УДК 628.35; 62-62

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОГАЗА В УКРАИНЕ

Гелетуха Г.Г., канд. техн. наук, Кучерук П.П., Матвеев Ю.Б., канд. физ.-мат. наук, Куцый Д.В., Гелетуха А.И.

Институт технической теплофизики НАН Украины, ул. Желябова, 2а, Киев, 03680, Украина

В статті наведено огляд стану виробництва та використання яния производства и использовабіогазу в Європейському Союзі та ния биогаза в Европейском Союзе Україні. Наведено приклади впро- и Украине. Приведены примеры вадження біогазових технологій в внедрения биогазовых технологий Україні. Оцінено потенціал вироб- в Украине. Оценен потенциал проництва біогазу. Визначено бар'єри изводства биогаза. Определены бана шляху розвитку виробництва рьеры на пути развития производенергії з біомаси, зокрема біогазу. ства энергии из биомассы, в част-Запропоновано концепцію впро- ности биогаза. Предложена концепвадження біогазових установок в ция внедрения биогазовых устано-Україні до 2030 р.

В статье приведен обзор состовок в Украине до 2030 г.

The paper presents an overview of biogas production and use in the EU and Ukraine. Examples of biogas technologies implementation in Ukraine are shown. The potential of biogas production is estimated. Barriers to the development of energy production from biomass, including biogas are identified.

The concept of biogas technologies implementation till 2030 is offered.

Библ. 9, табл. 4.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, биогаз, биогазовая установка, твердые бытовые отходы, зеленый тариф, концепция.

ВИЭ – возобновляемые источники энергии;

ЕС – Европейский Союз;

БГУ – биогазовая установка:

АПК – агропромышленный комплекс;

ТБО – твердые бытовые отходы;

ПГ – природный газ;

По данным Международного энергетического агентства [1] 13,1 % первичной энергии в мире в 2010 г. было произведено из возобновляемых источников энергии (ВИЭ). За период с 1991 г. по 2010 год потребление энергии из ВИЭ в ЕС увеличилось в два раза и составило 12,4 % конечного энергопотребления ЕС-27 [2].

Одним из важных секторов ВИЭ в мире является производство и энергетическое использование биогаза. Лидером в производстве биогаза по праву можно считать ЕС в целом и Германию в частности. Общее количество биогазовых установок (БГУ) в Европе превышает 11 тыс. единиц (7,2 тыс. ед. в Германии). Общее производство биогаза в ЕС-25 в 2010 г. составило 10,9 млн. т н.э. (эквивалент 13,5 млрд. м³ природного газа), из них 6,7 млн. т н.э. произведено в Германии [3], при этом годовой прирост составил 31,3 %.

3T – зеленый тариф;

КРС – крупный рогатый скот;

ЕБРР – Европейский банк реконструкции и раз-

НКРЭ – Национальная комиссия регулирования электроэнергетики.

В 2011 г. в Европейском Союзе 56,7 % биогаза было произведено на биогазовых установках, использующих в качестве сырья отходы агропромышленного комплекса (АПК) и специально выращенное растительное сырье. Около трети биогаза (31,3 %) получено на полигонах твердых бытовых отходов (ТБО). Оставшаяся часть (12 %) произведена на станциях очистки сточных вод.

Биогаз использовался для производства электроэнергии (преимущественно) и/или тепла. В 2011 г. производство электроэнергии из биогаза в ЕС возросло по сравнению с 2010 г. на 18,4 % и достигло 35,9 ТВт.ч. За тот же период продажа тепла, полученного с использованием биогаза, предприятиям и тепловым сетям увеличилась на 16 % до 2,2 млн. т н.э.

В балансе производства электроэнергии из ВИЭ в ЕС электроэнергия из биогаза составляет 4,5 %, а в балансе производства электроэнергии из биомассы — 24,4 %. По прогнозу Еврокомиссии относительно структуры производства электроэнергии из ВИЭ в ЕС в 2020 г. [4], доля электроэнергии из биогаза составит около 8 %, превысив вклад малой гидроэнергетики, геотермальной и солнечной энергетики, а также электроэнергии из ТБО.

В последние годы получили распространение проекты по производству очищенного биогаза (биометана) с последующей закачкой в сети ПГ. В 2011 г. в ЕС насчитывалось около 180 установок по производству биометана, 130 из которых поставляли биометан в газовые распределительные сети, на остальных биометан использовался в качестве моторного топлива для автомобилей. Суммарная мощность биометановых установок составляла 70 000 нм³/ч. Общее производство биометана в 8 странах ЕС в 2010-2011 г.г. составило примерно 0,5 млрд. м³/год [5].

Большие объемы производства биогаза и биометана стали следствием дополнительного

использования в качестве исходного сырья специально выращиваемых растительных культур (преимущественно кукурузы). Например, в Германии для этих целей было задействовано около 1 млн. га, что составляет 8,3 % от общей площади пахотных земель (более 12 млн. га).

