

Гродненский городской исполнительный комитет

Научно-исследовательский центр проблем
ресурсосбережения НАН Беларуси

Гродненская городская инспекция природных
ресурсов и охраны окружающей среды

СИМПОЗИУМ
**«Материальный и энергетический
рециклинг твердых бытовых отходов»**

Гродно – 2004 г.

В тезисах докладов и сообщений симпозиума рассмотрены некоторые актуальные вопросы выбора с учетом требований экологических стандартов и экономической целесообразности альтернативные технологии утилизации образующих и депонированных ТБО, включающих сбор, сортировку, идентификацию, измельчение, материально-сырьевую и энергетическую утилизацию, депонирование не утилизируемых остатков.

Редакторы- составители: А.И.Свириденко, И.М.Алехина, В.Н.Цехан.

Гродно, 2004 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЙ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ <i>А.И.Свириденок</i>	4
ОПЫТ НАЛАДКИ И ИССЛЕДОВАНИЙ УСТАНОВОК ДЛЯ СЖИГАНИЯ ТБО <i>А. Н. Тугов, Г. А. Рябов, Д. С. Литун, О. М. Фоломеев, В. И. Угначев, А. Н. Смирнов, В. А. Белозеров, М. Е. Гендельсман, И. Б. Колин</i>	9
СИСТЕМА ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ «TYRANNOSAURUS» <i>Л. Ментель, О. Дец</i>	11
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕРАБОТКИ ВТОРИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ <i>А.И.Чернорубашкин, А.В.Сиканевич, С.Г.Кудян</i>	14
ОРГАНИЧЕСКИЕ ОТХОДЫ – ЭФФЕКТИВНЫЙ СУБСТРАТ ДЛЯ РАЗВЕДЕНИЯ ВЕРМИКУЛЬТУРЫ <i>О.А.Костин, В.Н.Цехан</i>	18
ТЕРМОХИМИЧЕСКАЯ КОНВЕРСИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОНЕНТОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ <i>В.А.Бородуля, Л.М.Виноградов, С.М.Добкин</i>	20
ОБЛАГОРОЖЕННОЕ ТОПЛИВО ИЗ ОТХОДОВ – ХАРАКТЕРИСТИКИ, ПЕРСПЕКТИВЫ И ИССЛЕДОВАНИЯ <i>Г.И.Пальченко, А.В.Бородуля</i>	22
ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ <i>Januv W. Wandrav</i>	25

ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЙ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

А.И.Свириденюк

Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения НАН Беларуси,
пл. Тизенгауза, 7, 230023, г. Гродно, Беларусь, E-mail: resource@mail.grodno.by

Введение. Рециклинг в современном понимании – это стратегия управления (обращения) отходами, включая твердые бытовые отходы (ТБО).

Проблема необходимости удаления, а затем утилизации отходов жизнедеятельности человека была осознана, как минимум, уже более 10000 лет назад. Об этом свидетельствуют археологические раскопки, обнаруживающие складирование различных отходов тех лет, прежде всего костей животных. А уже примерно в 500 году до новой эры в Афинах была организована, видимо, первая в мире муниципальная свалка мусора за городским валом на расстоянии 1 мили. В средние века отходы размещались в местах, определенных специальными правительственными решениями.

В 1388 г. английский парламент запретил размещать отходы вблизи рек и каналов. А несколько лет позднее в 1400 г. вокруг Парижа образовались «горы» мусора, высота которых стала выше городских ворот, что было признано серьезной угрозой городу и здоровью его населения и потребовало вмешательства муниципалитета. В 1840 г. страны Западной Европы объявили год «санитарной очистки», предусматривающий мероприятия по уничтожению твердых отходов. В 1874 г. В Ноттингеме (Англия) была введена первая система сжигания отходов. В Америке первое муниципальное «мусоросжигательное» предприятие было построено в Нью-Йорке в 1885 г.

В 20-ом веке быстрый рост населения и промышленности, глобализация мировой экономики резко интенсифицировали процессы урбанизации, которые стали существенно опережать естественное восстановление природного комплекса планеты. Это особенно тревожно проявилось в образовании громадного количества различного вида отходов и потребовало от человеческого общества решительных действий, направленных на достижение своего устойчивого развития [1]. Сегодня в странах ОЭСР ежегодно образуется около 600 млн. тонн только бытовых отходов. Эта цифра растет на 10% каждые 5 лет. Около 50% ТБО производится в США и Канаде, и около 35% - в странах ЕС. При этом количество отходов на душу населения колеблется в пределах от 760 (США) до 230 кг (Португалия).

В качестве приоритетов в странах ЕС приняты следующие принципы обращения с ТБО:

- предотвращение и минимизация образования ТБО;
- селективный сбор (сортировка в пунктах сбора) и вторичное использование полезных фракций ТБО;
- термическая обработка (сжигание) горючих не утилизируемых веществ;
- безопасное захоронение негорючих не утилизируемых фракций.

Состав ТБО. Состав ТБО является существенным фактором при выборе технологии обращения с отходами и зависит от социально-экономического положения населения, климатических и других условий (табл. 1).

Характерный морфологический состав ТБО для города с населением 300-350 тысяч человек включает (в % масс.): бумага и картон – 37,03; древесина – 1,8; текстиль – 8,9; кожа и резина – 2,0; пластмасса – 8,9; металлы – 14,3; стекло – 16,1; прочее – 8,9. Таким образом, каждые 100 тысяч тонн ТБО могут включать: около 48 тысяч тонн, содержащих целлюлозу вторичных продуктов, 8900 тонн пластмасс; 14300 тонн металлов, 16100 тонн стекла - веществ, технологии утилизации которых уже разработаны и широко используются [4]. К этому следует добавить, что нередко к названным твердым фракциям

добавляются пищевые отходы, количество которых может достигать 25-35% общего количества ТБО.

О выборе технологий переработки ТБО. Известны четыре основных вида технологий обращения с отходами ТБО: захоронение (депонирование), компостирование, получение вторичных материалов (рециркуляция), термическая обработка (сжигание) и комбинации из вышеназванных технологических процессов.

В табл. 1 приведены данные по использованию методов обращения с ТБО в некоторых странах мира [2].

Таблица 1

<i>Страна</i>	<i>Количество отходов, тыс. тонн в год</i>	<i>Захоронение, % масс.</i>	<i>Компостирование, % масс.</i>	<i>Получение вторичных материалов, % масс.</i>	<i>Сжигание, % масс.</i>
Германия	25000	46,0	2,0	16,0	36,0
Греция	3150	100,0	0	0	0
Дания	2600	29,0	4,0	19,0	48,0
Испания	13300	65,0	17,0	13,0	5,0
Канада	16000	80,0	2,0	10,0	8,0
Нидерланды	7700	45,0	5,0	15,0	35,0
Португалия	2650	85,0	15,0	0	0
США	177500	67,0	2,0	15,0	16,0
Швейцария	3700	12,0	7,0	22,0	59,0
Швеция	3200	34,0	3,0	16,0	47,0
Япония	50000	20,0	5,0	0	75,0

Захоронение – способ наиболее старый и в большинстве стран мира, к сожалению, до сих пор наиболее распространенный. Но под давлением экологических стандартов и нормативов эта технология все больше уступает более эффективным методам обращения с ТБО. Существенную роль в этом играют экономические факторы, вызывающие рост стоимости захоронения ТБО, который особенно заметен в экономически наиболее развитых странах мира. В частности, в США разрешение на захоронение 1 тонны отходов стоит более 100\$, в странах ЕС захоронение 1 тонны бытовых отходов доходит до 200 Евро. И эти цены быстро растут.

Компостирование – существенный шаг вперед по сравнению с захоронением. Это биохимический процесс разложения органической части ТБО микроорганизмами, в результате которого выделяется углекислый газ, вода и тепло. Температура ~65°C уничтожает большинство болезнетворных микроорганизмов, яиц гельминтов и личинок мух. Продуктом компостирования является органическое удобрение или биотопливо. Эта технология, как альтернатива сжиганию, была применена в 1932 г. в Нидерландах [5], но не нашла ожидавшегося широкого распространения из-за низкого качества конечного продукта, прежде всего, из возможности его загрязнения опасными веществами, в частности, тяжелыми металлами.

Современным вариантом компостирования является использование органической части отходов.

Получение (рециркуляция) вторичных материалов из отходов - быстроразвивающееся направление в переработке ТБО. Оно включает процессы сбора, концентрации и доставки ТБО на площадку автоматизированных мусоросортировочных заводов (комплексов). Здесь отходы сортируются по размерам и материалам. При необходимости измельчаются и пакетируются, а затем отправляются на рециклизацию.

В последнее время современные мусоросортировочные заводы стараются превратить их в мусороперерабатывающие комплексы, оснащенные сопутствующими производствами. В частности, МСК «Станко» [6] предлагает модули по переработке отходов пластмасс, по переработке текстиля и древесины для получения

теплоизоляционных плит, по производству полимерно-песчаных строительных изделий, по производству бумаги санитарно-гигиенического назначения и др.

Отобранные в процессе сортировки металлы и стекло отправляются в переработку на специализированные производства. Нересциркулируемые остатки вывозятся на захоронение.

Термическая обработка ТБО – начиналась с простого костра. Современные технологии включают весьма высокотехнологические элементы, содержащие сложные теплофизические схемы, механические и управляющие системы. Основные виды термических процессов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Современные термические технологии переработки ТБО

<i>№</i>	<i>Вид термического процесса</i>	<i>Основные технологические характеристики</i>
1	«Низкотемпературные» и термические процессы (при температуре ниже температуры плавления шлака)	1.1. Слоевое сжигание с принудительным перемешиванием материала; 1.2. Сжигание в кипящем слое; 1.3. Сжигание - газификация в плотном слое кускового материала без принудительного перемешивания.
2	«Высокотемпературные» термические процессы при температурах выше температуры плавления шлака	2.1. Сжигание в слое шлакового расплава; 2.2. Сжигание в плотном слое кускового материала и шлаковом расплаве с принудительным перемешиванием; 2.3. Комбинированные процессы (пиролиз-сжигание, пиролиз-газификация и др.).

Согласование эколого-экономических аспектов – важнейший элемент выбора технологий переработки ТБО. В современных условиях главной является экологическая безопасность технологий на всех этапах обращения с ТБО.

Твердые бытовые отходы представляют собой гетерогенную смесь, в которой могут находиться все химические элементы в виде различных соединений. При этом присутствуют потенциально опасные элементы, характеризующиеся высокой токсичностью, летучестью и содержанием соединений галогенов (фтора, хлора, брома), азота, серы, тяжелых металлов (меди, цинка, свинца, кадмия, олова, ртути) (табл. 3).

Таблица 3

<i>Элементы</i>	<i>Содержание, г/т</i>	
	<i>ТБО</i>	<i>земная кора</i>
Хлор	5000-8000	150
Бром	30-200	2,4
Сера	1000-3000	500
Медь	200-1000	60
Цинк	600-2000	70
Свинец	400-1000	14
Ртуть	0,5-5	0,1
Кадмий	5-15	0,15

Из табл. 3 видно, что концентрация потенциально опасных элементов в ТБО на 1-2 порядка выше, чем их содержит земная кора.

Особенно серьезные опасения и споры ученых-экологов вызывают технологии термической обработки ТБО. При применении сжигания ТБО все летучие продукты попадают в дымовые газы. В неочищенных дымовых газах концентрации выбросов могут достигать (мг/м³): HCl – 300-1000; HBr – 100-500; HF – 2-10; SO₂ – 100-500. Кадмий, ртуть, свинец осаждаются на летучей золе, железо, хром, никель в основном переходят в шлак. Но особую тревогу экологов и общества вызывает образование весьма токсичных долгоживущих соединений – полихлордибензодиоксины (диоксины) и

полихлордифенилы (фураны) [9]. Считается, чтобы снизить на стадии газоочистки содержание диоксинов и фуранов до требуемых норм (0,1 нг/м³), при сжигании должны быть реализованы: «правило двух секунд», требующее нахождение газов в печи при температуре более 850°C и концентрации кислорода более 6%. Могут применяться и методы связывания HCl содой, известью, гидроксидом калия; а тяжелых металлов – аминами. Важным является постоянный мониторинг появления диоксинов, например, с помощью ионной ловушки и масс-сепарации [10].

