

ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

СНИЖЕНИЕ ЭМИССИИ БИОГАЗА ТБО КАК ВАЖНЕЙШИЙ ЭЛЕМЕНТ СОКРАЩЕНИЯ «ПАРНИКОВОГО» ЭФФЕКТА

Т.В. Любинская

Экологический факультет
Российский университет дружбы народов
Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 113093

В статье рассматривается метод управления полигоном ТБО как биологическим реактором, что позволяет контролировать эмиссию биогаза как важнейшего элемента в общем процессе снижения «парникового» эффекта.

Ключевые слова: биогаз, биореактор, эмиссия биогаза, парниковый эффект, альтернативные источники энергии, «свалочный» газ.

В настоящее время важнейшими источниками энергии являются нефть и газ, запасы которых на Земле ограничены. Так, уже через 10—15 лет человечество начнет испытывать дефицит нефти. Химическую основу биомассы, также как нефти и газа, составляют углеводороды. В связи со сложившейся ситуацией в последнее время возрастает интерес к альтернативным источникам энергии, в частности к биоэнергетике на основе возобновляемых биологических ресурсов. Одно из ответвлений этого направления — утилизация биогаза животноводческих комплексов, канализационных стоков, свалок и полигонов ТБО.

Утилизация биогаза от свалок и полигонов ТБО представляет, на наш взгляд, наибольший интерес в связи с тем, что большая часть всего биогаза образуется в результате процессов разложения и окисления ТБО. В крупных городах ТБО вывозятся для захоронения на полигоны, площадь которых в Российской Федерации составляет около 15 тыс. га. Только в столичном регионе страны ежегодно образуется около 20 млн м³ ТБО, из которых 96,5% вывозятся на полигоны для захоронения.

Современные полигоны представляют собой сложные инженерные сооружения, на которых производится сортировка, а в отдельных случаях и утилизация наиболее ценных вторичных ресурсов, содержащихся в отходах. К таким утилизируемым ресурсам относится и биогаз, образующийся при анаэробном разложе-

нии органических отходов. В состав биогаза входит 50—60% метана. Теплотворная способность биогаза составляет 20—25 МДж/м³, что делает его сбор, транспортирование и промышленное применение экономически целесообразными.

С 1 га полигона в течение года можно собрать около 1 млн м³ биогаза, поэтому его производство в стране могло бы составить внушительную цифру — 15 млрд м³ в год. При общем объеме потребления природного газа в 400—450 млрд м³ в год биогаз мог бы быть источником экономии природных ресурсов и, что самое важное, возобновляемым источником энергии.

Наряду с этим следует учитывать и важнейший экологический эффект от сбора биогаза, выделяющегося на полигонах ТБО, так как метан в 7—10 раз опаснее диоксида углерода с точки зрения влияния на развитие парникового эффекта. Кроме того, он взрыво-, пожароопасен и токсичен и создает неблагоприятные экологические условия для жителей близлежащих районов, а также для обслуживающего персонала. Использование мест захоронения ТБО в качестве управляемых химических реакторов для получения возобновляемого источника энергии позволяет увеличить срок службы полигона, так как при регулируемом сборе биогаза происходит равномерная минерализация биомассы, а уменьшение толщины тела захоронения происходит без образования пустот. При отсутствии управления образованием и сбором выделяющегося при разложении углеводородных отходов биогаза происходит разрушение тела полигона вследствие сброса давления газа внутри него.

На генерирование биогаза влияет возраст полигона, состав, плотность укладки, температура и влажность отходов, а также толщина тела захоронения и способы эксплуатации полигона.

Оптимальная температура составляет 25—30 °С, кислотность среды должна соответствовать рН = 7—8. Гниение должно происходить в анаэробных условиях (в отсутствие кислорода воздуха), т.е. образование биогаза возможно только при достаточной толщине тела захоронения.

В настоящее время самым распространенным способом сбора биогаза является способ построения вертикальных скважин, пробуренных на месте уже заполненных хранилищ, или горизонтальных скважин-коллекторов, сооруженных в процессе складирования отходов. В наиболее простом случае биогаз собирается и направляется по трубопроводу потребителю в качестве топлива вместо других источников энергии. В качестве таких потребителей могут быть предприятия, производящие строительные материалы и использующие биогаз для обжига цементного клинкера, кирпича или керамической плитки. Отходящие дымовые газы могут использоваться для получения пара и горячей воды для сельскохозяйственных и бытовых нужд.

