



ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

PROBLEMS OF FACTORY AND DOMESTIC WASTE UTILIZATION

УДК 628.336.6

ПЕРСПЕКТИВА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

А.М. Шаимова, Л.А. Насырова, Г.Г. Ягафарова, Р.Р. Фасхутдинов

Уфимский государственный нефтяной технический университет (УГНТУ)
450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1
Тел./факс: 8 (347) 2431737; e-mail: samaritianka17@mail.ru

В статье рассмотрена перспектива энергетического использования твердых бытовых отходов (ТБО). Приведен обзор технологий получения тепловой и электрической энергии из ТБО. Рассмотрена перспектива энергетического использования свалочного биогаза полигонов ТБО. Раскрыты технологические решения при проектировании полигонов твердых бытовых отходов с получением свалочного биогаза. В данной статье также затрагивается ряд других взаимосвязанных вопросов экологического и технико-экономического характера.

PROSPECT OF POWER USE OF MUNICIPAL SOLID WASTE

A.M. Shaimova, L.A. Nasyrova, G.G. Jagafarova, R.R. Fashkutdinov

The Ufa State Oil Technical University (USPTU)
1 Cosmonauts str., Ufa, 450062, Republic of Bashkortostan
Phone/fax: 8 (347) 2431737; e-mail: samaritianka17@mail.ru

The prospect of power use of municipal solid waste (MSW) is considered in the article. The review of technologies of reception of thermal and electric energy from FHW is brought. The prospect of power use of landfill biogas of landfills of MSW is considered. Technological decisions at designing of landfills of municipal solid waste with reception of landfill biogas are opened, and also a number of other interconnected questions of ecological and technical-economic character are mentioned in this article.



Гузель Габдулловна
Ягафарова

Сведения об авторе: зав. кафедрой «Прикладная экология» Уфимского государственного нефтяного технического университета, д-р техн. наук, профессор. Член Ученого совета УГНТУ, член Ученого совета по защите докторских и кандидатских диссертационных работ по биотехнологии и экологии – Д212 289.06. Почетный работник высшего и профессионального образования, Заслуженный деятель науки Республики Башкортостан.

Область научных интересов: экология – защита окружающей среды от экотоксикантов.

Публикации: 6 книг, 5 учебных пособий, свыше 250 научных публикаций, в том числе 33 изобретения в области экологии.



Лилия Алсыновна
Насырова

Сведения об авторе: канд. хим. наук, доцент кафедры «Прикладная экология» УГНТУ.

Область научных интересов: переработка и утилизация отходов природопользования, разработка технологий по обезвреживанию отходов.

Публикации: 1 книга, 7 учебных пособий и более 50 научных публикаций, в том числе 3 патента на изобретения.



Алсу Маратовна
Шаимова

Сведения об авторе: аспирант кафедры «Прикладная экология» УГНТУ. Стипендиат президента РФ, лауреат молодежной премии города Уфы в области науки, техники, литературы и искусства.

Область научных интересов: переработка твердых бытовых отходов (ТБО), проектирование полигонов захоронений ТБО с получением свалочного газа.



Рашид Рифович
Фасхутдинов

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент кафедры «Технологии нефти и газа» УГНТУ.

Область научных интересов: энерго- и ресурсосбережение при производстве экологически чистых топлив.

Публикации: 7 учебных пособий, более 50 научных публикаций, в том числе 4 патента на изобретения.

Современные тенденции развития энергетики в мире и России благоприятны для расширения использования в энергетическом балансе различных видов возобновляемых энергетических ресурсов.

Твердые бытовые отходы (ТБО), образующиеся в большом количестве (занимающие значительные территории, загрязняющие окружающую среду) и часто не находящие хозяйственного использования, являются постоянно возобновляемыми вторичными энергетическими ресурсами и представляют интерес, прежде всего, для местной энергетики. Они обладают сравнительно высоким энергетическим потенциалом и достаточно эффективно могут конвертироваться в топливо и энергию. Использование отходов в качестве вторичных энергетических ресурсов является важной составной частью энергосбережения и способствует снижению загрязнения окружающей среды.

По теплоте сгорания ТБО приближаются к низкокалорийным углям и могут рассматриваться как весьма распространенное, доступное, низкокалорийное, постоянно возобновляемое местное топливо, не требующее затрат на добычу, которое должно найти применение в народном хозяйстве. Низшая теплота сгорания ТБО в зависимости от времени года и региона изменяется в пределах 4180-10450 кДж/кг. За рубежом, например, в США, теплота сгорания ТБО составляет 12540-14630 кДж/кг, в Италии – 6700 кДж/кг [1]. Для предварительной оценки энергетического потенциала бытовых отходов их низшая теплота сгорания может приниматься в размере 5000-8000 кДж/кг [1]. Общий энергетический потенциал ТБО, ежегодно образующихся в России (85 млн т), оцененный по их теплоте сгорания, составляет $3,5 \cdot 10^{14}$ - $6,4 \cdot 10^{14}$ кДж (8,1-10,2 млн т у. т.) [2].