Вторым решающим фактором, определяющим выбор технологий переработки ТБО, является стоимость проекта и экономическая эффективность его реализации. Стоимость мусоросортировочных и мусороперерабатывающих заводов (комплексов) в общем цикле «сбор – сортировка – подготовка ТБО к утилизации – материальная и энергетическая утилизация» составляет обычно 10-20% полной стоимости [2, 6].

Наиболее дорогостоящим является оборудование термической части всего мусороперерабатывающего комплекса.

Для сравнительной технико-экономической оценки различных технологий можно воспользоваться данными, приведенными в табл. 4 [7]:

Таблица 4

Экономическая эффективность различных технологий переработки ТБО

<i>Показатели</i>	<i>Технологии</i>					
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
	<i>Сжигание</i>	<i>Компостирование</i>	<i>Сортировка + сжигание</i>	<i>Сортировка + компостирование</i>	<i>Комплексная переработка</i>	<i>Сортировка + компактирование*</i>
Удельные капитальные вложения (на 1 т ТБО), долл./т	280	90	330	100	240	44
Удельные эксплуатационные затраты (на 1 т ТБО), долл./т	9,6	10	12,8	8,7	13,5	3,5
Неутилизируемая фракция (подлежит захоронению), %	30	30	15	55	8	60
Удельные затраты на захоронение неутилизируемой фракции, долл./т**	9	9	4,5	16,5	2,4	18
Норма амортизационных отчислений, %***	10	10	10	10	10	10
Приведенные капитальные затраты, долл./т	28	9	33	10	24	4,4
Общие удельные затраты, долл./т	46,6	28	50,3	35,2	39,9	25,9
Суммарная реализация продукции из 1 т ТБО, долл./т	23,7	9,2	33,9	18,7	30,2	34
Экономическая эффективность технологий, долл./т	-22,9	-18,8	-16,4	-16,5	-9,7	8,1

* Технология «сортировка + компактирование» рассчитана на вовлечение в переработку только отходов нежилого сектора.

** Удельные затраты на захоронение ТБО приняты 30 долл./т.

*** Норма амортизационных отчислений условно принята 10% (для всех технологий).

Таким образом, выбор технологий переработки ТБО – весьма сложный и трудоемкий многовариантный и многофакторный процесс эколого-экономического анализа всех стадий и сторон, характеризующих: перерабатываемые субстраты, их количество, состав, периодичность (в том числе сезонную) их поступления; надежность и экономичность предполагаемого к использованию оборудования; месторасположение перерабатывающего комплекса; состояние инфраструктуры, возможность подготовки производственного персонала; проектную организацию и многое другое.

Интересен опыт по реализации программы строительства в Московском регионе объектов промышленной переработки ТБО [8]. В соответствии с объявленным конкурсом (тендером) в Правительство Москвы поступило 22 предложения, в том числе 2 – японских, швейцарский, американский, испанский и немецкий проекты, остальные 14 – российские. Семь предложений были рекомендованы экспертной комиссией для дальнейшей оценки. Основные причины отклонения рассмотренных проектов: отсталая технология, отсутствие результатов проверки в промышленных условиях, недостаточная комплексность технологических решений, неучет особенностей отходов, образующихся в городах СНГ, недостаточно полная информация.

Заключение. Экологическая и экономическая оптимизация технологий переработки ТБО, видимо, лежит на пути комплексного использования приемов сортировки, ресурсной рециркуляции и безопасной термической обработки с получением энергетических ресурсов. Но, важнейшим условием решения этой проблемы является знание морфологического состояния и объемов поступления ТБО в течение года.

Литература.

1. The McGraw-Hill Recycling Handbook. Ed. H.E.Lund. McGraw-Hill Corp. 1993, 794 p.p.
2. Лихачев Ю.М., Федашко М.Я., Селиванова С.В. и др. // Комплексная переработка ТБО. Сб. трудов – СПб, 2001, с. 72-88.
3. Макунин А.В., Агафонов К.Н. Переработки ТБО методом газификации. // Экология и промышленность России. – 2004, №3, с. 34-37.
4. Леонтьев Л.И., Юсфин Ю.С., Черноусов П.И. Отходы: воздействие на окружающую среду и пути утилизации. // Экология и промышленность России. №3, 2003.
5. Кулагин Ю.А. // Стратегия жизни в условиях планетарного экологического кризиса. Т. 3. Проблемы безопасности в условиях природно-антропологических воздействий. – СПб, 2002, с. 165-170.
6. Сортировка и переработка твердых отходов производства и потребления (МСК «Станко») «Ресурсосберегающие технологии», экспресс-информация, №5, 2004, с. 3-18.
7. Шубов Л.Я., Петруков О.И., Погадаев С.В. и др. Концепция управления муниципальными отходами мегаполиса. // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. Обзорная информация. №6, 2001, с. 2-77.
8. Кроткова В.Ф. Термические процессы в технологиях переработки ТБО. // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. Обзорная информация, №5, 1998, с. 33-97.

9. Юфит С.С. Типичные ошибки авторов проектов мусоросжигательных заводов. Ассоциация независимых экспертов. «Химия. Экология. Здоровье». М., www/ecoline.ru.
10. Кенмота Ю., Акахиро А. Метод ускоренного мониторинга диоксинов с помощью ионной ловушки и устройства масс-сепарации и идентификации масс. «Ресурсосберегающие технологии», экспресс-информация. №22, 2001, с. 25-34.
11. Яковлев В.А., Лихачев Ю.М., Гусаров В.В. и др. // Комплексная переработка твердых бытовых отходов: сб. трудов Рос. Муницип. Акад. – Спб, 2001, с. 45-61.
12. Товаровский И.Г., Товаровская Г.И. Проблемы утилизации твердых промышленных и бытовых отходов и возможности их решения методом высокотемпературной переработки. // Металлургическая и горнорудная промышленность. - №5, с. 11-116.

ОПЫТ НАЛАДКИ И ИССЛЕДОВАНИЙ УСТАНОВОК ДЛЯ СЖИГАНИЯ ТБО

*¹А. Н. Тугов, ¹Г. А. Рябов, ¹Д. С. Литун, ¹О. М. Фоломеев, ¹В. И. Угначев,
²А. Н. Смирнов, ²В. А. Белозеров, ²М. Е. Гендельсман, ²И. Б. Колин*

¹ Всероссийский теплотехнический научно исследовательский институт (ОАО ВТИ), г. Москва, Автозаводская ул., 14/23, тел. 0952754106, факс 0952795924, e-mail: vti@cnt.ru, georgv.ryabov@gmail.com.

² ГУП “Экотехпром”, г. Москва, ул. Б. Полянка, 42, тел.- факс 0952385710, e-mail: company@eco-pro.ru

В настоящее время в России введены в эксплуатацию три завода для термической переработки твердых бытовых отходов (ТБО), оборудование которых удовлетворяет современным мировым требованиям: обеспечение наиболее полного использования энергетического потенциала отходов при минимальном воздействии на окружающую среду. На Московском спецзаводе №2 (МСЗ №2) и Череповецком заводе реализовано слоевое сжигание отходов, которые в процессе горения перемещаются от загрузочного устройства к шлаковому комоду. На Московском спецзаводе №4 (МСЗ №4) используют печи с вихревым кипящим слоем. На всех заводах установлены котельные агрегаты, позволяющие обеспечить необходимый режим для наиболее полной деструкции и окисления органических компонентов, что существенно снижает образование диоксинов и фуранов и монооксида углерода. Заводы оборудованы многоступенчатой системой газоочистки с использованием щелочного реагента и активированного угля, а также современной АСУ ТП, позволяющей осуществлять автоматический запуск установки. Московские заводы укомплектованы турбогенераторными установками для покрытия собственных нужд в электроэнергии и отпуска излишек потребителю.

В 1999-2000 г. ВТИ выполнял работы по освоению и наладке процессов термической переработки ТБО на МСЗ №2 и Череповецком заводе. В начале 2004 г. завершены наладочные испытания и исследования головной технологической линии МСЗ №4. Используемая на этом заводе технология сжигания основана на использовании печи с вихревым кипящим слоем. Парные вихревые зоны образуются за счет соответствующей подачи воздуха, формы решетки и сводов нижней части топки. При этом имеется контур внешней циркуляции материала слоя, состоящий из водоохлаждаемых шнеков выгрузки, вибросита, из которого крупная зола слоя (шлак) отводится вне установки, а мелкая зола с помощью горизонтального шнека и элеватора отводится в перепускной бункер и возвращается в топку. Топка была рассчитана на сжигание сортированных твердых бытовых отходов с расходом 13,5 т/час при теплоте сгорания рабочей массы от 4000 до 8000 КДж/кг.

Комплекс исследований включал в себя наладку режимов распределения воздуха по зонам дутьевой решетки, определение теплового и материального баланса установки в целом, а также баланса слоя и системы рециркуляции материала слоя, оптимизацию распределения вторичного воздуха по ярусам и сторонам топки, определение присосов воздуха по элементам установки и наладку газоочистного оборудования.

В процессе работы удалось добиться удовлетворительного распределения первичного воздуха и определить необходимую частоту вращения шнеков выгрузки материала слоя, обеспечить приемлемый температурный режим слоя и надслоевого пространства, снизить потребление природного газа при кратковременных остановах, обеспечить более надежное охлаждение шнеков выгрузки материала слоя, поддерживать концентрации монооксида углерода, оксидов серы и азота на допустимом уровне без использования реагентов. При этом даже при сжигании ТБО с высокой зольностью и влажностью удалось поддерживать температурный режим слоя (550-700 °С) и надслоевого пространства (850-950 °С) в оптимальном диапазоне без подсветки природным газом. После завершения наладочных работ на газоочистном оборудовании (распылительном абсорбере, реакторе летучей золы, рукавном фильтре и т.д.) удалось обеспечить нормативные выбросы по хлористому и фтористому водороду, тяжелым металлам, диоксидам и другим регламентируемым вредным веществам.

Значительный научный и практический интерес представляют данные по исследованиям состава и расходов золы в элементах установки для сжигания ТБО "Руднево". При проведении испытаний необходимо было определить расход циркулирующего и уходящего из печи материала, оценить температуры материала в системе его отвода и возврата, определить расход и температуры охлаждающей воды в системе охлаждения шнеков и желобов, а также тепловые потери в окружающую среду. Приведены результаты опытов с определением материального баланса установки при расходах ТБО от 15 до 19 т/час. Исходя из данных по количеству золы и шлака, зольность ТБО составляет в различные периоды работы установки от 12 до 30 %. Доля золы уноса равна 20-30 %. В котле – утилизаторе и циклоне с абсорбером улавливается примерно по 35-40 % от всего уноса. Остальное количество золы (20-30 %) улавливается в рукавном фильтре.

Определена доля крупной и мелкой фракции в выгружаемой из топки золе (шлаке). На базе опытов с различной частотой вращения шнеков выгрузки даны рекомендации, позволившие избежать накопления крупного материала в слое при длительной работе установки. Даны результаты определения фракционного и химического составов золы и шлака, а также выполнен сопоставительный анализ полученных результатов с данными других отечественных и зарубежных установок. Для оценки отвода песка из слоя предложена новая методика баланса соединений в золе. Она базируется на предположении, что все безкремниевые соединения получены из золы ТБО, а песок содержит 100 % SiO₂.

