Нга Тху Нгуен, Фап Минь Ву и [др.]. // Наука и техника. – 2021. – № 1. – С. 58–65.

8. Пехота, А. Н. Эффективные способ термической утилизации горючих отходов различных производств / А. Н. Пехота, Б. М. Хрусталеv, В. П. Голубев, А.А. Бойко // Энергоэффективность. – 2024. – № 6. – С. 20–26.

9. Пехота, А. Н. Исследование термоаналитическими методами энергетических свойств брикетированного многокомпонентного топлива / А. Н. Пехота, С. А. Филатов // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – 2022. – Т. 65, № 2. – С. 143–155.

10. Пехота, А. Н. Исследование энергетических характеристик многокомпонентного твердого топлива с использованием некондиционных горючих коммунальных и производственных отходов / А. Н. Пехота // Наука и техника. – 2022. – № 2. – С. 164–174.

11. Карпович, В. А. Высокотемпературная резонансно-микроволновая установка для обезвреживания медицинских отходов / В. А. Карпович, В. П. Голубев, В. В. Сенчук, В. Н. Родионова [и др.] // Экологический вестник России. – 2014. – №. 9. – С. 39–41.

УДК 628.425; 662.8

### **Анализ проблем регенерации энергии с использованием твердых коммунальных отходов**

Згурский Д. А.<sup>1</sup>, Пехота А. Н.<sup>2</sup>, Хрусталеv Б. М.<sup>2</sup>, Голубев В. П.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ГУЖКХ Гомельского облисполкома,  
Гомель, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет,

<sup>3</sup>РНПУП «Институт энергетика национальной академии наук Беларуси»,  
Минск, Республика Беларусь

*Проанализирована возможность применения твердых коммунальных отходов в качестве энергетического ресурса, при этом осуществляется термическая утилизация с десятикратным уменьшением объемов образования отходов.*

Одной из основных целей в области энергосбережения является, получение максимально возможного количества энергии с помощью возобновляемых источников энергии, использования местных видов топлива и вторичных ресурсов. При этом целесообразностью вовлечения этих ресурсов является экономическая и экологическая составляющая [1; 2]. Государственная программа «Национальная стратегия по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2035 года» безусловно дает положительные результаты в решении вопросов, связанных со сбором и переработкой отходов. Однако, для ряда отходов, как накопленных, так и образующихся, нет доступных технологий, позволяющих в полной мере превратить их в предмет «монетизации».

В настоящее время в мире остро стоит вопрос о накоплении и утилизации твёрдых бытовых отходов. Не менее остра и актуальна это проблема и для Республики Беларусь. Жизнедеятельность человека связана с появлением огромного количества разнообразных отходов. В отходах городов и посёлков содержится как ценные металлы чёрные и цветные, так и другие отходы потребления, такие как бумага и картон, стекло, разнообразные пластики и пластмассы, полиэтилен, кожа и резина, дерево, пищевые отходы.

Коммунальные отходы - отходы потребления, образующиеся в населённых пунктах и иных населённых местах, а также отходы производства образующиеся в процессе осуществления экономической деятельности согласно перечню отходов, утверждаемому Министерством жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь [1–3].

Ежедневно жителей нашей страны выбрасывают тысячи тонн ненужных материалов. Растущее количество отходов и нехватка средств их переработки и утилизации характерны для многих городов в мире. Существенный рост образование отходов наметился после 1990 года. Если в 1972 году из населённых пунктов Республики вывозили 4,5 млн. м кубических твёрдых коммунальных отходов (ТКО), то в 2002 году уже 10,3 млн. метров кубических, а в 2018 году 22 млн. м кубических. В 2022 году в Республике Беларусь образовалась более 3,8 млн. тонн коммунальных отходов. Показатель удельного образования твёрдых коммунальных отходов увеличился с 0,485 кг/человека в день в 2012 году, до 1,3 кг/ человека в день, то есть почти три раза и приблизился к величине характерной для стран Евросоюза [4, с. 82–88; 5–6]. Кроме роста объём образования коммунальных отходов произошли существенные изменения и в их составе. возросло содержание компонентов устойчивых к разложению природной среде, а также материалов, которые сложно вернуть в цикл повторного использования. В свою очередь коммунальные отходы содержат ценные компоненты, которые могут применяться как материальные и энергетические вторичные ресурсы.

Среди таких отходов особое место занимают горючие преимущественно по составу органические отходы в виде: твердых коммунальных отходов, отходов от переработки макулатуры (ОПМ), осадка сточных вод очистных сооружений, образующегося в результате очистки хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод (ОСВ), осадок очистных сооружений механической очистки сточных вод от производства бумаги и картона (скоп) и т.п. В свою очередь, как показали проведенные исследования, эти осадки являются энергетически насыщенными горючими отходам, состоящими из органических (от 70 до 98%) и минеральных (от 2 до 30%) веществ, выделяемых из воды в результате механической, биологической и физико-химической очистки. В настоящее время ОСВ, в основном, складывается на территории очистных сооружений, а ОПМ и скоп вывозятся на утилизацию на местные полигоны, что не создаёт благоприятной экологической ситуации в местах их захоронения требует дополнительных подходов в вопросах экологического мониторинга [5; 6; 8–9; 10, с. 148].

Каждый из данных видов обладает своими достоинствами и недостатками. Говоря об коммунальных отходах как наиболее сложных с точки зрения морфологического состава и содержания различных вторичных материальных ресурсов (ВМР). Поэтому, прежде чем приступить к переработке необходимо произвести сортировку ТКО с извлечением ВМР, которые могут быть переработаны. На сегодняшний день в Республике Беларусь сортировка осуществляется на 90 объектах досортировки и сортировки, в том числе на 9 мусороперерабатывающих заводах (города Брест, Барановичи, Витебск, Орша, Гомель, Гродно, Могилев, Минск). В настоящее время завершено проектирование региональных предприятий по переработке коммунальных отходов и начато их строительство в г. Бобруйске, Новополоцке, Могилеве, Гомеле. Также для изъятия ресурсно-ценных компонентов в Республике Беларусь планируется строительство мусороперерабатывающих заводов с суммарной мощностью более 600 тыс. тонн в год. Примерная схема устройств и использования основного технологического оборудования регионального мусоросортировочного завода г. Гомель, представлен на рис.

Важность сбора ВМР при сортировке отходов, например, для последующего сжигания обусловлена не только снижением зольности остатка после сжигания отходов, но и необходимостью сохранения ресурсов и их сбережения и многократного цикличного использования. Для этого сегодня внедрены и действуют следующие механизмы сбора ВМР. Заготовка через систему приемных пунктов, которых в стране около 1700. Раздельный сбор отходов от населения с помощью специально установленных контейнеров, которых в системе сбора ВМР по всей стране задействовано более 336 тысяч. Кстати, очень активно в последнее

время устанавливаются контейнеры в частной застройке, чтобы и у жителей сельских населенных пунктов также была возможность сортировать мусор.

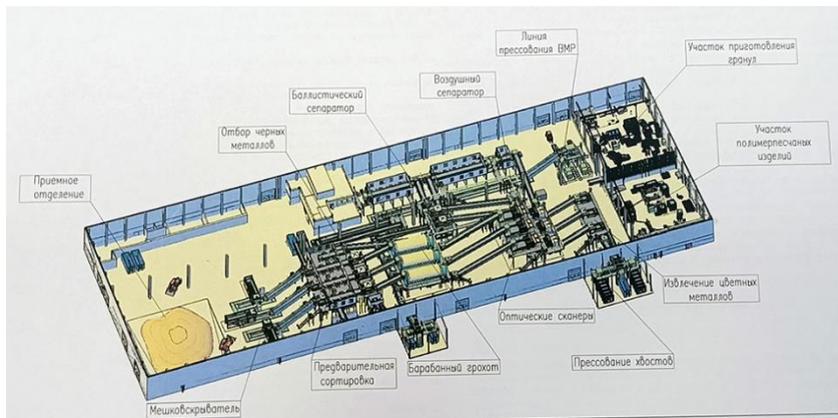


Рис. Схема устройства и использования основного технологического оборудования регионального мусоросортировочного завода г. Гомель

Последующая сортировка смешанных коммунальных отходов происходит на линиях сортировки и мусороперерабатывающих заводах, на которых задействовано около 84 сортировочных линий. В системе сбора вторичных материальных ресурсов сегодня работает 429 организаций жилищно-коммунального хозяйства, потребительской кооперации, организаций ОАО «Белресурсы», а также частных организаций и индивидуальных предпринимателей. В табл. представлены сведения о сборе основных видов ВМР по основным видам в областях Республики Беларусь и г. Минску за 2022 год.

После отделения ВМР основным этапом использования отходов является их утилизация. В настоящее время утилизации отходов методом современной термической утилизации, является сложным и высокотехнологичным вариантом, обеспечивающим десятикратное и более раз уменьшение объёмов отходов. При этом данный подход позволяет устранить некоторые неприятные свойства отходов: запах, выделение токсичных жидкостей, бактерий, а также получить дополнительную энергию, которую можно использовать для получения электричества или тепла. Экологические негативные воздействия, например, мусоросжигательных заводов (МСЗ) в основном связаны с загрязнением воздуха, в первую очередь мелкодисперсной пылью, оксидами серы и азота, фуранами и диоксинами.

Таблица

Сбор ВМР по основным видам по областям и г. Минску за 2022 год

	Отходы бумаги и картона	Отходы стекла	Отходы пластмасс	Изношенные шины	Отработанные масла	Отходы ЭЭО
Брестская область	49,40	24,44	18,26	8,55	2,73	3,25
Витебская область	47,81	26,44	12,17	7,71	2,97	2,80
Гомельская область	46,17	32,58	15,01	7,91	3,11	4,13
Гродненская область	39,50	26,00	12,27	7,87	2,27	2,58
Минская область	47,38	22,64	18,12	9,51	3,26	3,11
Могилевская область	38,92	26,61	12,92	8,46	2,41	2,48
г. Минск	134,69	31,43	18,03	8,94	4,34	3,47
ИТОГО в Республике Беларусь	403,87	190,14	106,78	58,95	21,09	21,82

При этом этот метод не является изобретением современности, так как мусоросжигание как технология уничтожения отходов появилось во второй половине XIX века на родине «промышленной революции» – в Англии. В 1870 году в одном из районов Лондона – Паддингтоне – заработало первое профильное предприятие. В 1874 году еще один завод появился на севере страны в – Ноттингеме. В 1880 году первое предприятие заработало в США, с 90-х годов заводы стали появляться в Нидерландах, Франции, Швейцарии [7]. Однако активное применение ТБО как энергетического сырья началось с середины 70-х гг. в связи с углублением энергетического кризиса и значительным образованием различных видов отходов, утилизацию которых требовала экономика и имеющиеся научные достижения. Было подсчитано, что при сжигании 1 т ТБО можно получить 1300–1700 кВт/ч тепловой энергии или 300-550 кВт/ч электроэнергии. Так, например, в 1996 г. в мире уже действовало около 2400 мусоросжигающих заводов, на которых применялось сжигание ТБО с производством пара и выработкой электроэнергии.

Методы мусоросжигания постоянно совершенствуются. Наиболее распространённым методом утилизации ТКО является сжигание с последующим захоронением образующейся золы на специальном полигоне. Применение ТКО в качестве топлива становится все более актуальным на фоне экологической повестки и стремления мирового сообщества к ресурсосберегающей-зеленой экономике. Твердые бытовые отходы являются топливным ресурсом, постоянно возобновляющимся и постоянно образующимся на любой жилой территории, в любом поселке, районе, городе. В условиях постоянного удорожания энергетического топлива выгода от сжигания ТКО становится существенной. Кроме того, решается задача исключения складирования или захоронения отходов.

Существует довольно много технологий сжигания мусора – камерное, слоевое, в кипящем слое, при этом мусор может сжигаться в смеси с традиционным природным топливом.

### **Выводы**

Исходя из морфологического состава твёрдых коммунальных отходов в Республике Беларусь, можно сделать вывод, что отходы имеют перспективное значение для использования в качестве энергетического топлива.

Действующая система сбора и переработки отходов позволяет извлечь полезные ВМР, направив их на повторное использование и переработку.

Принятая концепция по обращению с ТКО и ВМР предусматривает использование неперерабатываемых отходов, образующихся после процесса сортировки коммунальных отходов в качестве топлива.

Сжигание неперерабатываемых отходов представляется наиболее перспективным направлением, по сравнению с их захоронением, при этом необходимо выработать подходы по сжиганию отходов наиболее экономичным и экологичным способами.

Сегодня хранение ТКО на полигонах считается устаревшим и особенно опасным для окружающей среды. К тому же, количество ТКО на полигонах со временем только увеличивается, что недопустимо. Поэтому сжигание ТКО является приоритетным направлением в области ликвидации отходов, в результате которого еще и вырабатывается полезная энергия, которая окупится в ближайшем будущем. Данный фактор на сегодняшний день можно считать определяющим.

### **Литература**

1. Национальная стратегия по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2035 года: постановление Совета Министров Респ.

Беларусь, 28.07.2017 г., № 567 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2017. – № 567.

2. ГО «Оператор вторичных материальных ресурсов». Отчёт за 2022 – Режим доступа: <https://vtoroperator.by/> – Дата доступа: 01.03.2024.

3. Концепция создания мощностей по производству альтернативного топлива из твердых коммунальных отходов и его использования // Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 22.08.2016 № 664. – 2023 – Режим доступа: <https://government.by/upload/docs/file69078b9e10018d70.PDF>. – Дата доступа: 19.02.2024.

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

5. Труш, Я. В. Анализ данных изучение морфологического состава коммунальных отходов в Республике Беларусь / Я. В. Труш, Е. А. Ботян // РНИУП «БелНИЦ Экология», Экологическая безопасность 1991–2021 – С. 152–156.

6. Пехота, А.Н. Многокомпонентное твердое топливо / А.Н. Пехота // М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2021. – 243 с.

7. Никуличев, Ю. В. Управление отходами. Опыт Европейского союза: аналит. обзор / Ю. В. Никуличев // РАН, ИНИОН, Центр науч.-информ. исслед. глоб. и регион. проблем, отд. проблем европ. безопасности. – М., 2017.

8. Пехота, А. Н. Твердое топливо на основе отходов малоиспользуемых горючих энергоносителей / А. Н. Пехота, Нга Тху Нгуен, Фап Минь Ву [и др.] // Наука и техника. – 2021. – № 1. – С. 58–65.

9. Пехота, А. Н. Эффективные способ термической утилизации горючих отходов различных производств / А. Н. Пехота, Б. М. Хрусталева, В. П. Голубев, А.А. Бойко // Энергоэффективность. – 2024. – № 6. – С. 20–26.

10. Пехота, А. Н. Исследование термоаналитическими методами энергетических свойств брикетированного многокомпонентного топлива / А. Н. Пехота, С. А. Филатов // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – 2022. – Т. 65, № 2. – С. 143–155.