Рис. 1. Энергетические методы использования ТБО

Fig. 1. Power methods of MSW use



Получение тепловой и электрической энергии из ТБО в основном осуществляется при их сжигании и захоронении на полигонах (рис. 1).

Кроме того, для целей энергетики представляют интерес пиролиз ТБО, переработка в гранулированное топливо, а также получение тепловой энергии активным компостированием (микробным окислением) [3, 4]. Методы термической переработки ТБО, как правило, используются в промышленно развитых странах с небольшой территорией и высоким уровнем технологий. Имеется ряд различных методов мусоросжигания: в кипящем слое, на колосниковых решетках, во вращающихся барабанных печах и др. Наибольшее распространение получила технология сжигания на колосниковых решетках, являющаяся традиционным способом обеззараживания несортированных бытовых отходов, позволяющая примерно на 70% сократить их массу [3]. Чаще всего ТБО сжигаются в котлах котельных или электростанций, что позволяет вырабатывать тепловую и электрическую энергию. Например, в городе Копенгагене весь бытовой мусор утилизируется для получения тепловой энергии, которая используется для теплоснабжения городских потребителей. В США в г. Бриджпорте эксплуатируется мусоросжигательный завод, ежегодно перерабатывающий более 630 тыс. т бытовых отходов, свозимых из 14 городов. Завод работает круглосуточно, мощность электростанции составляет 60 МВт [5]. Производительность мусоросжигательных установок (инсеператоров) может быть как небольшой, менее 40 тыс. т в год, так и весьма значительной – 1 млн т и более в год. Главный недостаток большинства термических методов переработки ТБО – низкие температуры (600-900° С), при которых интенсивно образуются высокотоксичные соединения типа диоксинов, фуранов и др. Кроме того, образуется до 25-30% вторичных твердых отходов (зола, шлак), загрязненных токсичными веществами [6].

В ряде стран (Германия, Италия и др.) методы сжигания ТБО применяются достаточно широко и количество мусоросжигающих установок возрастает. Другие страны, например США, закрывают многие действующие мусоросжигательные заводы [7]. Поэтому в настоящее время оценки перспектив сжигания мусора достаточно противоречивы из-за высокой стоимости систем очистки дымовых газов. Применение более совершенных высокотемпературных методов (1200-1400° С) требует трудоемкой предварительной подготовки бытовых отходов, высоких энергетических затрат, дорогостоящего оборудования [8]. Использование технологии пиролиза – термохимического разложения сырья без доступа воздуха для получения генераторного газа пока ограничивается, в основном, переработкой древесины и сельскохозяйственных отходов [3].

В России перерабатывается незначительная часть (около 3%) образующихся бытовых отходов. Сжигание отходов (около 1,8% от общего объема) осуществляется в Москве, Владивостоке, Владимире, Со-

чи, Пятигорске. На всех мусоросжигательных заводах обеспечивается утилизация тепла, однако из-за низкой надежности оборудования и несбалансированности цен на отпускаемую энергию и себестоимости ее производства выработка тепловой энергии убыточна и составляет 20-50% проектной мощности [2]. На мусоросжигательных заводах используется малоэффективная, одноступенчатая очистка газов. Имеется много интересных отечественных разработок по получению энергии из ТБО термическими методами, но они не реализованы [1]. Кроме того, в Санкт-Петербурге, Нижнем Новгороде, Тольятти эксплуатируются мусороперерабатывающие заводы, работающие по технологии аэробного биотермического компостирования, при которой значительная часть ТБО (более 50%) обезвреживается и превращается в компост [8]. Эта технология требует энергозатрат (22-28 кВт·ч/т) и для энергетики не представляется интереса.

Полигонное захоронение бытовых отходов широко практикуется во всем мире. Основное достоинство технологии захоронения – простота, малые капитальные и эксплуатационные затраты и относительная безопасность. При разложении бытовых отходов выделяется свалочный биогаз (СБ) – ценнейшее углеводородное топливо (содержащее метан до 70%), которое можно использовать для производства тепловой и электрической энергии [1, 2, 7].