По оценкам аналитиков, рынок биогаза продолжит стремительно развиваться, замещая другие энергоносители в общей структуре энергетического баланса стран.

В Украине существуют единичные примеры внедрения биогазовых технологий. Первая из ныне работающих на отходах животноводства БГУ промышленного типа была построена в 1993 г. на свиноферме комбината «Запорожсталь». После этого были запущены биогазовые установки компаний «Агро-Овен», «Элита», «Украинская молочная компания» (табл. 1).

Биогазовая установка на комбинате «Запорожсталь» была внедрена с целью очистки стоков и уменьшения потребления энергии, на сегодняшний день энергетическая (тепловая) ути-

Табл. 1. Действующие биогазовые установки в Украине

Предприятие	Год запуска	Пого-	Виды сырья	Объем сырья, т/сут	Объем реакторов, м ³	Установленная электрическая мощность, кВт	Постав- щик тех- нологии
Свиноферма комбината «Запорожсталь», г. Запорожье	1993	8000- 12000	Навоз свиней	2022	595	1	Bigadan Ltd", Дания
Свиноферма корпорации «Агро-Овен», с. Еленовка, Днепропетр. обл.	2003	15000	Навоз сви- ней, жировые отходы забоя птицы	80	2 × 1000	180	BTG, Голландия
С/х компания «Элита», Терезино, Киевская обл.	2009	1000	Навоз (90 % КРС+10 % по СВ*)	60	1500	250	LIPP, Германия
Ферма КРС «УМК», с. В.Круполь, Киевская обл.	2009	4000 + 2000	Навоз КРС, силос кукурузы (план)	400	3 × 2400 + 1000	625 + 330	Зорг, Украина

СВ* – сухое вещество.

лизация биогаза реализуется на собственные нужды свинокомплекса комбината. На свинокомплексе корпорации «Агро-Овен» электроэнергия, вырабатываемая на биогазовой установке, потребляется на собственные нужды предприятия, при этом когенерационная установка не подключена к общей электросети. Эксплуатация БГУ компании «Элита» была приостановлена в 2011 г. в связи с нерентабельностью работы при отсутствии «зеленого» тарифа (ЗТ). Единственной биогазовой установкой, подключённой к сети, является на сегодняшний день БГУ на ферме КРС «Украинской молочной компании».

В сентябре 2011 г. было начато строительство биогазовой установки на базе свинокомплекса компании "Даноша" в с. Копанки, Ив.-Франковской обл. В 2012 г. корпорация «Мироновский хлебопродукт» начала работы по строительству биогазовой установки на птицефабрике «Орель-Лидер» в Днепропетровской обл. Планирует реализовать амбиционную программу строительства из 30 БГУ компания «Укрлэндфарминг». Агропромхолдинг «Астарта-Киев» в 2012 г. анонсировал строительство биогазовой установки на Глобинском сахарном заводе (Полтавская обл.) за счет кредита ЕБРР. Таким образом, внедрение биогазовых технологий остается уделом флагманов АПК, имеющих собст-

венные ресурсы для работы в условиях слабого финансового рынка и отсутствия инвестиций.

Несколько примеров внедренных биогазовых проектов существует на полигонах ТБО в городах Ялта, Алушта, Львов, Мариуполь, Кременчуг, Луганск, Запорожье, Винница, Киев (табл. 2), а также Бортнической станции очистки сточных вод (г. Киев).

Проект на Киевском полигоне № 5, реализованный компанией ЛНК, является в настоящее время наиболее успешным украинским биогазовым проектом. На полигоне работает линейка из пяти биогазовых двигателей TEDOM установленной мощностью 177 кВт каждый. В 2012 г. на полигоне ТБО выработано, поставлено в сеть и продано по экономически обоснованному тарифу, определенному НКРЭ, 3,26 ГВт-ч электроэнергии. Компания наращивает мощность этого проекта, в 2013 году запланирован ввод в эксплуатацию газопоршневой установки производства компании GE Jenbacher мощностью 1063 кВт_{эл}. Кроме этого, компания ЛНК в июне 2013 г. ввела в эксплуатацию газопоршневую установку GE Jenbacher мощностью 1063 кВт на полигоне ТБО г. Борисполь. В мае 2013 г. компания получила возможность продавать э/э, выработанную из биогаза на Бориспольском полигоне, по «зеленому» тарифу (134,46 коп/кВт·ч).