Другим важным направлением исследований являлось изучение работы котла-утилизатора. В схеме установки для сжигания твердых бытовых отходов (ТБО) котел-утилизатор применяют с целью использования тепла дымовых газов для получения пара с последующей выработкой тепловой и электрической энергии, а также снижения их температуры с 850-1100 °С до 190-250 °С. Для сжигания отходов используют специальные котлоагрегаты с учетом специфики работы на таком своеобразном топливе, как ТБО. Они отличаются от энергетических котлов низкими параметрами вырабатываемого пара (давление – не более 4 МПа, температура – до 300°С); использованием "пустых" радиационных камер (газоходов) для охлаждения дымовых газов до температуры 700-800 °С настенными испарительными экранами; размещением поверхностей нагрева, причем только с коридорным расположением труб, в конвективной части котла в зоне температур газов ниже 800 °С и т. д.

Эти особенности в наибольшей степени реализуются в отдельно вынесенных котлах-утилизаторах. В этом случае метод сжигания практически не оказывает влияния на конструкцию котла-утилизатора. Так, например, разработанный для топки с вихревым кипящим слоем котел-утилизатор Московского спецзавода (МСЗ) №4 "Руднево" может быть использован и для слоевого сжигания с вынесенной топкой.

Приведены результаты балансовых испытаний головного котла-утилизатора МСЗ №4 "Руднево". В результате испытаний установлено влияние состава ТБО на тепловую эффективность котла-утилизатора, как в целом, так и по его отдельным поверхностям нагрева. На основании изучения динамики роста отложений на поверхностях нагрева котла-утилизатора и условий их образования даны рекомендации по эффективной работе встряхивающих устройств ударного типа.

Для определения потерь тепла в окружающую среду от стенок сжигательного устройства и утла-утилизатора предложена усовершенствованная методика расчета. Получены данные, которые могут служить основой для разработки отечественных методов расчета подобных устройств.

СИСТЕМА ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ «TYRANNOSAURUS»

Л. Мендель, О. Дец

Предлагаемый проект предприятия по утилизации мусора на сегодняшний день является, пожалуй, самым современным в Европе, поэтому нашим стремлением является также реализации этого проекта таким образом, чтобы это предприятие стало образцовым и мы, с Вашего позволения, могли бы демонстрировать его нашим клиентам.

Технический комплекс производит разделение мусора на семь фракций:

1. Железные металлы относительно чистого качества.
2. Железные металлы, перемешанные с другими отходами.
3. Мелкие части , менее чем 15 мм (песок, пыль, земля и т.п.). Обычно этот материал используется в качестве заполнителя территорий или для прикрытия пустерей.
4. Лёгкие части : бумага, картон, полиэтилен - всё это может быть использовано как топливо высоко класса для теплоэлектростанции (ТЭЦ).
5. Цветные металлы : алюминий, медь и т.п..
6. Пластмассы - возможен выбор: какого рода пластмасса должна быть отделена.
7. Нейтральные материалы: остатки раскрушенных отходов, которые могут после переработки на компост использоваться для хозяйствования на непахотных землях.

1. Компьютерная платформа, взвешивающая мусоровозы:

Весы-помост тип AUB 16A6RT, устанавливаются в низу, в углублении согласно эскизов A027601 и A027602 и состоят из двух восьмиметровых элементов (бетонных). длина весов - 16 м, ширина – 3 м, высота – 830 м, предел взвешивания – 60 тонн, точность взвешивания – 20 кг.

2. Стальной передвижной конвейерный пол имеет размеры 3.2 м x 24 м

Грузовики высыпают отходы на подвижный пол-конвейер. Длина пола (24 м) позволяет на одновременную разгрузку восьми машин. Двигающийся пол полностью состоит из стали, высокоустойчив на встряхивание и трение. Практически свободен от расходов по консервации. Двигающийся пол автоматически поставляет соответствующую порцию отходов к дробилке. Технические данные: ширина – 3,2 м, длина – 24 м,

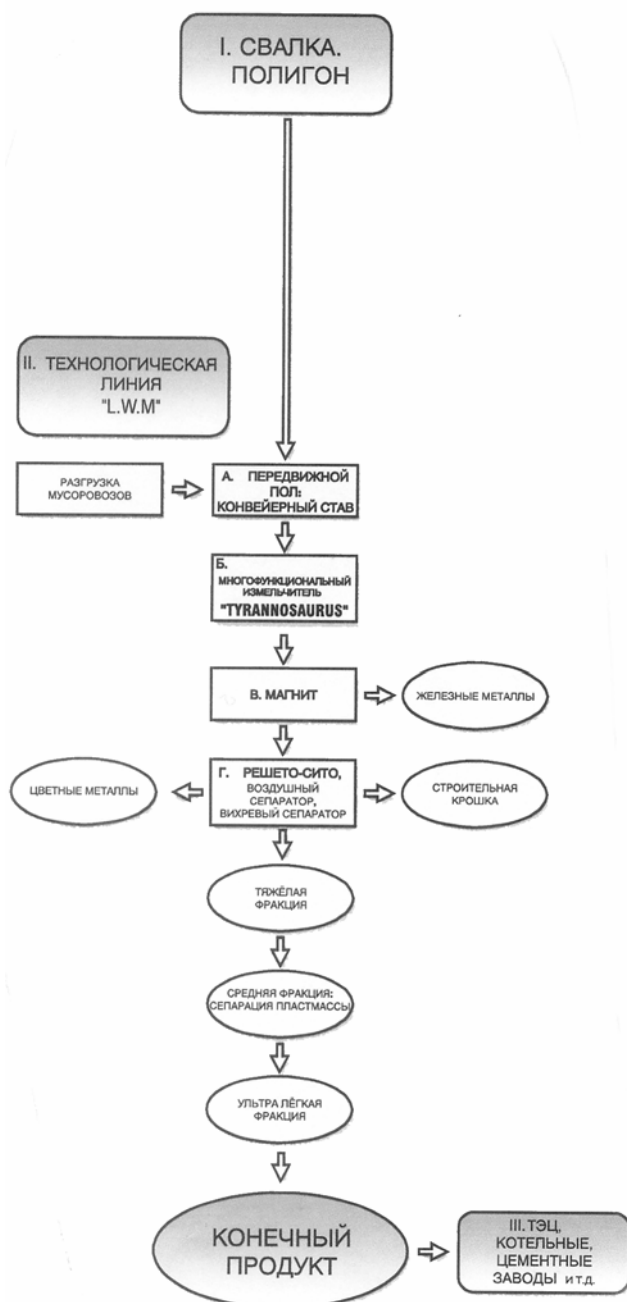
конвейерные ленты 16 штук, – цилиндры – 16 штук, выключатели ограничения – 8+8 штук, гидравлический мотор – 45 кВт, приблизительный вес – 33 тонны.

3. Дробилка «TYRANNOSAURUS» (далее в тексте «ТИРАННОЗАУРУС») - 525 кВт

Оборудование "Тираннозаурус" - это тяжёлая конструкция, запроектированная для промышленных целей, имеющая все качества, которые обеспечат надёжную и экономную работу. Технические данные: Мощность двигателя гидравлической системы 525 кВт, привод - гидравлический привод на каждом конце ротора, размер саморазгружающейся воронки - 3.2 м x 3.2 м на пике прибора, диаметр ротора - 1 м, длина ротора - 3 200 мм, ножи ротора –вращающиеся, кассеты для противоположных ножей - 4 штуки, каждая отдельно управляемая, противоположные ножи - вращающиеся, сита - 4 штуки, каждое отдельно управляемое, толкатель/совок - гидравлически управляемый толчок, на расстоянии 1,5 м с синхронизованными цилиндрами, гидравлический резервуар - 2000 л,

гидравлический охладитель - охлаждение воздухом, полная длина агрегата - 6 550 мм, полная ширина - 6 200 мм, полная высота - 3 610 мм, вес - примерно около 70 тонн.

- Рама, приспособленная для работы с большой нагрузкой;
- Подшипники, приспособленные для работы с большой нагрузкой;
- Ротор, сделанный из литой стали;
- Сменные лопасти ротора;
- Регулируемая режущая поверхность (противоположные) ножи;
- Очень быстрая контролируемая объёмная загрузка;
- Синхронно работающие, передвигающие и сжимающие цилиндры ;
- Сменные поверхности на дне саморазгружающейся воронки;
- МГР5 - система защиты в комплекте решётчатых сит;
- МГР8 - система защиты в комплекте противоположных ножей;
- Предохраняющие механические соединения на гидравлических моторах;
- Отдельная, промышленная, гидравлическая укомплектованная моторная группа;
- Автоматизация прибора путём логично управляемого контроля;
- Панель, контролирующая консервацию оборудования;
- Широкие крышки с дверями вокруг оборудования.



4. Разгрузочный конвейерный став В 1200 19с магнитом (на канатном блоке)

Конвейер находится в позиции горизонтальной под машиной и постепенно

поднимается до высоты 5,8 м. Полная длина – 18800 мм, длина горизонтальной части – 6400 мм, длина наклонной части - 13000 мм, высота разгрузки от земли – 588 мм,

ширина пояса – 1200 мм, скорость – 1м/сек, двигатель – 2х5,5 кВт/50 Гц/ 400 В, механическое оборудование /передача – SEW, Kumera и другие, переключатель ротации - 1 штука, Telemecanique.

Конвейерный став имеет также магнит на канатном блоке, который отделяет оставшиеся мелкие железные металлы из потока раскрушенных отходов. Магнит – постоянный, тип – феррит, ширина пояса – 1200 мм, диаметр барабана – 320 мм, длина барабана – 1250 мм, подпоры вместе с поставкой.

5. Магнит над конвейером

Назначение этого магнита - отделить крупные железные металлы из потока измельченных отходов. Тип магнита – постоянный, ширина – 1240 мм, тип – самоочищающийся, электрический двигатель – 2,2 кВт; 1500 вращений в минуту, механическое оборудование /передача - SEW, Kumera и другие, высота управления – 100-250 мм, лента – приспособлена к работе при больших нагрузках.

К магниту прилагается поддерживающая стальная конструкция.

6. Решётчатое сито

Сито состоит из передвижного основания -решета из резиновых звёздочек, на котором отделяются мелкие части (менее чем 15 мм), такие как песок, камни, биоотходы, мелкое стекло и т.п., из потока раскрушенных отходов. Эти мелкие части могут компостироваться или использоваться в качестве материала для прикрытия земли. Длина - 6 м, ширина - 1240мм, двигатель - 4 х 7,5 кВт/50 Гц/ 400 В/ 690 В, механическое оборудование /передача - SEW, Kumera и т.п.

Конвейерные ставы для разгрузки и сортировки мелких отходов даны вместе с поставкой сита.

7. Ленточный конвейер, собирающий мелкие части В 1200

Конвейер находится под ситом и собирает мелкие материалы. Длина -6 000 мм, ширина пояса - 1 200 мм, скорость - 1.0 м/с, двигатель - 2 х 5,5 кВт/50 Гц/ 400 В, механическое оборудование /передача - SEW, Kumera и т.п., переключатель ротации - 1 штука, поставка с подпорками.

8. Ленточный конвейер, собирающее мелкие материалы В 800

Этот конвейер забирает мелкие материалы с предыдущей ленты и складывает их снаружи здания. Длина – 8000 мм, ширина пояса – 800 мм, скорость – 1,0 м/с, двигатель - 2,2кВт/50 Гц/ 400, механическое оборудование /передача – SEW, Kumera и т.п., переключатель ротации – 1 штука, поставка с подпорками.

9. Воздушная сортировочная машина ВМН \УС2000 - 40 с внутренними конвейерными ставами (включительно)

Воздушная сортировочная машина сортирует материал на две части:
- лёгкую часть, состоящую главным образом из бумаги, картона, полиэтилена;
- тяжёлую часть, состоящую из биоотходов, дерева, твёрдых пластмасс, стекла, немагнитных материалов и т.п.

Сепаратор использует, прежде всего, сжатый воздух. Содержит вентилятор, ламинарную камеру для вентилятора, лопасти, направляющие воздух, большую расширяющую камеру, втягивающий вентилятор, центробежный пылеуловитель для отделения мелкого материала из циркулирующего воздуха, вращательный клапан, широкий воздушный канал, внутренние конвейерные ставы и кабину электронного контроля. Длина - 10500 мм, двигатель вентилятора – наддув – 45 кВт/ 50 Гц/ 400 В, двигатель вентилятора- вытяжка - 45 кВт/ 50 Гц/ 400 В, конвейер для лёгких субстанций –

5,5 кВт/ 50 Гц/ 400 В, ширина ленты – 1200 мм, конвейер для тяжёлых субстанций – 5,5 кВт/ 50 Гц/ 400 В, ширина ленты – 1200 мм.

10. Разгрузочный конвейерный для лёгких фракций

(Конвейерный став, начиная от воздушного сепаратора забирает лёгкие фракции (бумагу, картон, полиэтилен) в машины, пакующие их в тюки.

11. Полностью автоматизированные тюковочные устройства НВС 80А (дополнительно)

Устройство оборудовано автоматической системой связывания и программирования PLC с контролем для регулирования прессы и поиска информации. Перед прессом расширение для вступительной компрессии лёгкого разрыхлённого материала перед сжатием нагнетателем.

12. Разгрузочный конвейер для тяжёлых фракций

Конвейерный став, начиная от воздушного сепаратора забирает тяжёлые фракции (биоотходы, дерево, твёрдые пластмассы) в вихревой сепаратор. Конвейер наклоняется до высоты 5,5 м.

Дополнительно может быть поставлено:

13. Вибрационное подающее устройство

Устройство разбрасывает тяжёлые фракции на ширину 2 метров, делая возможной и продуктивной работу следующим устройствам.

14. Сепаратор пластмассы (ПОЛИСОРТ)

ПОЛИСОРТ объединяет в себе производительность с возможностью выбора сортировки разного типа. Оператор может сам в каждую минуту выбрать тип сортировки путём выбора нужного типа на простом цветном табло. Оперативный радиус действия системы составляет 2 000 мм.

15. Конвейерная линия, собирающая отброшенные материалы

Сортировка начинается в РЕ-сепараторе пластмассы, где производятся нейтральные материалы, остающиеся после переработки. Конвейер наклоняется до высоты 6 м.

Осуществляется надзор за строительством, обучение операторов. Полная стоимость мусороперерабатывающего комплекса в зависимости от комплектации от 3,5 до 4,5 млн. Евро.

УДК 678.6.004.8

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕРАБОТКИ ВТОРИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ

А.И. Чернорубашкин, А.В. Сиканевич, С.Г. Кудян

РУП Специальное конструкторско-технологическое бюро «Металлополимер», Беларусь, г. Гомель, mpolimer@yandex.ru

Полимерные бытовые отходы потребления – пакеты, бутылки, мешки, вышедшие из употребления, предметы домашнего обихода и т.п. (табл. 1).

Структура отходов полимерных материалов

<i>Группа отходов</i>	<i>Источник образования отходов</i>	<i>Состав отходов</i>	<i>Загрязненность</i>	<i>Вид и форма</i>
Отходы производства	Предприятия, перерабатывающие полимерное сырье	Однотипные	Чистые	Слитки полимера, литники, кромки, облои, куски пленки полученные при запуске оборудования, бракованные изделия и т.п.
	Предприятия, обрабатывающие изделия из пластмасс (вакуумным формованием, раздувом и т.п.)	Однотипные	Чистые	Обрезь листов, пленки, забракованные изделия, куски листа, пленки и т.п.
Отходы потребления: 1. отходы потребления предприятий	Предприятия общественного питания, пищевые комбинаты, и т.п.	Однотипные	Загрязненные	Тара, куски пленки, куски вспененных материалов, мешки и т.п.
2. бытовые отходы потребления	Пункты вторсырья, свалки и т.п.	Смешанные и комбинированные материалы	Загрязненные	Вышедшие из употребления изделия, пленка, различная тара и упаковка, в том числе тара из ПЭТ и т.п.

Полимерные материалы из бытовых отходов потребления неоднотипны по видам полимерного сырья, чаще всего, претерпевшие значительный процесс старения, и, практически всегда, сильно загрязнены, если только они не собраны через пункты вторсырья, или посредством контейнеров, установленных во дворах жилых домов.

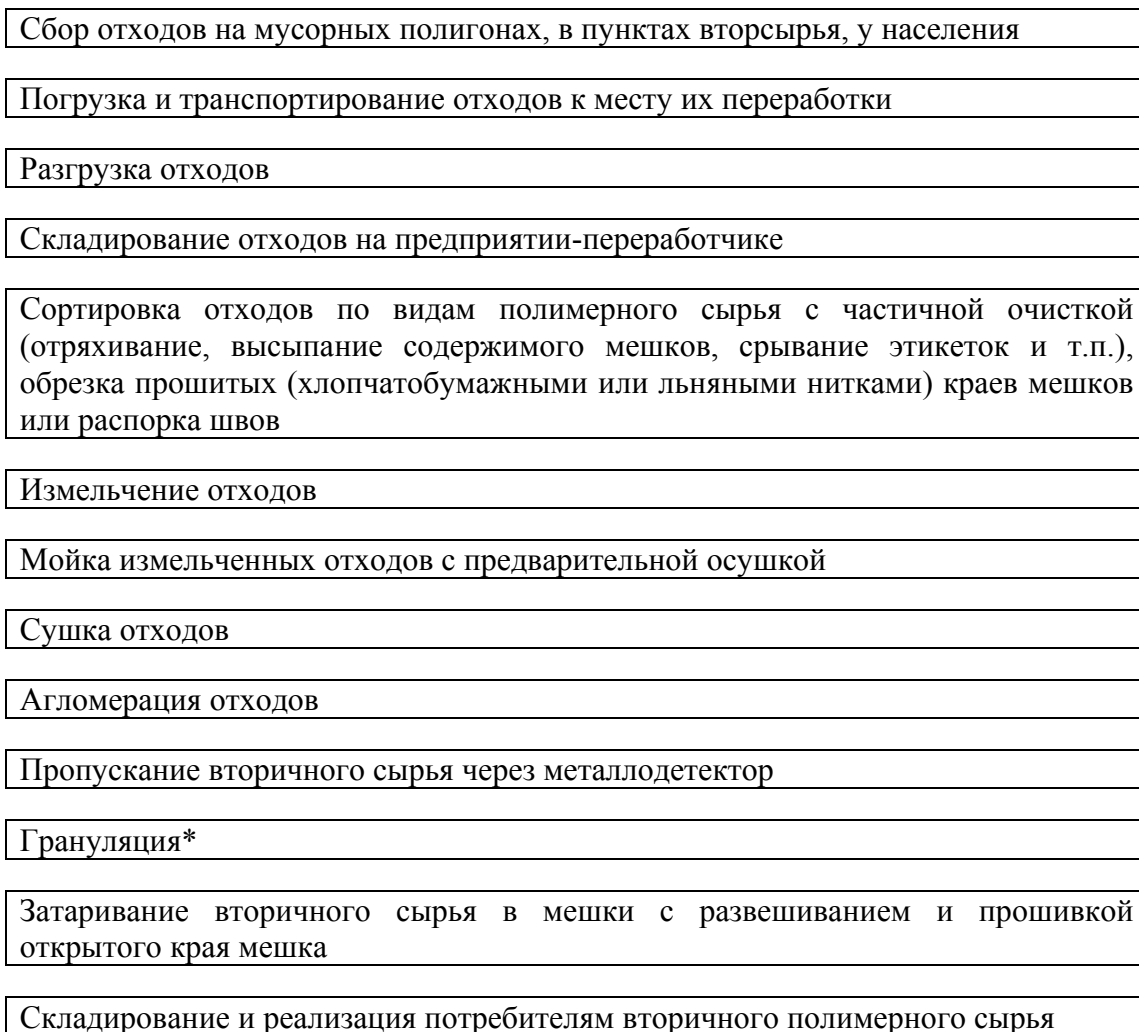
Схема технологического процесса переработки отходов потребления, как промышленных, так и бытовых приведена на рис. 1.

Технологический процесс получения вторичного сырья из отходов потребления значительно сложнее, по сравнению с процессом получения сырья из отходов производства. Он отличается более сложной системой сбора отходов и, кроме того, дополнительно включает такие операции, как сортировка отходов по видам полимерного сырья (и по цвету – для ПЭТ-тары) с идентификацией полимеров, мойка и сушка измельченных отходов. Эти операции обязательны, без них невозможно получить из отходов потребления качественное вторичное сырье [1,2,3].

Таким образом, затраты на переработку бытовых отходов потребления значительно больше затрат на переработку отходов производства, а качество сырья, полученного при переработке отходов потребления, практически всегда, ниже по сравнению с сырьем, полученным из отходов производства. К примеру, предел прочности при растяжении

образцов, изготовленных из технологических отходов производства полиэтиленовой пленки, на 20-40%, а относительное удлинение при разрыве на 40-60% выше, чем соответствующие показатели у образцов, изготовленных из отходов потребления этой пленки (смесь парниковой пленки и упаковочной в отношении 1:1).

Затраты на проведение рециклинга полиэтилена из бытовых отходов значительно выше по сравнению с отходами производства и отходами потребления предприятий.



* - необязательная операция

Рис. 1. Схема технологического процесса переработки полимерных бытовых отходов

При рециклинге отходов производства основная часть затрат приходится на стоимость таких операций, как измельчение, агломерация, грануляция. При рециклинге отходов потребления основная часть затрат приходится на сбор, сортировку, хранение, транспортирование отходов к месту их переработки, мойку и сушку отходов. Стоимость таких операций как измельчение, агломерация и грануляция для всех видов отходов практически одинакова. Следовательно, при переработке отходов потребления основная масса затрат приходится на, так называемые, подготовительные операции.

При переработке отходов потребления приходится сталкиваться со следующим противоречием. Затраты на производство вторичного полимерного сырья из отходов потребления выше, в то время как качество получаемого сырья, как правило, ниже, по сравнению с сырьем, полученным из отходов производства. И в тоже время, несмотря на более высокие затраты, именно полимеры отходов потребления способны значительно пополнить рынок вторичных материалов. Это обусловлено в первую очередь тем, что индустрия упаковочной полимерной тары будет неуклонно развиваться. Так уже в 2005-

2020 годах из всего объема выпускаемых полимеров 32-35% будет приходиться на долю упаковки. Причем самый крупный прирост (до 32%) планируется в Восточной Европе. Безусловно, для создания рынка вторичных полимеров, получаемых из бытовых отходов, необходимо тщательным образом наладить систему сбора отходов, а также решить целый ряд технико-технологических задач по их переработке.

Очень важен вопрос о чистоте получаемого вторичного сырья. На основании проведенных исследований в осях координат - чистота материала - затраты на производство вторичного сырья, можно свидетельствовать, что применительно к загрязненным бытовым отходам полимерных материалов правомерен подход определения точки предела рентабельности по его чистоте (рис. 2).

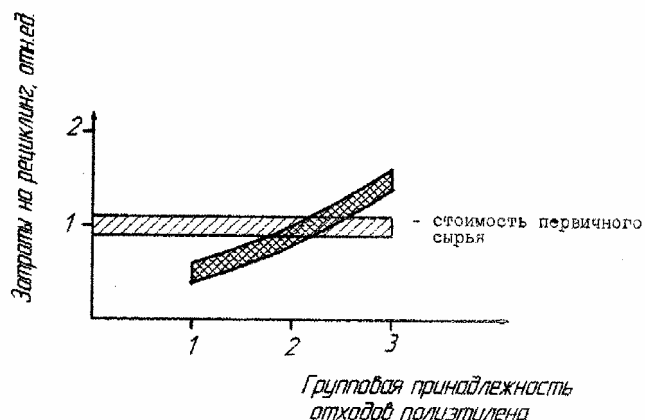


Рис. 2. Изменение затрат на производство вторичного полиэтилена от групповой принадлежности отходов: 1 – технологические отходы, 2 – отходы потребления предприятий, 3 – бытовые отходы.

Причем под чистотой материала авторами понимается не только содержание механических примесей, но и присутствие любой составляющей, не характерной для данного материала при использовании его в качестве первичного. При достижении предела рентабельности по чистоте получаемого материала, следует обращаться к иным технологиям и технологическим процессам для рационального использования полимерных отходов.

Коллективом РУП СКТБ «Металлополимер» в развитии указанной позиции проделана большая работа по проектированию и созданию линий по переработке отходов полимерных материалов, различных технических решений и технологий. Более подробно о них можно узнать на нашем сайте <http://sktb.rogneda.net>.

Литература

1. Ресурсосберегающие технологии (экспресс-информация ВИНТИ), М. №12, 2004.
2. Пластические массы №5, 1985, с. 58-61.
3. Милицкова Е.А., Потапов И.И. Переработка отходов пластмасс. М., 1997, 159 с.

ОРГАНИЧЕСКИЕ ОТХОДЫ – ЭФФЕКТИВНЫЙ СУБСТРАТ ДЛЯ РАЗВЕДЕНИЯ ВЕРМИКУЛЬТУРЫ

¹О.А. Костин, ²В.Н. Цехан

¹ Частное унитарное производственно-торговое предприятие «Океан-Гал»

ул. Октябрьская 4-311, 230023, г. Гродно, Беларусь, E-mail: kostino@mail.ru

²Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения НАН Беларуси,

пл. Тизенгауза, 7, 230023, г. Гродно, Беларусь, E-mail: resource@mail.grodno.by

Одной из стратегических проблем экологического аспекта устойчивого развития является поддержание замкнутости природных циклов. Различные отходы образуются не только в результате деятельности человека, они возникают практически в каждом звене природных циклов. Но, что крайне важно, в природе они практически полностью используются в последующих звеньях, играя для них роль ресурса. Основная масса применяемых человеком продуктов и материалов рано или поздно ассимилируется природой. Поэтому в населенных пунктах и вокруг них ухудшаются санитарно-гигиенические условия, возникает угроза эпидемий. Никогда еще не была столь актуальной проблема утилизации отходов сельского хозяйства, бытовых и промышленных, особенно, техногенной деятельности и урбанизации. В мире существует множество необходимых для этого технологий, но большинство из них, к сожалению, не являются безотходными. Да и не существует какой-то одной технологии, способной без вреда для человека и окружающей среды переработать весь поток отходов.

В связи с этим актуальным является опыт по эффективному применению частным унитарным производственно-торговым предприятием «Океан-Гал» технологии утилизации высоковлажных органических отходов (ОО) с использованием энтомологических методов. Под термином "твердые высоковлажные ОО" условно объединяются навозы различных типов (крупного рогатого скота, свиней, других сельскохозяйственных животных); птичий помет; осадки сооружений биологической очистки сточных вод (избыточный активный ил); твердые бытовые отходы; отходы целлюлозно-бумажной, гидролизной, деревообрабатывающей, микробиологической промышленности, предприятий по переработке сельхозпродукции и т.п. Технология утилизации ОО является экологически чистой и основана на применении вермикультуры - дождевых червей. (Используется, как правило, гибрид красного калифорнийского червя, обладающего высокой продуктивностью и плодовитостью). Черви в процессе жизнедеятельности превращают субстрат (отходы) в полноценный белок и в зернистое экологически чистое удобрение - биогумус. Выход готового продукта, в зависимости от вида субстрата и условий жизнедеятельности червей достигает 40 - 60%, т. е. из одной тонны органических отходов получается 400-600 кг биогумуса и 100 кг белковой массы (червей). Следует отметить, что в утилизируемых отходах бактериальная обсемененность снижается за счет жизнедеятельности культуры червей в пять раз, а количество патогенных микроорганизмов – в 28,5 раз. Поэтому данную технологию следует рассматривать и как биологический метод обеззараживания.

Что такое биогумус? По сравнению с другими органическими и органоминеральными удобрениями он имеет ряд преимуществ. В нем аккумулировано большое количество питательных веществ, непосредственно усваиваемых растениями, ряд необходимых для роста растений веществ, витаминов, антибиотиков, почти все аминокислоты, полезная микрофлора. Биогумус может быть поэтому использован для всех сельскохозяйственных культур, а особенно тех, которым требуются питательные вещества в концентрированной форме, сбалансированные по химическому составу. Биогумус не токсичен, свободен от химических добавок и от многих патогенных микроорганизмов, безвреден для здоровья. Он улучшает физико-химические свойства почвы, препятствует вымыванию из нее питательных веществ, снижает действие вредных

солей и фитотоксичных элементов, радионуклидов и тяжелых металлов. Применение биогумуса позволяет уменьшить расходы на транспортировку и работы по удобрению, а также резко снизить нормы внесения в почву минеральных удобрений. Одна тонна биогумуса по способности восстанавливать плодородие почвы заменяет 15 тонн навоза. Дозировка биогумуса на один гектар определяется на основании химического анализа почвы; оптимальная доза: 3 - 6 тонн на 1 га площади. Важнейшим достоинством биогумуса является то, что он не увеличивает засоренность полей сорняками, в то время как внесением обычного навоза она увеличивается на 30%. Установлено, что выделяемые вермикультурой (червями) активные вещества тормозят рост мицелия грибов и нарушают спорообразование. Так, предпосевное замачивание семян овощных культур (свекла, морковь, томаты, капуста и др.) в 5...10% водной вытяжке биогумуса приводит к снижению зараженности семян бактериальными и грибковыми инфекциями и повышению всхожести семян на 7...11%. Значительно повышается урожайность этих культур. Например, применение биогумуса в полевых условиях повышает урожаи помидоров на 25%, капусты на 27%, картофеля на 22%, кукурузы (на силос) на 30%; в закрытом грунте - огурцов на 17% и помидоров на 16%. Это связано, прежде всего, с наличием гуминовых кислот, которые увеличивают экологическую пластичность растений, повышают их устойчивость к неблагоприятным условиям, болезням, стимулируют продукционные процессы, улучшают качество продукции. Биогумус в качестве одного из основных компонентов грунта для теплиц увеличивает продолжительность использования субстрата до 3...5 лет. При этом значительно улучшается качество продукции, резко снижается количество нитратов в ней.

Значительным достоинством технологии вермикультивирования является также то, что в результате переработки органических отходов образуется высокоценный белковый продукт – биомасса червей. В их сухом веществе содержится до 60% полноценного белка с высоким уровнем незаменимых аминокислот, 20...25% жира жидкой консистенции с высоким йодным содержанием, широкий спектр микроэлементов и витаминов. Исследования, проведенные учеными на птицах, свиньях, норках, рыбах, крысах и других объектах, показали, что мука из червей по своей питательной ценности не уступает мясокостной и рыбной муке. При этом расходы пищевых продуктов (пшено, яйца, мясной фарш и т.д.) сокращались до 40%, а себестоимость продукции снижалась до 33%. Выход мяса опытных животных увеличивался на 12%, по сравнению со среднестатистическими данными по республике. Применение биомассы в микробиологической промышленности позволяет не только заменить гороховую, мясную муку, но и увеличить выход продуцента антибиотика в пять раз. В грибоводстве при выращивании мицелия съедобных грибов данная биомасса заменяет зерно.

В небольших хозяйствах по вермикультивированию можно на 1 кв. метре в течение года утилизировать до 2 тонн отходов, получив 40-45 кг живой массы червей. Эффективно использование вермикультуры для очистки стоков. Как известно, основными факторами, сдерживающими применение осадков сточных вод, является наличие в них яиц гельминтов, высокое содержание солей тяжелых металлов и других токсичных веществ. А длительный процесс естественного обеззараживания приводит к огромному накоплению стоков на станциях, к опасности смыва их дождями в водоемы, загрязнения окружающей среды. Исследования показали, что вермикомпостирование осадков сточных вод может снизить содержание тяжелых металлов и патогенной микрофлоры до предельно допустимой концентрации. Кроме этого, препараты, полученные из секрета дождевых червей, обладают антиканцерогенным действием, из них можно изготавливать весьма ценные лекарства.

В Гродно применение этой технологии было начато в 2000 году, когда создано частное предприятие по производству биогумуса и разведению червей по технологии, принятой в России, Польше и Латвии. Работы выполняются с активным участием специалистов из научно-исследовательского центра проблем ресурсосбережения НАН

Беларуси. Для дальнейшего развития работ целесообразно создать мощный питомник (биофабрику) для круглогодичного производства дождевых червей. Например, в Германии и Японии разработаны и успешно эксплуатируются установки для индивидуальных фермерских хозяйств, позволяющие вести вермикомпостирование всех бытовых отходов, в том числе - отходов приусадебных хозяйств. Представляется целесообразным при проектировании завода по переработке твердых бытовых отходов предусмотреть использование органических отходов для получения биогумуса.

ТЕРМОХИМИЧЕСКАЯ КОНВЕРСИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОНЕНТОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

¹В.А.Бородуля., ¹Л.М.Виноградов, ²С.М.Добкин

¹ Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАНБ, г. Минск, Беларусь

² ОАО «ГСКБ», г. Брест, Беларусь

На современном этапе развития производства и экономики в республике ежегодно образуется более 1,8 млн. тонн коммунальных отходов, среди которых доля органосодержащих компонентов (бумага, пластмассы, резина, кожа, текстиль, пищевые отходы) достигает 70%.

Наиболее массовый на настоящий момент способ решения проблемы коммунальных отходов - вывоз на полигоны (свалки), в принципе кардинально не решает ее, т.к. при этом происходит отчуждение значительных территорий, а также загрязняется окружающая природная среда: атмосфера, почва, грунтовые воды. При этом следует иметь в виду, что большинство современных полимерных компонентов коммунальных отходов десятки лет не подвергаются разложению при захоронении и, следовательно, проблема их уничтожения просто переносится во времени.

Поскольку твердые бытовые отходы являются потенциальным источником энергии то их термическое уничтожение позволяет частично извлекать энергетический потенциал в процессе сжигания. Преимущества метода: возможность использования смешанных и загрязненных материалов, композитов, утилизация которых другими методами затруднена, а также снижение объема отходов на 90 %. Однако этот метод требует особой организации процессов горения и очистки дымовых газов, так как в противном случае (особенно при прямом неквалифицированном сжигании) имеет место выброс в атмосферу значительного числа вредных веществ: сажи, монооксида углерода, соединений хлора, оксидов серы и азота, а также таких супертоксикантов, как диоксины и полиароматические углеводороды. Образование большого количества токсичных веществ приводит к тому, что удовлетворить жесткие требования по вредным выбросам можно лишь при использовании достаточно дорогих очистных сооружений, которые к тому же значительно повышают и эксплуатационные затраты. Борьба за безопасность окружающей природной среды начинается, как правило, только на стадии газоочистки с применением скрубберов, электрофильтров и т.д., причем требуется очистить огромные массы дымовых газов от сравнительно небольшого количества вредных примесей.

Для ликвидации этого недостатка передовые технологии сжигания органосодержащих отходов предусматривают дополнительные устройства, которые обеспечивают дожиг горючих компонентов в дымовых газах перед газоочисткой,

дооснащение системами промывки, фильтрами с активированным углем, каталитическое дожигание и т.д. Поэтому и стоимость современного мусоросжигательного завода более чем на 60 % состоит из стоимости очистных сооружений для дымовых газов.

Альтернативой такой организации процесса термической утилизации ТБО является термохимическая технология, предусматривающая предварительное термическое разложение органосодержащих компонентов в бескислородной атмосфере (пиролиз), после чего образовавшаяся концентрированная парогазовая смесь (пирогаз) направляется в камеру дожигания, где в режиме управляемого дожига происходит перевод токсичных веществ в менее опасные. Например, при избытке воздуха оксид углерода догорает до диоксида, водород - до воды, фенол - до диоксида углерода и воды и т.д.

Анализ многочисленных данных показывает, что в общем случае для достижения полного сгорания основных вредных компонентов пиролизного газа необходимо обеспечить следующие основные условия:

- 1) избыток окислителя ($1 > 1,2$);
- 2) интенсивное смешивание парогазовой смеси с горячим окислителем;
- 3) высокую температуру процесса горения ($T > 1200^\circ \text{C}$);
- 4) достаточно продолжительное время нахождения продуктов в зоне высоких температур ($t > 2$ сек).

Таким образом, можно сделать вывод о возможности двух подходов к борьбе за чистоту выбросов: либо сделать акцент на очистку дымовых газов, либо организовать процесс таким образом, чтобы уменьшить возможность образования вредных компонентов в процессе образования дымовых газов. Возможна и комбинация этих методов.

В предлагаемой технологии экологически безопасной утилизации высококалорийных компонентов ТБО (полимерные материалы – пластмасса, резина) выбран второй подход и реализуется способ их термохимической конверсии, который включает предварительное пиролизное разложение при температуре около 600°C с максимально возможным переводом органической составляющей исходного материала в газообразное состояние и последующее квалифицированное, с использованием теплового потенциала, сжигание парогазовой смеси и коксового остатка, включая теплоутилизацию и газоочистку продуктов сгорания. Пиролиз происходит в отдельной камере - реторте, равномерно обогреваемой беспламенными плоскими газовыми горелками - излучателями панельного типа. Дожигание таких вредных органических соединений, как фенолы, фураны, диоксины и т.п. обеспечивает повышение температуры до 1200°C в отдельной футерованной топке. Общее дополнительное потребление природного газа на указанные цели составляет около 30 % от располагаемого тепла утилизации таких компонентов (с теплотой сгорания до 7500 ккал/кг). Образующийся в реторте коксовый остаток, выход которого достигает 20 %, механически удаляется реверсивным шнеком, который одновременно используется для ворошения утилизируемых отходов.

Дожигание коксового остатка происходит в модифицированной топке для сжигания древесных опилок, добавка которых в соотношении 1:2 способствует созданию пористой структуры и организации необходимых условий для слоевого горения.

Технологическая схема оборудования по утилизации полимерных компонентов ТБО

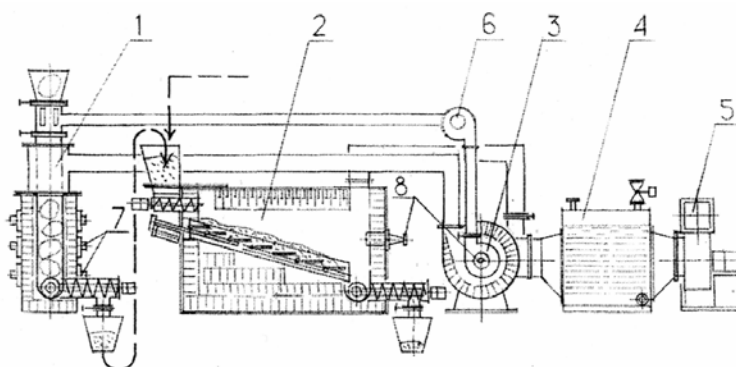


Рис.: 1 - камера-реторта пиролиза, 2 - модифицированная топка для дожигания кокса, 3 - модифицированная топка для дожигания пирогаза, 4 - паровой газотрубный котел-утилизатор, 5 - дымосос, 6 - вентилятор шлюзовой камеры загрузки, 7 - излучающие газовые горелки для обогрева реторты, 8 - инжекционные горелки для розжига топок.

Для утилизации тепла дожигания предлагается паровой котел -утилизатор, производительность которого при утилизации 250 кг/час полимерных компонентов ТБО составляет до 3,0 т/час пара (0,6 МПа) или до 2,0 МВт мощности, включая все тепло от вспомогательного сжигания природного газа и древесных опилок.

Для конечной более тонкой газоочистки можно использовать типовое скрубберное оборудование, водные отходы которых могут выпариваться за счет первичного пара из котла-утилизатора.

Как показывает технико-экономическая оценка, при утилизации полимерных компонентов ТБО на такой установке производительностью 250 кг/час срок ее окупаемости не превышает одного года.

УДК 66.096.5:662.61

ОБЛАГОРОЖЕННОЕ ТОПЛИВО ИЗ ОТХОДОВ – ХАРАКТЕРИСТИКИ, ПЕРСПЕКТИВЫ И ИССЛЕДОВАНИЯ

Г.И. Пальченко, А.В. Бородуля

Институт тепло- и массообмена им. А.В.Лыкова НАН Беларуси

Современная стратегия устойчивого развития предусматривает приоритетное использование возобновляемых энергоресурсов с целью экономии истощающихся запасов углеводородного сырья и других ископаемых топлив; минимизацию выбросов в атмосферу вредных продуктов сгорания – парниковых газов, в первую очередь CO₂, а также токсичных оксидов серы и азота, пыли и т.п.; ослабление зависимости от внешних источников энергии за счет максимального использования местных топливных ресурсов. В соответствии с этими принципами в последнее время в мировой энергетике наблюдается ускоренный рост производства энергии из отходов древесины, сельскохозяйственного и промышленного производства, бытового мусора, осадков сточных вод и т.п., часто обозначаемых термином биотопливо.

Биотопливо относится к местным возобновляемым энергоресурсам, использование которого снижает зависимость от импорта ископаемых топлив и позволяет одновременно

решать проблемы обезвреживания, захоронения отходов и санации лесов, рационального использования ограниченных запасов ископаемых топлив путем их совместного сжигания с биотопливом. Отходы биомассы, в частности, ее основного компонента – древесины содержат ничтожно малые количества золы (~ 1%), серы (~ 0,01%), топливного азота (~ 0,1%) и являются CO₂-нейтральными, т.к. при их сжигании выделяется такое же количество CO₂ как и при естественном гниении, причем при равновесном воспроизводстве оно полностью поглощается растущей биомассой. Последнее относится и к значительной части бытовых отходов и шламов, производимой из растительного и органического сырья. В то же время, эти отходы могут содержать значительные количества минеральной части, включающей тяжелые металлы, и опасные примеси, требующие предварительной механической и/или биологической (в частности, шламов) обработки. Общими недостатками биотоплива являются высокая влажность, снижающая теплотворную способность топлива и увеличивающая потери теплоты с уходящими газами, а бытовых отходов, кроме того, неоднородность состава и размеров частиц. Неоднородность топлива вызывает пульсации горения и содержания вредных выбросов, что затрудняет очистку дымовых газов и требует рассчитывать ее на максимальные концентрации.

Эффективным способом устранения недостатков биотоплива является его гранулирование (пеллетирование) /1/. В случае древесных, растительных и животных отходов этот процесс включает сушку, измельчение (дробление) и экструзию сырья под высоким давлением через перфорированную матрицу (фильеру), часто в сочетании с кондиционированием паром или горячей водой и дополнительным подогревом, с последующий закалкой охлаждением и упаковкой в пластиковые пакеты (20-500 кг). В результате получается облагороженное гомогенное по составу биотопливо (гранулы или пеллеты) с низкой влажностью (< 10%) и высокими кажущейся (~ 1200 кг/м³) и насыпной (600-700 кг/м³) плотностью и теплотворной способностью (17-21 МДж/кг). Древесные гранулы обычно имеют диаметр 6-10 мм и отношение длины к диаметру не более 4. Высокая сыпучесть и однородность размеров позволяют механизировать процессы загрузки, транспорта и разгрузки топлива и автоматически регулировать их расход при подаче в топочное устройство. При этом обеспечиваются равномерность и однородность процесса горения, зависание в бункерах, тракте топливоподачи и на колосниках решетки при слоевом сжигании.

Процесс производства облагороженного гранулированного топлива из бытовых отходов включает предварительную стадию сепарации на месте сбора (в контейнерах по видам отходов) или переработки. Из основной массы отходов удаляются материалы, пригодные для повторного использования (рецикла) – металлы, стекло, негорючие включения, иногда пластики и такие высоковлажные фракции, как пищевые отходы, которые могут подвергаться компостированию или анаэробному сбраживанию. Оставшаяся горючая часть (бумага, картон, древесина, пластики и текстиль) сушится, измельчается, перемешивается и гранулируется, превращаясь в однородное топливо. В англоязычных странах его обозначают RDF (refuse derived fuel), что примерно эквивалентно сокращению ТБО (топливо из бытовых отходов). Такое топливо имеет теплотворную способность (~ 20 МДж/кг) намного выше, чем исходные бытовые отходы (7-11 МДж/кг). Массовый выход гранул из исходного мусора колеблется от 25 до 50%. Гранулы ТБО используются для выработки тепловой и электроэнергии непосредственно на мусороперерабатывающих заводах или продаются как топливо для котельных и электростанций для индивидуального или совместного сжигания с углем, биомассой и т.п.

Все большее распространение для сжигания гранул ТБО получают топочные устройства с кипящим (КС) или циркулирующим кипящим (ЦКС) слоями /2/. Они обладают рядом экологических преимуществ перед слоевыми и барабанными топками, менее чувствительны к колебаниям характеристик топлива и наиболее удобны для совместного сжигания различных топлив. Котлы с КС и ЦКС тепловой мощностью 50-500

МВт (наряду со слоевыми котлами меньшей мощности, < 20 МВт) широко используются в Скандинавских странах и Финляндии в системах центрального отопления. При совместном сжигании с отходами биомассы, торфом, углем доля ТБО обычно составляет 10-30 мас. %. Гранулы ТБО также сжигаются в качестве вспомогательного топлива в цементных печах в Австрии, Бельгии, Дании, Италии и Голландии (по разным оценкам от 100 до 300 тыс. т/год). В Финляндии, Швеции, Германии, Италии, Голландии они используются в системах газификации и пиролиза; во Франции планируется производства кокса из ТБО путем термолиза.

Таблица. Характеристики гранулированных отходов

Характеристика	Вид отходов						
	Опилки хвойных пород древесины				Целлюлоза	Бумага	ТБО
Диаметр, D , мм	6	10	8	8	5	13–15	12–13
Длина, L , мм	4–24	6–41	4–28	3–20	3–11	11–15	15–17
Плотность, кг/м ³	1040	1200	1200	1150	1050	730	1250
$Q_{и}^c$, МДж/(кг сухой массы)	19,06	19,00	18,99	18,75	25,00	18,07	17,44
W^p , % на рабочую массу	7,5	8,0	7,7	8,4	5,3	3,1	4,1
A^p , % на рабочую массу	0,4	0,7	0,6	0,4	6,6	3,4	14,3
V^c , % на сухую массу	79,3	78,4	79	75,9	87	90,5	72,5
C^c , % на сухую массу	50,8	51,3	50,8	50,6	53,8	51,7	48,0
H^c , % на сухую массу	6,4	6,3	6,4	6,3	8,3	7,5	6,9
N^c , % на сухую массу	0,05	0,11	0,06	0,05	0,06	0,03	0,16
S^c , % на сухую массу	0,01	0,01	0,01	0,01	0,13	0,13	нет данных
O^c , % на сухую массу	42,4	41,6	42,1	42,7	31,1	37,2	30,6

Механизм горения одиночных гранул различных отходов, характеристики которых приведены в таблице, в кипящем слое песка (средний размер частиц $d_i = 0,52$ мм), псевдоожижаемого воздухом, экспериментально исследовался в лабораторном реакторе внутренним диаметром 55 мм. Древесные гранулы отличаются более высокими влажностью, содержанием кислорода и меньшим содержанием золы и серы в сравнении с гранулами из отходов целлюлозы, бумаги и ТБО. Наиболее высокую теплотворную способность имеют целлюлозные гранулы. Основная часть теплотворной способности гранул приходится на летучие, содержание которых, определенное при 900°C по методике, принятой для угля, составляет около 90% на сухую массу для целлюлозно-бумажных гранул, 80% для древесных и 70% для ТБО.

Эффективность сжигания гранулированного топлива в КС и ЦКС в значительной степени зависит от равномерности распределения летучих по поперечному сечению топки, которое, в свою очередь, определяется соотношением времени выхода летучих из гранулы t_{ve} к характерному времени поперечного перемешивания гранул в слое (критерий Дамкелера) /3/. На рис. 1 показано, что экспериментальные значения t_{ve} возрастают с уменьшением температуры слоя и увеличением диаметра гранул, причем влияние материала гранул незначительно. Время выхода летучих несколько возрастает при увеличении длины гранул до $L/D \approx 1,5 \dots 2$ и далее практически не меняется.

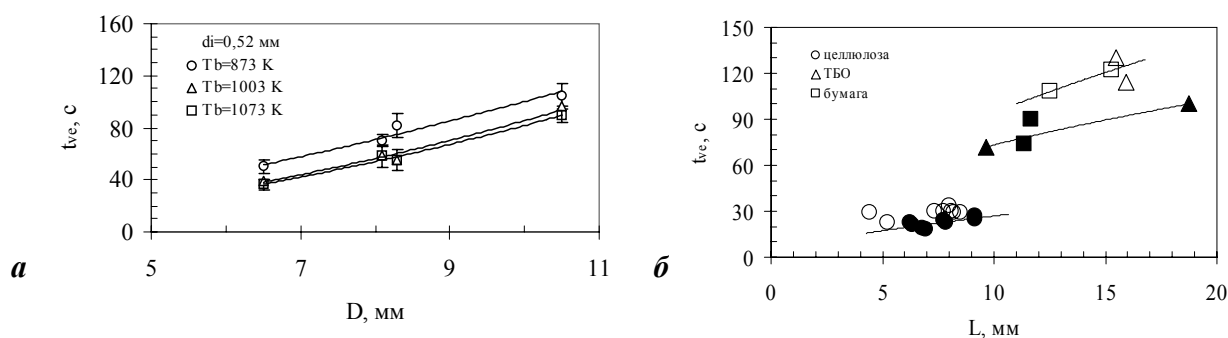


Рис. 1. Влияние температуры слоя T_b , диаметра D и длины L гранул на время выхода летучих: *a* – древесные гранулы различной длины (см. табл.), *б* – $T_b = 873$ К (светлые символы) и 1073 К (темные символы)

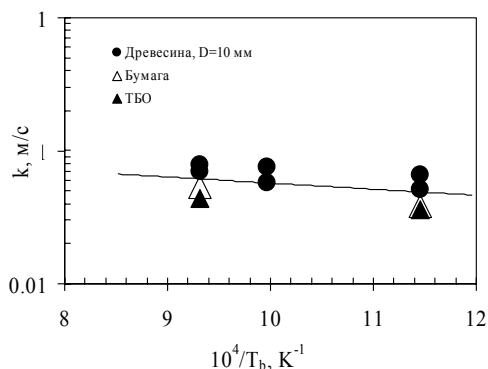


Рис. 2. Экспериментальные значения средней приведенной скорости горения кокса от обратной температуры слоя: кривая – кинетическая зависимость /4/.

На рис. 2 приведены средние во времени значения скорости горения коксового остатка гранул k , приведенной к наружной поверхности. Экспериментальные данные для гранулированной бумаги и ТБО удовлетворительно описываются полученной ранее кинетической зависимостью для кокса древесных гранул $k = 0,165 \exp(-1060/T_b) / 4$.

Литература

1. Бородуля В.А., Пальченко Г.И. Денсифицированное биотопливо – энергетическая альтернатива для Беларуси: потенциал, проблемы и перспективы // Энергоэффективность. 2002. № 11. С.6–7; № 12. С. 14–15.
2. Holm S. Pelletising of source-separated municipal solid and commercial waste // Proc. 1st World Conf. on Pellets. Stockholm, Sweden. 2002. P. 75.
3. Пальченко Г.И., Бородуля А.В., Леккнер Б. Масштабный переход при сжигании биотоплива в кипящем и циркулирующем кипящем слоях // Труды V Минского международного форума по тепло- и массообмену. Минск. 2004. Доклад 6-27. 14 с.
4. Palchonok G., Leckner B., Tullin C., Martinsson L., Borodulya A. Combustion characteristics of wood pellets // Proc. 1st World Conf. on Pellets, Stockholm, Sweden. 2002. P. 105–109.

PRAKTYCZESKIE ASPEKTY PERERABOTKI TWERDYH BYTOWYH OTHODOW

prof. d. t. n. Januv W. Wandrav

Sileszskij i Belostokskij Politehni`eskij Institut. Polska.

Zaw. Kafedroj Technologii, Oborudowani/ i Hoz/jstwowani/ Othodami. Gliwice.

1. Wprowadzenie

W aktualnej dobie problem pozyskiwania taniej energii a tym samym obnizania kosztów produkcji jest jednym z zagadnień spędzającym sen z powiek wielu producentom. Możliwości takie zaistniały na bazie dążenia do ograniczenia zagrożeń zanieczyszczenia środowiska emisjami antropogennymi a szczególnie emisją di tlenku węgla jak i innymi substancjami, uzasadnia wiele pojęć i opinii, nie do końca naukowo wyjaśnionymi. Wiele opinii powstaje na

bazie czystych teorii biznesu a społeczeństwu przekazywane są tylko te które w danej chwili mają wyjaśnić lub uzasadnić cel i znaczenie niektórych przedsięwzięć bez względu na ich znaczenie naukowe. Dla wielu osób ciekawostką będzie informacja zawarta w pracy¹ gdzie na bazie opracowania zbiorowego Korte'a F. z roku 1987. cytuje się dane o emisjach antropogenicznych i naturalnych. Nikt też nie przedstawił przekonujących dowodów na fakt, że skoro emisja jakiegoś składnika do środowiska nie podlega równowadze biologicznej to jego ilość wyraźnie i mierzalnie musi wzrastać. Przykładowo winowajca ocieplenia światowego di tlenek węgla stanowiący 97,57 % emisji wszystkich gazów do środowiska jedynie w ~3,5 % produkowany jest przez źródła sztucznie stworzone przez człowieka¹. Brak jest również danych dlaczego CO₂ z produkcji rolniczej (słoma i jej spalanie) bilansuje się w obiegu i jest konsumowane w cyklu zamkniętym, a ze spalania węgla i innych paliw ma podnosić zasoby tego gazu w środowisku a nie być konsumowane przez inne rodzaje organizmów biologicznych?. Rodzi się pytanie dlaczego dostarczanie di tlenku węgla nie rodzi dążenia całego biologicznego układu ziemskiego do stanu zrównoważonego i skutkuje wzrostem, tych organizmów, których gospodarka oparta jest na konsumpcji właśnie CO₂. Być może powiązanie z oddziaływaniem na środowisko substancji współemisyjnych (SO₂, NO_x) prowadzi do poważniejszych zakłóceń równowagi.

Równocześnie współczesna gospodarka odpadami zaczyna przeżywać kryzys technologiczny bowiem preferowana niskonakładowa gospodarka wysypiskowo składowiskowa w dalszej perspektywie, niesie za sobą skutki ekologiczne, może jeszcze nie całkowicie doceniane, ale już zauważane w wielu krajach. Tworzenie enklaw o wysokiej koncentracji substancji chemicznych bez perspektyw ich unieszkodliwienia musi w konsekwencji być powodem tworzenia nowych regionów zdegradowanych. Przykładem takich działań jest cała teoria budowy mogilników, jako zasobników na odpadowe środki ochrony roślin i obecna weryfikacja tych obiektów po latach eksploatacji. W interesie firm budujących i opierających swoje sukcesy na kapitale składowiskowym jest propagowanie rewelacyjnych wizji przyszłościowych bez zastanawiania się kto stworzoną bombę ekologiczną i za czyje pieniądze będzie w przyszłości rozbrajał. Lansuje się więc teorie rekultywacyjne polegające na zamaskowaniu (przykrywką ziemi lub folii) całego bogactwa związków i substancji chemicznych ukrytych w spreparowanym sztucznie kokonie foliowym. Zrozumienie tych problemów w krajach Unii Europejskiej doprowadziło do opracowania dyrektywy 1999/31/EC stawiającej istotne wymogi i ograniczające procesy składowania. Podobny los spotka niebawem propagowane procesy kompostowania z uwagi na rozpowszechnialność chorób odroślinnych i odzwierzęcych. Do dyspozycji stają ujęte w dyrektywie 2000/67/EC technologie termicznego wykorzystania odpadów, a wymóg przetwarzania odpadów przed składowaniem w celu zmniejszenia ich objętości i ograniczenia uciążliwości pozwala w innym świetle postawić zagadnienie gospodarki odpadami tworząc technologie oparte na skojarzonej gospodarce odpadowo energetycznej². Realizacja procesów technologicznych przetwarzania energii musi być oparta o pojęcia sprawności układów z wykorzystaniem podstawowych pojęć termodynamicznych. Jeśli zapotrzebowanie na 1 MWh energii elektrycznej wymaga dziś spalania w elektrowni o sprawności 34% 424 kg węgla o kaloryczności 25 000 kJ/kg to dysponując paliwami o kalorycznościach 8 000 kJ/kg i 17 000 kJ/kg przy pogorszonej sprawności przemiany 30% potrzeba spalić 1569 lub 739 kg paliwa co przy założeniu że węgiel zawiera 84% pierwiastka węgla a spalane paliwo 56 % C uzyskamy wzrost emisji CO₂ w stosunku do węgla odpowiednio 1,1 - 2,4 razy. Wynika stąd prosty wniosek że poprawa ekologiczności procesu musi polegać na właściwym doborze paliwa i jego właściwości.

2. Pochodzenie paliw

¹ J.W Wandrasz J Biegańska. Odpady niebezpieczne. Podstawy teoretyczne. Wyd. Pol. Śl. Gliwice 2003.

² Wandrasz J.W.: Procesy współspalania węgla z paliwami PAKOM i UPAK w energetyce i ciepłownictwie. Paliwa z Odpadów Tom II. Wyd. Helion Gliwice 1999. s.10-21.

Dotychczasowa wiedza na temat paliw pozwala przyjąć dwa ich rodzaje, naturalne i wytwarzane w wyniku przetwarzania substancji palnej paliw naturalnych, a także innych substancji charakteryzujących się właściwą energią chemiczną zdolną do przekształcenia w inną formę i postać. Procesy przetwarzania mogą polegać na przetwarzaniu chemicznym, biologicznym, biochemicznym, fizycznym (termicznym – procesy odgazowania lub zgazowania, mechanicznym – procesy formowania). Niebagatelną rolę zaczyna się przypisywać tzw. źródłom energii odnawialnej jak wody i wiatru, a także coraz łaczej spoglądamy na zasoby energii słonecznej, choć nieodnawialnej, to jednak w okresie funkcjonowania pokoleń stanowiącej możliwy do wykorzystania rezerwuuar energetyczny. Każdy rodzaj paliwa, a także możliwość jego zastosowania powinno się poddawać szczegółowej analizie opartej na rachunku ciągnionym zysku i strat a projektanci winni zdawać sobie sprawę ze stawianych propozycji i zasobów energetycznych. W Polsce, ze względów politycznych odstąpiono od budowy energetyki jądrowej, a zapewne i energetyka konwencjonalna stanowić będzie przedmiot działań niekoniecznie modernizacyjnych w obliczu nadwyżek energii w krajach Europy Zachodniej, przy starzejącej się bazie sprzętowej własnej. Rozwoju należy upatrywać w ciepłownictwie, bowiem ograniczoność zasięgu przesyłania ciepła zmusza do istnienia lokalnych źródeł energii, a względy ekologiczne przemawiają za koniecznością dalszej modernizacji systemów ogrzewania opartych na systemach kogeneracyjnych. Zapotrzebowanie na tzw paliwa odnawialne w innych gałęziach przemysłu będzie tak długo preferowane jak długo pod płaszczykiem ochrony środowiska substancje te będą stanowiły darmowy lub prawie darmowy dodatek do produkcji a w wielu przypadkach **alternatywne**, darmowe źródło dochodu. Za kuriozalną sprawę należy uznać działania polegające na tworzeniu zakładów i jednostek przetwarzania odpadów, których produkt jest nadal odpadem. Każde racjonalne działanie powinno być podporządkowane tworzeniu nowej wartości o określonych właściwościach. (Szafa z przetwarzania drewna i jego pochodnych nie jest nadal drewnem bukiem, dębem czy innym, jest szafą model, typ. itp.). Substancje chemiczne zgromadzone w odpadach i nie tylko a dostarczone do procesu ich przetwarzania winny podlegać ścisłym przepisom ewidencjonowania i być przetwarzane w produkty zdadne do dalszej wykorzystania lub unieszkodliwienia. Organizacja takich działań poza zgromadzeniem ogromnej wiedzy o substancjach chemicznych i ich właściwościach wymaga określonych systemów ewidencji substancji wejściowych i produktów oraz ich przeznaczenia a przede wszystkim uporządkowania zasad i podstaw funkcjonowania zakładów.

Posiadane wysegregowane substancje palne można w odpowiedni sposób przekształcić w paliwo. Zarówno skład chemiczny jak i właściwości takiego paliwa mogą być dobierane w zależności od potrzeb³. W grę wchodzi paliwa niskopopiołowe, niskosiarkowe, niskochlorowe o określonej kaloryczności i właściwościach fizykochemicznych takich jak: zawartość wilgoci, wytrzymałość na zgniatanie, kształt itp. Sposób organizacji takiego paliwa pokazano w pracy⁴ w oparciu o podstawowy surowiec jakim są odpady komunalne oraz inne odpady np. ścier gumowy, papier odpadowy, wysłodki, węgiel itp. z dodatkiem substancji wspomagających procesy wiązania substancji szkodliwych powstających w procesach spalania np. wapna. Procesami przetwórczymi nie należy obarczać jednostek wykorzystujących wytwarzane paliwo a tworzyć niezależne zakłady ZKPO (Zakład Kompleksowego Przetwarzania Odpadów lub ZZO – Zakład Zagospodarowania Odpadów istniejące lub obecnie budowane na terenie kraju) co wiąże się nie tylko z wytworzeniem jak największej ilości surowców zbywalnych, o określonych właściwościach, lecz przede wszystkim gwarantujących realizację technologii nisko- lub bezskładowiskowych wychodzących naprzeciw dyrektywie UE (1999/31/WE). Składowiska obecnie tworzone, jako miejsca składowania różnego typu odpadów uciążliwych, nie ulegną likwidacji. Zmienić się musi forma ich działania i wymagany rodzaj zabezpieczeń. Opracowana

³ Wandrasz A. J.: Badania i ocena właściwości wykorzystania wydzielonych składników odpadów komunalnych oraz innych odpadowych substancji organicznych do prefabrykacji paliw. Rozprawa doktorska. Masz. dost. Bibl. Pol. Śl.. Gliwice 2001.

⁴ Wandrasz J.W.: Gospodarka odpadami medycznymi. Wyd. PZITS Poznań 2000.

obecnie koncepcja Katedry TiUZO Pol. Śl. pozwala na równoczesne przetwarzanie odpadów i czynną rekultywację składowiska dając w efekcie surowce do dalszego ich wykorzystania (szkło, metale, tworzywa sztuczne), paliwo formowane pozostawiając równocześnie nieaktywną chemicznie bryłę byłego wysypiska możliwą do innego zagospodarowania.

Substancja organiczna zawarta w odpadach komunalnych z uwagi na zanieczyszczenia nie powinna stanowić podstawy przetwarzania jej na kompost nawet w ograniczonym zakresie. W każdym przypadku stanowić może jeden z dodatków do paliw formowanych. Procesy kompostowania z powodzeniem można realizować na bazie wyselekcjonowanych czystych odpadów zielonych w oparciu o istniejące w Polsce technologie.

Za uzasadnienie celowości przetwarzania odpadów i wykorzystania ich jako paliw uznać należy:

- porównywalną z innymi paliwami ich wartość opałową zależną od sposobu przetwarzania i zbliżoną do wartości opałowej węgla energetycznego,
- niskoemisyjność procesu spalania lub współspalania z węglem z uwagi na możliwość ograniczenia w nich obecności nieporządných substancji takich jak siarka, chlor a także metali z grupy metali ciężkich o niekorzystnym oddziaływaniu na środowisko,
- granulacja paliw wynika z potrzeb i możliwości ich zastosowania, a także uwarunkowana jest lokalizacją obiektu jego wykorzystania (transport) i może wykraczać poza prezentowane na rys. 1 kształty i wielkości,
- paliwa uzyskane z przetwarzania i uzdatniania odpadów wykazują możliwości ich magazynowania bez konsekwencji wtórnego zanieczyszczenia środowiska,
- możliwość prefabrykacji paliwa zgodnie z oczekiwaniami odbiorcy dostosowane do danego rodzaju procesu.

Można wymienić jeszcze szereg zalet jak np. zmianę rozkładu temperatur w komorze spalania (zwiększona zawartość wodoru), ograniczenie udziału CO w spalinach a co za tym idzie węglowodorów. Obecność tej grupy paliw w procesach spalania, jako samych, skutkuje wzrostem zawartości paliwowych tlenków azotu w produktach spalania co jednak możliwe jest do ograniczenia poprzez właściwe dozowanie i mieszanie z węglem (mieszanki paliwowe) regulację procesu spalania a tym samym wytworzenia procesu reburningu. Ten ostatni problem należy do grupy rozwiązań konstrukcyjnych i sposobu dozowania paliw.

3. Cel i możliwości przetwarzania produktów odpadowych w paliwa

Koncepcja przetwarzania wysegregowanych składników lub substancji pozyskanych w innych technologiach np. wybranych odpadów przemysłowych opiera się na następujących założeniach;

- paliwa nie są odpadami bowiem posiadają określoną strukturę i nie odnoszą się do nich definicje odpadów (a tym bardziej pozycje ich katalogu),
- substancje wchodzące w skład paliw posiadają zidentyfikowane właściwości chemiczne i skład (co to jest paliwo alternatywne poz. 19 12 10 katalogu , olej z piaskiem?),
- znane jest zachowanie się substancji palnej w warunkach spalania i jej właściwości emisyjne,
- określone jest zastosowanie danego paliwa w warunkach przemysłowych (rodzaj paleniska, warunki spalania itp.),
- paliwo posiada nazwę i atest (certyfikat) instytucji lub osoby posiadającej wiedzę i uprawnienia do jego sporządzenia i biorącej na siebie odpowiedzialność za ewentualne skutki,
- wartość ekonomiczna paliwa wynika z uzgodnień pomiędzy dostawcą i odbiorcą i podlega prawom rynku przy czym nie może być niższa od przyjętej umownej dolnej granicy dla paliw.

W odniesieniu do powszechnie stosowanych paliw energetycznych paliwa z odpadów mogą charakteryzować się obniżoną zawartością popiołu, siarki, chloru, a w odniesieniu do odpadów z jakich zostały wytworzone znacznym obniżeniem zawartości metali kolorowych (60 –80%). Opisywane efekty potwierdzają badania prowadzone w Katedrze Technologii i Urządzeń Zagospodarowania Odpadów.

4. Podstawy tworzenia paliw i ich certyfikacja

Proces tworzenia paliwa opiera się na zasadzie mieszania różnych kompozytów w proporcjach gwarantujących uzyskanie założonego efektu a także poddawania ich działaniu różnych czynników prowadzących do przekształcenia struktury w odpowiednią formę wymaganą przez odbiorcę . Można założyć i uzyskać określoną i gwarantowaną wartość opałową (W_d)^{5,6} dysponując kilkoma składnikami o określonej wartości opałowej każdego z nich (W_d)_i i podobnie skład oraz zawartość substancji toksycznych i niebezpiecznych a nawet dobrać takie warunki procesu spalania, które gwarantują niskoemisyjność jego przebiegu.

Każde paliwo, tak jak każdy inny wytwór określonego procesu przetwórczego, winien posiadać odpowiednią nazwę nadawaną przez producenta i potwierdzone w wyniku badań właściwości. Konieczność certyfikacji paliw wynika z identyfikacji ich zarówno pod względem fizyko chemicznym ale także emisyjnym. Do wydawania certyfikatów uprawnione winny być jednostki naukowo badawcze wyposażone w odpowiedni sprzęt laboratoryjno pomiarowy, a między innymi:

- przyrządy do ujednorodniania próbek,
- aparaturę analityczną do pomiaru składu elementarnego analizowanych próbek,
- aparaturę do pomiaru i oceny entalpii spalania,
- derywatografię,
- chromatografię,
- komory badania właściwości emisyjnych paliw.

Wydawany certyfikat winien zawierać:

- nazwę certyfikowanego paliwa,
- dane wytwórcy,
- rodzaj substancji stosowanych w procesie formowania (dane wytwórcy zgodne z ustawą o substancjach i preparatach niebezpiecznych),
- dane technologiczne wytwarzania (homogenizacja, zagęszczanie, mielenie, itp.),
- część badawczą jednostki wydającej certyfikat:
- skład morfologiczny,
- zapach,
- wygląd optyczny, kolor,
- konsystencja,
- gęstość masy, gęstość nasypowa,
- lotność składników nasączających w temperaturze otoczenia,
- temperatury zapłonu składników lub substancji, samozapłonność,
- analiza termogravimetryczna próbki,
- zawartość wilgoci,
- skład elementarny,
- ciepło spalania i wartość opałowa wyznaczana metodą przeliczeniową (kalorymetr) i obliczeniową opartą na składzie elementarnym,
- zawartość metali wyrażona w ppm_m ,

⁵ Wandrasz J.W.: Paliwa z odpadów jako uzupełniające źródło paliw energetycznych. (Fuel from waste as supplementary sources of energetic Fuel) rozdział w publikacji. **Techniczne, ekonomiczne i organizacyjne aspekty gospodarki odpadami**. ISBN 83-914252-4-X PZITS 819/2003. Wyd. PZITS Poznań 2003. s. 643-652.

⁶ Wandrasz J.W. ; Podstawy procesów formowania paliw – paliwa formowane. Praca zbiorowa pod redakcją J.W. Wandrasz i K. Pikoń Paliwa z odpadów Tom. IV wyd. Helion Gliwice 2003. s. 49-54.

- reakcyjność wobec tlenu,
- właściwości emisyjne CO i NO_x w warunkach standaryzowanych (λ , T, p) dla paliwa czystego i w procesach współspalania,
- dodatki immobilizujące metale w fazie stałej,
- wnioski ze wskazaniem technologii zastosowania.

Certyfikat opatrzony danymi jednostki badawczej stanowi winien podstawę obliczeń procesu spalania, raportu ochrony środowiska i innych obliczeń emisyjnych a przede wszystkim podstawę dopuszczenia danego paliwa do procesu spalania lub współspalania. Trzeba wyraźnie podkreślić, że paliwo posiadające certyfikat nie może być pod żadnym pozorem traktowane jako odpad i nie podlega przepisom prawa o odpadach. Konieczne jest więc wydanie odpowiednich przepisów porządkujących zarówno nazewnictwo jak i całą nową dziedzinę paliw.