Из рассмотренных технологий энергетического использования ТБО получение свалочного биогаза весьма перспективно для России, так как около 97% образующихся бытовых отходов захоранивается на полигонах и свалках, занимающих свыше 40 тыс. га земли. Дополнительно ежегодно для захоронения ТБО отчуждается около 1 тыс. га земли [2]. Около 50 тыс. га земли занимают закрытые полигоны и свалки, на которых только за послевоенный период количество накопленных бытовых отходов предположительно составляет около 1 млрд т. Ежегодная эмиссия метана со свалок России оценивается в размере 2,3 млрд м³ (2,51 млн т у. т.) [1].

Полигоны ТБО всегда привлекали внимание специалистов из-за опасности для окружающей среды происходящих в них процессов. Основной проблемой полигонов является загрязнение атмосферного воздуха выбросами свалочного биогаза, а также поверхностных и грунтовых вод токсичным фильтратом. Наиболее полно вопросы проектирования, устройства, состояния полигонов, их воздействия на окружающую среду рассмотрены в работах [5, 6].

Ежегодная эмиссия метана (ценного энергетического компонента биогаза) с поверхности свалок земного шара оценивается в размере 75-95 млн т. (около 9,4% от общего потока метана в атмосферу). Это сопоставимо с мощностью основных биогенных источников метана [2]. Сегодня остро стоит проблема стабилизации концентрации в атмосфере этого газа, одного из основных планетарных источников парникового эффекта. Поэтому утилизация свалоч-

ного биогаза бытовых отходов приобретает важнейшее значение для снижения антропогенной эмиссии метана. Кроме того, метан является причиной самовозгорания свалочных отложений, так как при его взаимодействии с воздухом создаются горючие и взрывоопасные смеси, что приводит к сильному загрязнению атмосферы токсичными веществами. Следует отметить, что свалочный метан может приносить пользу в качестве топлива. Поэтому важнейшим направлением в исследовании полигонов является использование выделяющегося биогаза в качестве энергетического сырья. В течение многих лет эмиссия биогаза с полигона может составлять от нескольких сотен л/с (малые полигонсы) до нескольких $\text{м}^3/\text{с}$ (крупные полигонсы). В зависимости от содержания метана низшая теплота сгорания свалочного биогаза составляет 18-24 МДж/ м^3 (примерно половина теплотворной способности природного газа).

Утилизация свалочного биогаза на полигонах твердых бытовых отходов (ТБО) требует их инженерного обустройства (изоляции дна и поверхности, создания газосборной системы и др.). При этом решается основная задача охраны окружающей среды – обеспечение чистоты атмосферного воздуха и предотвращение загрязнения грунтовых вод. Полигоны можно считать аналогами месторождений природного газа, причем не только по технологиям разработки, но и по запасам метана [4]. Масштабы и стабильность образования, расположение на урбанизирован-

ных территориях и низкая стоимость добычи делают свалочный биогаз, получаемый на полигонах ТБО, одним из перспективных источников энергии для местных нужд.

Образующийся на свалках биогаз с начала 80-х гг. интенсивно добывается во многих странах [1, 2, 7, 8]. В настоящее время в мире эксплуатируется 1546 систем сбора биогаза со свалок производительностью по газу 4,13 млрд $\text{м}^3/\text{год}$ (4,7 млн т н. э./год) [6]. Из них 631 установка находится в странах ЕС, в Америке – 478 (в США – 344), в Австралии и Азии – по 27, в Африке – 16, Индии – 394. Только 50% газа, собранного на свалках, используется коммерчески [7].

В мире насчитывается более 1,5 тысячи коммерческих схем использования биогаза (рис. 2).

Целесообразность применения того или иного способа утилизации СГ зависит от конкретных условий хозяйственной деятельности на полигоне ТБО и определяется наличием платежеспособного потребителя энергоносителей, полученных на основе использования СГ. В большинстве развитых стран этот процесс стимулируется государством с помощью специальных законов. Так, во многих странах ЕЭС и США существуют законы, обязывающие потребителей покупать альтернативную энергию. Мало того, нормативно определена стоимость такого вида энергии, которая, как правило, в 2-2,5 раза выше стоимости энергии, произведенной на основе традиционных энергоносителей (природный газ, нефтепродукты и пр.).



Рис. 2. Методы энергетического использования биогаза полигонов ТБО
Fig. 2. Methods of biogas power use of MSW landfills

В связи с этим следует более подробно рассмотреть получение энергии из ТБО, накопленных на полигонах и свалках. Для этого на настоящем этапе научных исследований представляется целесообразным изучить вопросы, связанные с особенностями образования биогаза на полигонах и свалках ТБО, а также влияния различных факторов на процесс образования свалочного биогаза.

Условия свалки хорошо имитируются в лабораторных реакторах (лизиметрах), в которых деградация отходов идет за месяцы и дни. Авторами была создана лабораторная установка, а также разработана методика по получению биогаза из твердых бытовых отходов, на базе которой был проведен ряд исследований, в том числе и по интенсификации процесса образования метана в составе биогаза.

