

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ТОПЛИВА – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Ягафарова Г.Г., Насырова Л.А., Шаимова А.М., Фасхутдинов Р.Р.
Уфимский государственный нефтяной технический университет

Приведен обзор технологий добычи и использования альтернативного источника «голубого» топлива – свалочного газа на свалках и полигонах твердых бытовых отходов. Приведены данные о действующих установках. Рассмотрены перспективы добычи и использования свалочного газа в России. Описан метод математического моделирования процессов, протекающих в толще полигона, позволяющий теоретически определить его метановый потенциал на каждом этапе жизненного цикла.

Современные проблемы выработки и потребления энергии

Человечеству нужна энергия, причем потребности в ней увеличиваются с каждым годом. Вместе с тем, запасы традиционных природных топлив (нефть, уголь, газ и др.) невозобновимы. Сегодня суммарное потребление тепловой энергии в мире составляет 200 млрд. кВт/ч в год, (эквивалентно 36 млрд. т усл. топлива). В современной России общее потребление топлива составляет около 5% мирового энергобаланса. [6] Свыше 80% от всех геологических запасов органического топлива в мире приходится на долю угля, который становится все менее популярным, в связи с вредным влиянием его на окружающую природную среду. Кроме того, по прогнозам некоторых экспертов запасы угля будут исчерпаны к 2100 г. Уже сейчас заметно сокращается добыча нефти и газа, но не за счет модернизации технологий переработки нефти и газа, а за счет истощения природных ресурсов. Так к 2020 г. доля добычи нефти и газа в топливно-энергетическом балансе снизится с 66,6% до 20%. Гидро- и ветроэнергетика составляют всего 2,3% общего производства энергии в мире и они могут играть только вспомогательную роль из-за существенных недостатков: потребности в ровных площадках значительных размеров, необходимость выведения их из хозяйственного оборота, изменение привычного природного ландшафта,

акустические шумы, вибрация почвы. [2] Таким образом, ни органическое топливо, ни гидро- и ветроэнергия, не могут решить проблемы энергетики в перспективе. Уменьшаются также и запасы ядерного топлива - урана и тория, из которого можно получать в реакторах - размножителях плутоний. Основными недостатками данного способа получения энергии являются проблемы высокой надежности атомных энергоблоков и удорожание атомных электростанций. Практически неисчерпаемы запасы термоядерного топлива – водорода, однако управляемые термоядерные реакции пока не освоены и неизвестно, когда они будут использованы для промышленного получения энергии в чистом виде.

Таким образом, рассмотренные способы получения энергии не могут решить проблемы энергообеспечения будущих поколений. Остаются два пути: предельно экономное расходование энергоресурсов и использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Именно возобновляемые источники энергии представляют сегодня реальную альтернативу традиционным технологиям и остаются наиболее перспективными с точки зрения сохранения окружающей природной среды и первичных природных ресурсов. К ним относят внедрение технологий по биоразложению отходов органического происхождения (отходы животноводческих и птицеводческих комплексов и др.), сжигание твердых бытовых отходов (ТБО) с использованием тепла дымовых газов, а также использование свалочного газа (СГ), образующегося на полигонах ТБО. Наибольший интерес представляет получение СГ, так как решается ряд проблем экономического и экологического характера.

Макрокомпонентами СГ являются метан (CH_4) и диоксид углерода (CO_2) их соотношение может меняться от 40-70% до 30-60% соответственно. В качестве сопутствующих компонентов присутствуют азот (N_2), кислород (O_2), водород (H_2), а также различные органические соединения.[5] Эмиссии СГ, поступающие в природную среду формируют негативные эффекты как локального, так и глобального характера. Так, например, в США вступил в силу закон о необходимости оборудования всех без исключения полигонов страны системами добычи и обезвреживания СГ, после того как американскими исследователями было показано, что свалки являются основным антропогенным источником метана в США. Интересно отметить, что существенный вклад в глобальную

эмиссию СГ производит Россия. По оценкам Межправительственной комиссии по изменению климата (IPCC) свалки России ежегодно выбрасывают в атмосферу 1,5 млн. т, что составляет примерно 3% от планетарного потока. [1]

Органическое вещество, являясь основным компонентом ТБО, разлагается на свалках приблизительно в течение 20 лет. Активное газообразование в толще складированных отходов начинается примерно с третьего года от начала складирования, постепенно нарастая, и продолжается 10-15 лет, после чего процесс постепенно замедляется. Поэтому при среднем выходе свалочного газа 100 м³/т ТБО средняя скорость выхода его принимается, как правило, 5 м³/т ТБО в год. Эта цифра подтверждается данными по эксплуатации 86 систем сбора свалочного газа в различных странах.[4]

Свалочный газ, образующийся на свалке, без предварительной очистки можно использовать как топливо для котлов и печей, т.е. он может поставляться прямо к промышленному потребителю для получения тепла или для использования в каком-либо технологическом процессе (обжиг, получение технологического пара и др.). Этот путь использования газа является самым эффективным при условии, что его потребление непрерывное.[7]

Свалочный газ используется также после предварительной очистки для получения электроэнергии с помощью установок комбинированной выработки тепла и электроэнергии (КТЭ). Выработанное электричество может использоваться непосредственно на площадке свалки или подаваться в сеть.