Другим простым вариантом использования биогаза является сжигание в определенных установках для получения электричества. Это могут быть газовые двигатели с искровым зажиганием или газовые турбины. Газовые двигатели позволяют создавать маломощные установки. Наиболее целесообразно применение двухтактных газовых двигателей без впускных и выпускных клапанов. Газовые турбины эффективны при мощности более 2 МВт. Коэффициент полезного дей-

ствия газовых турбин составляет 32%. Более дорогостоящим является получение высококачественного газа. Это требует удаления неметановых компонентов, что достигается химическими или физическими методами.

К сожалению, у нас в стране, несмотря на огромные и возобновляемые ресурсы углеводородных отходов, работы по промышленному освоению производства из них биогаза и энергии ведутся крайне неудовлетворительно. Небольшой опыт эксплуатации полигонов ТБО с утилизацией биогаза имеется в московском регионе на полигонах в городах Серпухове и Мытищах. В качестве исходных данных использовались результаты пилотных проектов, выполненных фирмой «Геополис» [1].

Для того чтобы оценить наиболее экономически и экологически приемлемый способ утилизации и использования биогаза в качестве альтернативного источника энергии, следует сказать о составе самого свалочного газа. Макрокомпонентами свалочного газа являются метан (CH_4) и диоксид углерода (CO_2) их соотношение может меняться от 40—70% до 30—60% соответственно. В существенно меньших концентрациях, на уровне первых процентов присутствуют, как правило, азот (N_2), кислород (O_2), водород (H_2). В качестве микропримесей в состав свалочного газа входят десятки различных органических соединений. Состав биогаза обуславливает ряд его специфических свойств. Прежде всего он горюч, его средняя калорийность составляет примерно 5500 Ккал на м^3 . В определенных концентрациях он токсичен. Конкретные показатели токсичности определяются наличием ряда микропримесей, таких, например, как сероводород (H_2S). Обычно свалочный газ обладает резким неприятным запахом. Он относится к числу так называемых парниковых газов, что придает ему глобальную значимость и делает его объектом пристального внимания мирового сообщества. Глобальная эмиссия свалочного газа является важным параметром для расчета прогнозных моделей изменения климата Земли в целом.

Первые глобальные оценки потока свалочного метана начали проводиться в прошлом десятилетии. Так, в одной из первых наиболее авторитетных работ 1987 г. было показано, что глобальная эмиссия свалочного CH_4 составляет 30—70 млн т в год, или 6—18% от его общепланетарного потока. При этом отмечалось, что данная величина превышает массу метана выделяемого угольными шахтами. На основании роста объемов образования ТБО в развивающихся странах делался прогноз о том, что в следующем столетии свалки будут основным глобальным источником метана.

В середине 90-х гг. оценка глобальной эмиссии свалочного метана проводилась экспертной группой Межправительственной комиссии по изменению климата (IPCC), была получена величина равная 40 млн т/год. Практически она подтвердила правильность прежних оценок, и окончательно поставила свалочный метан в реестр основных источников парниковых газов планеты.

Существенный вклад в глобальную эмиссию производит Россия. По тем же оценкам IPCC свалки России ежегодно выбрасывают в атмосферу 1,1 млн т, что составляет примерно 2,5% от планетарного потока.

Ежегодная эмиссия метана со свалок земного шара сопоставима с мощностью таких общеизвестных источников метана, как болота, угольные шахты и т.д. Сегодня остро стоит проблема стабилизации концентрации в атмосфере этого газа, одного из основных планетарных источников парникового эффекта. Поэтому утилизация 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.

Так как процесс разложения отходов продолжается многие десятки лет, полигон можно рассматривать как стабильный источник биогаза. Эмиссия биогаза с полигона в зависимости от объема свалочных масс может составлять от нескольких десятков л/с (малые полигоны) до нескольких м³/с (крупные полигоны). Масштабы и стабильность образования, расположение на урбанизированных территориях и низкая стоимость добычи делают биогаз, получаемый на полигонах ТБО, одним из перспективных источников энергии для местных нужд.

Около 30 лет назад в США была предложена новая технология захоронения бытовых отходов — создание громадных биореакторов, в которых дно и стенки изолированы от окружающего грунта, а верхний перекрывающий герметичный слой предотвращает эмиссию биогаза (его собирают с помощью системы перфорированных труб и используют как топливо). За счет рециркуляции фильтрата в толще свалки повышается влажность, что значительно ускоряет деградацию отходов. Таким образом, достаточно быстро (приблизительно через 10 лет) территорию свалки можно использовать для новых захоронений.

Если рассматривать полигон как биологический реактор, то важным процессом, оказывающим влияние на снижение эмиссии биогаза, являются биохимические превращения органики, определяющиеся наличием или отсутствием кислорода. В аэробных условиях она достаточно быстро окисляется аэробными микроорганизмами, образуя диоксид углерода и накапливая микробную биомассу. Такие условия существуют продолжительное время лишь в самом верхнем слое свалки. В ее толще после быстрого исчерпания кислорода начинается более медленная деградация органических веществ с участием анаэробных микроорганизмов. В итоге образуется активная (возбудимая) биохимическая среда [2].

Механизмы анаэробного распада органических веществ изучались на экосистемах анаэробных реакторов, донных отложений и почв. Условия свалки хорошо имитируются в лабораторных цилиндрических лизиметрах [3]. Распад биополимеров (углеводов, белков и жиров) начинается с гидролиза, который осуществляют микроорганизмы, имеющие специальные ферменты — гидролазы. Их размножению и распространению по поверхности твердого субстрата способствует вода. Продукты этой реакции потребляются гидролитиками и другими кислотогенными микроорганизмами, в результате чего образуются летучие жирные кислоты (уксусная, пропионовая, масляная), а также водород. Фаза, условно объединяющая

гидролиз и кислотогенез, называется кислотогенной. При накоплении жирных кислот понижается рН среды, а при $\text{pH} < 6,0$ конечная метаногенная фаза подавляется.

Гетерогенность твердых отходов создает большую неоднородность и концентрацию промежуточных органических веществ. Специальные исследования московских свалок с использованием геофизических, изотопных и микробиологических методов показали, что выброс биогаза в атмосферу в различных точках крайне нерегулярен [4].

Исследования образцов, взятых из свалок, показали, что быстрее всего метан образуется в нейтральной или слабо щелочной среде, а в кислой, напротив, медленнее. Если кислотогенная и метаногенная фазы не сбалансированы, в фильтрате накапливаются растворенные жирные кислоты. При этом блокируется не только метаногенез, но и гидролиз. Тем не менее и при низких значениях рН в некоторых местах свалки, где есть ниши для соответствующих микробов, метан выделяется.

Исследования показали, что с биогазом буквально улетучивается до 20% первоначальной массы сухого вещества ТБО, в том числе 8—10% — за время эксплуатации полигона. Убыль массы отходов сопровождается увеличением их плотности и снижением влажности, т.к. перерабатывается на биогаз прежде всего легкая органика с рыхлой структурой и высокой влажностью [5].

Если собрать и использовать половину образующегося биогаза, то это будет равноценно утилизации 10% отходов, доставленных на полигон. Для сравнения: на таком же уровне оценивается возможный уровень утилизации отходов на полигоне при помощи дорогостоящих мусоросортировочных комплексов, причем при сортировке мусора энергия потребляется (25—30 кВт·ч/т ТБО), а при утилизации биогаза — вырабатывается (50—60 кВт·ч/т ТБО) [6].

Таким образом, управляя биореактором, можно создать замкнутый цикл, совместить природный и антропогенный циклы веществ и достичь биодинамического равновесия экологически опасного объекта — полигона ТБО с окружающей природной средой, тем самым способствуя снижению эмиссии биогаза, что благотворно скажется на уменьшении парникового эффекта в целом.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Информационный бюллетень фирм «Геополис» и «Гронтмай». — 1996. — № 2.
- [2] *Вавилин В.А., Локишина Л.Я., Ножневникова А.Н., Калужный С.В.* Свалка как возбудимая среда // Интернет-ресурс: www.cogeneration.ru
- [3] *Barlaz M.A., Ham R.K., Schaefer D.M.* // Crit. Rev. Environ.Control. — 1990. — V. 19. — P. 557—584.
- [4] *Nozhevnikova A.N., Lifshits A.B., Lebedev V.S.* et al. // Chemosphere. — 1993. — V. 16. — P. 401—417.
- [5] *Vavilin V.A., Rytov S.V., Lokshina L.Ya.* et al. // Biotechnology and Bioengineering. — 2003. — V. 81. — P. 66—73.
- [6] *Вострецов С.П.* Биогаз полигона ТБО как источник энергии, ОАО «Галургия», Пермь, Россия.

DECREASE OF A LANDFILL GAS'S EMISSION AS THE MOST IMPORTANT ELEMENT OF THE «GREENHOUSE» EFFECT REDUCTION

T.V. Liubinskaya

Ecological Faculty
Peoples Friendship University of Russia
Podolskoye shosse, 8/5, Moscow, Russia, 113093

This article considers a management method of landfill as a bioreactor which admits to control biogas's emission as the most important element in the whole process to reduce the «greenhouse» effect.

Key words: biogas, bioreactor, emission of biogas, «greenhouse» effect, alternative sources of energy, landfill gas.