В результате была разработана конструкция экобезопасного полигона (рис. 3) ТБО с получением свалочного биогаза, обеспечивающая решение следующих задач:

- отведение фильтрата, загрязняющего грунтовые воды;
- сбор свалочного газа;
- интенсификация процесса образования свалочного газа.

Применение данной конструкции позволит свести к минимуму риск загрязнения окружающей среды, повысить экологическую безопасность территорий размещения отходов и получить дополнительную энергетическую выгоду в виде метансодержащего биогаза [3, 7, 8].

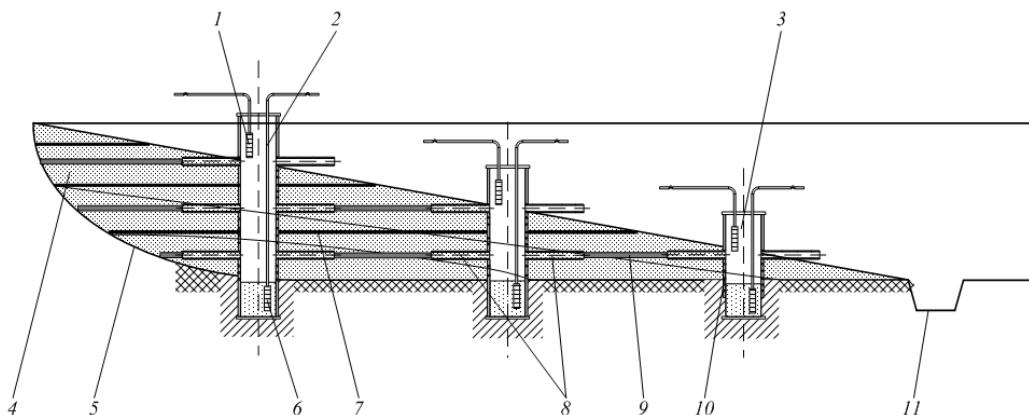


Рис. 3. Разрез полигона в момент заполнения третьего слоя первой карты: 1 – газосборник; 2 – полимерный трубопровод; 3 – колодец вертикального газового дренажа; 4 – отходы; 5 – дно полигона; 6 – эрлифт; 7 – защитный экран; 8 – система горизонтального газового дренажа; 9 – инициирующий слой; 10 – система вертикального газового дренажа; 11 – дренажная канава

Fig. 3. Cut of landfills at the moment of filling of the third layer of the first card: 1 – collector; 2 – the polymeric pipeline; 3 – well of a vertical gas drainage; 4 – waste; 5 – landfill bottom; 6 – airlift; 7 – filter; 8 – system of a horizontal gas drainage; 9 – initiating layer; 10 – system of a vertical gas drainage; 11 – drainage ditch

Список литературы

1. Шаимова А.М., Насырова Л.А., Ягафарова Г.Г. // Нефтегазовое дело. 2006. 4, № 1. С. 235-239.
2. Шаимова А.М., Насырова Л.А., Ягафарова Г.Г. Получение свалочного газа – перспективная ресурсосберегающая технология // Сб. трудов Второй Международной научно-практической конференции «Стратегия развития минерально-сырьевого комплекса в XXI веке». Москва. 2006. С. 305-306.
3. Шаимова А.М., Насырова Л.А., Ягафарова Г.Г. Снижение антропогенного воздействия полигонов твердых бытовых отходов. Сб. трудов первого международного экологического конгресса (третьей международной научно-практической конференции) // Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов ELPIT 2007. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2007. Т. 2. С. 219-222.
4. Мариненко Е.Е., Беляева Ю.Л., Комина Г.П. Тенденция развития систем сбора и обработки дре-
- нажных вод и метансодержащего газа на полигонах твердых бытовых отходов. Отечественный и зарубежный опыт. СПб: Недра, 2001.
5. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов твердых бытовых отходов. М.: АКХ им. К.Д. Памфилова, 1996.
6. Разнощик В.В. Проектирование и эксплуатация полигонов для твердых бытовых отходов. М.: Стройиздат, 1981.
7. Шаимова А.М., Насырова Л.А., Ягафарова Г.Г., Фасхутдинов Р.Р. Обеспечение экологической безопасности полигонов твердых бытовых отходов. Сб. материалов Международной научно-практической конференции // Промышленная безопасность на взрывопожарных и химически опасных производственных объектах. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2008. С. 198-205.
8. Шаимова А.М., Насырова Л.А., Ягафарова Г.Г. Разработка матрицы прогнозирования выхода метана в составе биогаза из твердых бытовых отходов // Башкирский химический журнал. 2007. Т. 14, № 5. С. 31-34.