В перспективе возможно использование СГ после обогащения его до качества природного газа. При обогащении газ высушивается, из него удаляются диоксид углерода и другие примеси. Однако, системы улучшения качества свалочного газа пока очень дороги и не находят широкого применения.[2]

Лидерами по объемам годовой газодобычи с полигонов ТБО в мире является: США – 500 млн. м³/год, Германия - 400 млн. м³/год, Великобритания - 200 млн. м³/год. В целом, глобальная добыча СГ составляет примерно 1,2 млрд. м³ в год, что эквивалентно 429 тыс. тонн метана или 1% его мировой эмиссии.[3]

В России проводились специальные технико-экономические расчеты возможных типовых объектов по добыче и утилизации газа со свалок. Рассматривались два варианта технологических схем утилизации газа: производство

электроэнергии и подача газа потребителю. В результате, установили, что объекты по производству электроэнергии требуют больших инвестиций и являются более прибыльными по абсолютным показателям; с ростом свалочной толщи отходов пропорционально растут технико-экономические показатели объектов; все рассмотренные варианты экономически эффективны.

На основании полученных данных был разработан и внедрен проект «Санитарное захоронение с рекуперацией энергии на территории Московской области». Основной целью проекта являлась демонстрация в России возможностей биогазовой технологии.

В качестве объектов были выбраны два типичных полигона Московской области: полигон «Дашковка» в Серпуховском районе и полигон «Каргашино» в Мытищинском районе.

Был выбран вариант утилизации биогаза в форме производства электроэнергии. Для этого на их территориях были построены системы газодобычи, включающие скважины, газопроводы и компрессорные станции, обеспечивающие подачу газа к мотор-генераторам, находящимся в непосредственной близости от полигонов.

Опытно-промышленный режим испытаний показал выработку до 80 кВт/ч электроэнергии на каждом полигоне. Таким образом, в российских условиях из 1 м³ СГ может быть произведено 1,3 - 1,5 кВт электроэнергии. Это означает, что при полном использовании запасов СГ на полигонах может быть произведено около 2500 МВт электроэнергии в год.[2]

Проведенный анализ существующего положения использования СГ в мире показал, что тенденция расширения сбора и утилизации СГ, образующегося на свалках, наблюдается во многих странах, но объем извлекаемого газа ничтожен по сравнению с объемом его образования. Это открывает широкие возможности для развития СГ в качестве альтернативного источника "голубого" топлива.

Математические и инструментальные методы исследования процессов образования СГ на полигонах ТБО

Разработанный метод математического моделирования процессов, протекающих в толще полигона, позволил теоретически определить метановый потенциал полигона на каждом этапе его жизненного цикла.

Метановый потенциал - это количество метана, выделяемое единицей массы отходов данного морфологического состава.

Для прогнозирования эмиссий метана с полигонов ТБО в качестве необходимых для расчета исходных данных принимают следующие параметры:

- морфологический и химический состав биоразлагаемой части ТБО;
- зольность отходов, A ;
- влажность, W ;
- коэффициент биоразложения отходов на стадии полного метаногенеза

B_f (зависит от морфологического состава биоразлагаемой части ТБО).

Полный потенциал генерации метана L_o (нм³/т сухих отходов) определяется по формуле:

$$L_o = \sum (L_{oi} \cdot x_i) \quad (1)$$

где x_i - доли биоразлагаемых фракций;

L_{oi} - метановый потенциал (нм³/т сухих отходов) для каждой фракции отходов с учетом коэффициента биоразложения B_f и зольности A , определяется по формуле:

$$L_{oi} = 11088 \cdot \frac{n_c}{\mu_i} \cdot (1 - A) \cdot B_f \quad (2)$$

где n_c - число киломолей углерода, содержащееся в 1 тонне фракции,

μ_i - молярная масса фракции (кг/кмоль).

Количество метана Q (нм³), выделившееся за время τ , определяется следующим образом:

$$\frac{dQ}{d\tau} = (L_o \cdot M_c - Q) \cdot k \quad (3)$$

Здесь:

L_o – полный потенциал генерации метана (нм³/т);

$k=1/\tau$ - константа скорости разложения;

M_c - масса сухих отходов, определяется по формуле :

$$M_c = (1 - w) \cdot M_{вл} \quad (4)$$

$M_{вл}$ – масса влажных отходов (т).

Выполнив соответствующие математические действия, выведены формулы для определения объема выделившегося метана и скорости его образования.

Заложенные теоретические основы явились базой для экспериментальных исследований в лабораторных условиях. Морфологический состав отходов загружаемых в биореактор представлен в табл. 1. Эксперименты проводились в течение 30 суток. Образующаяся в процессе биоразложения газовая фаза содержит (в мг/м³): метан - 6,74; аммиак - 9,0; сероводород - 0,0245; фенол - 0,035; меркаптан - 0,067.

Расчетные и экспериментальные значения объемов выделившегося газа представлены на рис. 1.

Регрессионный анализ полученных результатов показал совпадение расчетных и эмпирических данных с коэффициентом корреляции $r = 0,996$.

Таблица 1

Расчет метанового потенциала

Наименование отходов	Содержание компонентов в смеси отходов, в %	Метановый потенциал, л/кг
Пищевые	17,2	0,062
Бумага	53,0	0,1279
Садово-парковые	27,8	0,0889

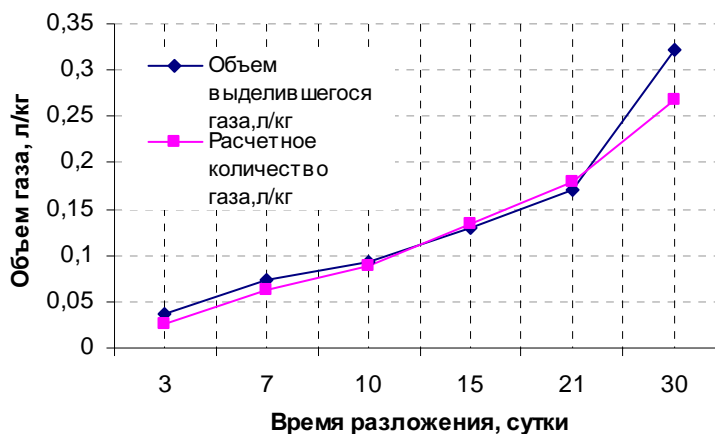


Рисунок 1. Динамика образования метана в лабораторных условиях

Таким образом, достоверность предлагаемой методики оценки газоносной способности полигонов подтверждается проведенными экспериментальными исследованиями. Расчет ведется по массе складированных отходов, что позволяет пренебречь изменениями плотности отходов при укладке и в процессе разложения. Учитывается также сгоревшая часть отходов, что повышает точность прогноза.

Модель достаточно проста. Она может использоваться для решения различного типа инженерно-экологических задач в различных ландшафтных условиях захоронения ТБО и на любом этапе его жизненного цикла.

Выводы

1. Детальный анализ существующих сведений по образованию СГ показал, что его использование является перспективной альтернативой природным энергоносителям с точки зрения сохранения окружающей природной среды и первичных природных ресурсов.
2. Разработан метод математического моделирования процессов, протекающих в теле полигона, позволяющий теоретически определить метановый потенциал полигона на каждом этапе его жизненного цикла.
3. Экспериментальные данные, полученные на основе разработанной лабораторной модели получения СГ, подтверждают достоверность теоретически установленных математических зависимостей.

Литература

1. Gendebien A. and others. Landfill gas. - Comission of the European Communities. - Brussels, 1998.
2. Кириллов Н.Г. Сжиженный природный газ – универсальный энергоноситель XXI века: новые технологии производства.//Индустрия, №3 (29), 2002. – стр. 113- 118.
3. Willumsen H.C. Decentralteed Energy Production from Landfill Gas Plant//Biomass for Energy and the Environment : Proc. of the 9th Europ. Bioenergy Conf., Copenhagen, 24-27 June, 1996. -Pergamon, 1996. - p.1146.

4. Микроорганизмы и окружающая среда. Ягафарова Г.Г., Сафаров А.Х. Учебное пособие.- Уфа: Издательство УГНТУ, 2005.-206 с.
5. Ножевникова А.Н. Круговорот метана в экосистемах//Природа. - 1995. - № 6. - С. 25-36.
6. Geadedien A. The Global Concept of Landfill Gas Exploitation. - Brussels : ECSC-ЕЕС- ЕАЕС.
7. Твердые бытовые отходы (сбор, транспорт, обезвреживание). Справочник. Систер В. Г., Мирный А. Н.,Скворцов Л. С. и др. - М., 2001.