АПК Украины, производя значительные объ-

Табл. 2. Действующие системы сбора и утилизации биогаза на полигонах ТБО

Полигон	Количество накопленных ТБО, млн т	Площадь полигона, га	Период эксплуатации полигона	Начало сбора биогаза	Технология утилизации	
Алушта	1,0	3,2	1960-	2008	Факельная установка (ФУ) HOFGAS-Ready 500	
Ялта	1,3	5,0	1973-2010	2008	ФУ HOFGAS-Ready 800	
Львов	4,0	26	1957-	2009	ФУ HOFGAS-Ready 2000	
Мариуполь	2,5	14	1967-2009	2010	ФУ HOFGAS-Ready 800, ДВС 170 кВт _{эл}	
Кременчуг	2,8	15	1965-		ФУ Haase	
Луганск	2,0	11,6	1979-2010	2011	ФУ Biogas Ltd, UK, 600 m³/h	
Запорожье	3,2 (c 1974)	11	1952-	2011	ФУ Haase	
Винница	3,0	10	1980-	2012	ФУ Haase	
Киев	10	36	1986-	2012	ДВС TEDOM 5×177 кВт _{эл}	

емы органических отходов, потенциально обладает ресурсами для производства биогаза, способными заместить 1,5 млрд. м³ эквивалента ПГ в год (теоретический потенциал). При дальнейшем развитии сельского хозяйства и широком использовании растительного сырья (силос, травы) этот потенциал может быть доведен по разным оценкам от 7 [6] до 18 [7] млрд. M^3/Γ од в пересчете на ПГ. В первом случае предполагается использовать 6 % пахотных (50 % свободных от посевов) земель в Украине под выращивание кукурузы на биогаз при урожайности 30 т зеленой массы с 1 га (табл. 3). Второй вариант с более высоким прогнозом предполагает использование 7,9 млн. га земель под выращивание кукурузы с учетом повышения урожайности.

В табл. 4 показан потенциал выработки биогаза на существующих предприятиях АПК Украины, а также из силосной кукурузы, выращиваемой на 50 % свободных пахотных земель (при повышенной урожайности 40 т зеленой массы с 1 га и выходе биогаза 180 м³/т).

Значительная доля потенциального рынка БГУ в Украине может быть освоена до 2030 года. Необходимой предпосылкой реализации данных проектов на первом этапе является введение экономически обоснованного ЗТ для электроэнергии из биогаза. Для реализации эффективных энергетических биогазовых проектов важно стимулировать производство электроэнергии из биогаза, полученного не только из отходов биомассы, но также из специально выращенного растительного сырья. Параллельно с производством электроэнергии в Украине целесообразно развивать производство биометана для прямого замещения природного газа или более эффективной энергетической утилизации биогаза при производстве электроэнергии и тепла.

Одним из проверенных и действенных механизмов стимулирования развития возобновляемых источников энергии в мире является использование фиксированных «зеленых» тарифов для электроэнергии, произведенной из ВИЭ. В Украине для электроэнергии, выработанной из

Табл. 3. Использование пахотных земель в Украине с учетом выращивания кукурузы для производства биогаза

Показатели	Размерность	По состоянию на 2011 г.	Сценарий использования земель	
Общая площадь пахотных земель	тыс. га	32 499	32 499	
Посевные площади под с/х культуры	тыс. га	27 670	27 670	
	тыс. га	0	1 809	
Посевные площади под	% к общей площади пахотных земель	0 %	6 %	
кукурузу на силос	% к свободной площади пахотных земель	0 %	50 %	
Площадь чистых паров	тыс. га	1 211	1 287	
Свободные пахотные земли	тыс. га	3 618	1 733	
Урожайность кукурузы	т/га	-	30	
Удельный выход биогаза	M^3/T	-	180	
Потенциал выработки биогаза	1 MIDI M ² /10/1		9,8	
Эквивалент ПГ (96 % СН ₄)	валент ПГ (96 % CH_4) млрд. M^3 /год		5,6	

Вид деятельности	Общее число предприятий	Общий объем сырья для производства биогаза	Потенциал выработки ${\rm CH_4}$ с общего объема отходов/продукции	
	в Украине	тыс. т	млн. м 3 СН $_{4}$ /год	
Всего по Украине	-	126 169	8 716	
Промышленность и с/х, в т.ч.:	11667	53 818,6	1 554,1	
Сахарные заводы	60	24 894,3	881,0	
Пивоваренные заводы	51	1 273,0	72,1	
Спиртовые заводы	58	2 685,2	67,1	
Фермы КРС	3996	15 271,9	229,1	
Свинофермы	4258	5 179,2	88,0	
Птицефабрики	667	4 515,0	216,7	
Выращивание кукурузы	1 809 тыс. га	72 350,0	7162,6	

Табл. 4. Потенциал выработки СН, в ряде отраслей АПК Украины*

биогаза, гарантированный законом ЗТ действует только с апреля 2013 г., а его величина составляет 0,1239 евро/кВт·ч (с коэффициентом ЗТ равным 2,3).

Авторами определены следующие законодательные барьеры на пути развития производства энергии из биомассы, в частности из биогаза, и предложения по их преодолению путем внесения изменений в Закон Украины № 5485-VI [8], а именно:

- 1. Необоснованно низкий коэффициент «зеленого» тарифа для электроэнергии из биогаза.
- 2. Некорректное определение термина «биомасса».
- 3. Необоснованные требования относительно доли местной составляющей оборудования, материалов и услуг в общей стоимости проектов.
- 4. Терминологические ошибки в описании основных элементов оборудования для объектов электроэнергетики, использующих энергию биогаза.
- 5. