

УДК 628.49

А.И. Пятничко, Г.В. Жук*, В.Е. Баннов

Институт газа НАН Украины, ул. Дегтяревская, 39, г. Киев, Украина, 03113

*e-mail: hen_zhuk@ukr.net

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПОЛИГОНОВ ТБО УКРАИНЫ ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ ОБЪЁМОВ ДОБЫЧИ И СОСТАВА БИОГАЗА

Полигоны твёрдых бытовых отходов (ТБО) Украины, представляющие собой биологически возобновляемое сырьё, могут рассматриваться как источники биогаза. Только в Украине ежегодно образуется ТБО более 10 млн. т. В результате анаэробного брожения каждая тонна бытовых отходов может выделить 120...200 м³ биогаза, а все полигоны — 800 тыс. т метана ежегодно. Существующие полигоны ТБО ухудшают экологическую ситуацию в Украине. Так как метан — основной компонент биогаза, обладает в 21 раз большим парниковым эффектом, чем диоксид углерода, то количество метана, попадающего ежегодно в атмосферу с полигонов ТБО, эквивалентно 16 млн. т CO₂. Сообщается о результатах обследования нескольких полигонов ТБО. Производство биогаза на каждом из этих полигонов может достигать 1200 м³/ч метана. Теплотворная способность биогаза составляет 20-25 МДж/нм³. Биогаз может использоваться для заправки автомобилей и как топливо для когенерационных установок, производящих одновременно электроэнергию и теплоту.

Ключевые слова: Биогаз. Твёрдые бытовые отходы. Парниковый эффект. Производительность. Газовый анализ. Утилизация. Когенерация.

A.I. Piatnichko, G.V. Zhuk, V.E. Bannov

RESULTS OF MSW AREA INSPECTION IN UKRAINE FOR ESTABLISHMENT OF BIOGAS EXTRACTION AND STRUCTURE VOLUMES

The areas of municipal solid waste (MSW) in Ukraine, being biologically renewable raw material, can be considered as biogas sources. Only in Ukraine more than 10 million tones of MSW are formed annually. In the result of anaerobic fermentation every ton of municipal solid waste can evolve 120...200 m³ of biogas and all waste areas 800 thousand tones of methane annually. By the reason of the existing MSW areas an ecological situation in Ukraine becomes worse. Methane is a biogas basic component, possessing in 21 times more of greenhouse potential than carbon dioxide, so the amount of methane, getting annually into the atmosphere from the MSW areas is 16 million tones of CO₂. The results of MSW areas inspection have been reported. The biogas production on each of these areas can reach 1200 m³/h methane. A heating value of biogas is 20-25 MJ/nm³. Biogas can be used for cars fueling and as a fuel for cogeneration units, simultaneously producing electric power and heat.

Keywords: Biogas. Municipal solid waste. Greenhouse potential. Productivity. Gas analysis. Utilization. Cogeneration.

1. ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия человечество обеспокоено истощаемостью месторождений традиционных ископаемых топлив и, соответственно, поиском альтернативных источников энергии. Не остаётся в стороне и Украина — приняты законы, призванные стимулировать развитие альтернативных видов топлива [1], в частности, биотоплива [2]. Оно определяется как «топливо, изготовленное из биологически возобновляемого сырья (биомассы), которое может ис-

пользоваться в качестве топлива или компонента других видов топлива».

К биотопливу можно отнести биогаз, источником которого служат органические отходы лёгкой и пищевой промышленности, коммунальные стоки, а также твёрдые бытовые отходы (ТБО). Первые три из указанных типов отходов перерабатывают в специальных аппаратах для производства биогаза с применением соответствующих микроорганизмов по строго регламентированной технологии [3]. ТБО представляют собой значительно более обширный класс отходов

(только в Украине их образуется ежегодно более 10 млн. т), которые традиционно складываются (захороняются) на специальных полигонах.

Полигоны ТБО являются источником биометана. В результате естественных процессов анаэробного брожения каждая тонна бытовых отходов выделяет 120...200 м³ биогаза [4]. В Украине насчитывается около 4,5 тыс. полигонов ТБО общей площадью более 7,5 тыс. га [5], которые представляют собой значительный ресурс для добычи биометана. С другой стороны, полигоны создают реальную экологическую проблему. Указанный выше объём ежегодно вывозимых на полигоны Украины ТБО в процессе анаэробной переработки выделяет приблизительно 800 тыс. т метана (в предположении, что в среднем каждая тонна ТБО выделяет 150 м³ биогаза). Так как метан обладает в 21 раз большим парниковым эффектом, чем диоксид углерода, это его количество эквивалентно 16 млн. т СО₂. Сбор хотя бы части образующегося биогаза позволит внести существенный вклад в борьбу с парниковым эффектом. Кроме того, контроль за выделением метана практически исключит стихийные возгорания полигонов, при которых в атмосферу попадают особо токсичные вещества — диоксины и фураны.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ РЯДА ПОЛИГОНОВ ТБО УКРАИНЫ

С целью определения ресурса отечественных складированных отходов сотрудниками Института газа НАН Украины были проведены исследования полигонов Киевской (3 полигона), Ивано-Франковской (1) и Сумской (1) областей. Обследованы полигоны различной степени освоения и сроков эксплуатации, что подтверждают фото 1 и табл. 1.

Количество производственных скважин на полигонах ТБО, указанных в табл. 1, устанавливали в зависимости от их площадей и с учётом плотности заполнения. Исследования выполнялись на действующих и закрытых площадках (картах), открытых и рекультивированных (засыпанных грунтом) участках со сроками от начала складирования ТБО до 50 лет. С ходе обследований проводилось бурение скважин глубиной до 26 м, которые оборудовались перфорированными трубами диаметром 100 мм с засыпкой затруб-

Таблица 1. Характеристики исследованных полигонов

№ полигона ТБО	Начало эксплуатации	Состояние	Площадь, га	Завезено ТБО, тыс. т	Проектное количество производственных скважин
1	1999	действует	6,7	510	17
2	1952	закрыт в 1988 г.	15,5	5000	50
3	1946	действует	10,2	2000	26
4	1986	действует	63,7	5900	120
5	1991	действует	14,2	1300	43

ного пространства щебнем фракции 40+ мм. Почти во всех скважинах на различных глубинах (6...20 м) был обнаружен фильтрат, что ограничивало объём сбора биогаза.

Отбор биогаза из скважин производили посредством мобильной аппаратуры оригинальной конструкции, в состав которой входили генератор электроэнергии мощностью 2 кВт и блок отбора биогаза, создающий разрежение до 2 кПа (фото 2). Отобранный биогаз сжигали на факеле в специальной горелке (фото 3). Зависимость производительности экспериментальных скважин от создаваемого блоком разрежения (рис. 4) трудно прослеживается из-за значительного разброса результатов. Тем не менее, очевидна склонность указанной зависимости к насыщению. Как видно из рис. 4, при всех исследованных величинах разрежения производительность свежевскрытой скважины не падала ниже 40 м³/ч. В процессе длительной эксплуатации, как показывает практика, производительность падает в 2 раза, т.е. до 20 м³/ч. Последняя величина принималась нами за дебет производственной скважины. Несложный подсчёт показывает, что для исследованного ряда полигонов производство биогаза составит 350...2400 м³/ч (приблизительно 190...1200 м³/ч метана). Данные величины, несомненно, представляют ценность для решения вопросов о целесообразности добычи газа на коммерческой основе.

Отбор проб газа для проведения химического анализа осуществляли через штуцер в системе откачки биогаза в стеклянную колбу объёмом 0,5 дм³. Пробы отбирали как из свежевскрытых скважин, так и после эксплуатации в течение от 20 мин до 20 сут. Пробы биогаза анализировали в лаборатории Института газа НАН Украины на газовом хроматографе Agilent 6890 N, образцы газа вводили непосредственно в хроматограф.



Фото 1. Полигоны ТБО: а — действующий; б — рекультивированный; в — через 20 лет после рекультивации



Фото 2. Мобильная аппаратура для исследования скважин биогаза



Фото 3. Горение биогаза

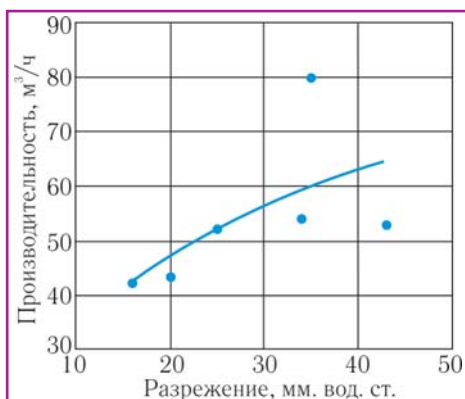


Рис. 4. Зависимость производительности скважины от разрежения, создаваемого системой откачки

Усреднённые результаты химического анализа биогаза приведены в табл. 2. Приведённые данные свидетельствуют о достаточно высоком содержании метана (более 50 %) в биогазе, что соответствует его теплотворной способности 20-25 МДж/м³. Содержание углекислого газа составляет 20-40 % об. Кроме того, биогаз содержит кислород, азот, водяной пар. На отдельных скважинах обнаружены следы сероводорода в количестве, не влияющем на возможное дальнейшее использование биогаза в качестве топлива. При

анализе биогаза скважин, пробурённых на картах различного времени захоронения ТБО, установлена тенденция к изменению пропорции различных газов в биогазе: со временем содержание метана и углекислого газа несколько снижается, а азота — растёт (рис. 5). По-видимому, это объясняется угасанием деятельности анаэробных бактерий и изменением химического цикла их жизнедеятельности.

Таблица 2. Компонентный состав биогаза исследованных полигонов ТБО Украины

№ полигона ТБО	Данные анализа, об. %					
	CH ₄	CO ₂	O ₂	N ₂	H ₂ S	H ₂ O
1	64,11	32,20	—	1,59	0,07	2,03
2	61,25	29,95	1,38	6,04	—	1,38
3	54,03	39,53	—	4,93	—	1,51
4	67,11	20,46	4,11	6,18	—	2,14
5	70,65	23,34	—	3,45	—	2,56

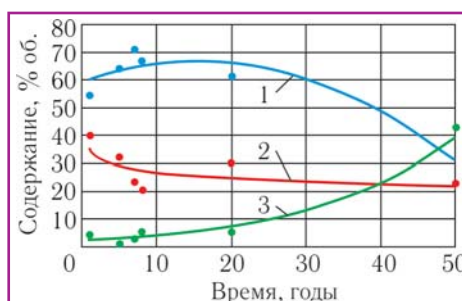


Рис. 5. Содержания газов в биогазе в зависимости от давности захоронения отходов на данном участке полигона: 1 — CH₄; 2 — CO₂; 3 — N₂

Высокий энергетический потенциал биогаза полигонов ТБО обусловит, как уже было отмечено выше, эффективное его применение вместо природного газа.

Богатый опыт нашего Института в области использования различных горючих газов позволил разработать различные технологические схемы применения биогаза. В любом случае, биогаз необходимо добыть из массива полигона с помощью скважин [5,6]. Затем нужно провести его очистку от механических примесей (микрочастиц) с помощью фильтров и осушить, так как газ выходит из скважины при температуре на 10-15 градусов выше атмосферной при 100 % влажности. Для транспортировки биогаза в агрегаты дальнейшей переработки также следует его сжать до необходимого избыточного давления.

Свалочный газ после предварительной переработки может быть использован для заправки автомобилей, в том числе, перевозящих ТБО. Для этого необходимо обогатить биометан, убрав углекислый газ, например, с помощью абсорбции (десорбции) или криогенного разделения. Затем, для заправки баллонов автомобилей, метан компримируют или сжижают [7].

При наличии вблизи полигона линии электропередачи биогаз, без предварительного обогащения, утилизируется в поршневых ДВС-генераторах и через

трансформаторную подстанцию передаётся в сеть. При производительности системы скважин 600 м³/ч мощность энергетической установки составит около 1 МВт, а в случае когенерационной установки — можно будет дополнительно произвести 1,2 МВт тепловой энергии. Тепло может быть использовано в коммунальном хозяйстве или для производственных целей (в парниковом хозяйстве, при обжиге кирпичей, осушке древесины и т.п.). Необходимо отметить, что высокая температура сгорания богатого метаном биогаза (около 1200 °С) позволяет использовать его в экстремальных технологиях, например, утилизации опасных отходов на территории полигона ТБО.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С учётом произведённых нами исследований можно сделать следующие выводы:

1. Полигоны ТБО Украины являются источниками высокоэнергетичного газа, содержащего до 70 % биометана, который может быть эффективно использован в производстве автомобильного топлива, электроэнергии и тепла в зависимости от расположения полигонов относительно хозяйственной инфраструктуры.

2. Утилизация свалочного биогаза позволит значительно улучшить экологическую ситуацию в Украине, предотвратив выделение парниковых газов в объёме 16 млн. т в СО₂ — эквиваленте, а так же токсичных веществ.

3. Объём добычи биогаза на исследованных полигонах оценивается в 350...2400 м³/ч с каждого по-

лигона в зависимости от его заполнения.

4. Институт газа НАН Украины обладает опытом добычи биогаза полигонов ТБО и широким спектром технологий его использования в качестве альтернативного топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон України № 1391-14 від 19.06.2009 «Про альтернативні види палива».
2. Закон України № 1391-17 від 21.05.2009 «Про внесення змін до деяких законів України щодо сприяння виробництву та використанню біологічних видів палива».
3. Биомасса как источник энергии/ Под ред. **С. Соуфера, О. Заборски.** — М: Мир, 1985. — 368 с.
4. **Пятничко А.И., Баннов В.Е.** Утилизация биогаза закрытых полигонов ТБО// Экология плюс. — 2009. — № 4 — С. 12-14.
5. **Бондаренко Б.І., Жовтянський В.А.** Проблема утилізації твердих побутових відходів та знешкодження небезпечних відходів в Україні: Від проекту концепції — до державної науково-технічної програми// Енерготехнології та ресурсосбереження. — 2008. — № 4. — С. 63-69.
6. **Гелетуха Г.Г., Марценюк З.А.** Обзор технологий добычи и использования биогаза на свалках и полигонах твердых бытовых отходов и перспективы их развития в Украине// Экотехнологии и ресурсосбережение. — 1999. — № 4. — С. 6-14.
7. **Крушневич Т.К., Пятничко А.И.** Извлечение метана из биогаза полигонов и подача его в магистральный газопровод// Технические газы. — 2006. — № 3. — С. 41-43.

<p>ОДИНАДЦАТЫЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ СЕМИНАР</p> <p style="font-size: 1.2em; font-weight: bold; color: white;">ППРВ-2010</p>	<p>«ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА»</p>
<p>СЕМИНАР ПРОВОДИТСЯ</p> <p>УКРАИНСКОЙ АССОЦИАЦИЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКИХ ГАЗОВ "УА-СИГМА"</p> <p>ПОД ЭГИДОЙ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - МИНИСТЕРСТВА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ УКРАИНЫ - МИНИСТЕРСТВА ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РФ - ОДЕССКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ ХОЛОДА - МЕЖДУНАРОДНОЙ АКАДЕМИИ ХОЛОДА 	<p>4-8 октября 2010 года</p> <p>г. Одесса</p> <p style="text-align: right;">XII МЕЖДУНАРОДНЫЙ СЕМИНАР ППРВ-2010</p>
<p>ПРИ УЧАСТИИ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА УКРАИНЫ ПО ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, ОХРАНЕ ТРУДА И ГОРНОМУ НАДЗОРУ - ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ <p>И ПРИ СОДЕЙСТВИИ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - МЕЖДУНАРОДНОЙ ГРУППЫ "РЕДКИЕ ГАЗЫ" (Г. МОСКВА, РФ) - ОАО "СУМСКОЕ НПО ИМ. М.В. ФРУНЗЕ" (Г. СУМЫ, УКРАИНА) - ОАО "КРИОГЕНМАШ" (Г. БАЛАШИХА, РФ) - ПКФ "КРИОПРОМ" ООО (Г. ОДЕССА, УКРАИНА) 	<p>Место проведения семинара: Гостиница "Виктория", расположенная в знаменитом курортном районе г. Одессы — Аркадии.</p> <p>Условия проживания: Одноместные номера со всеми удобствами.</p>
<p>Секретариат оргкомитета:</p> <p>65026, Украина, Одесса-26, а/я 271</p> <p>Тел/факс: + 380 48 777 00 87</p> <p>E-mail: uasigma@paco.net</p> <p>Http://www.uasigma.odessa.ua</p> <p style="text-align: center;">Генеральный информационный спонсор</p>	<p style="text-align: center;">ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> </div>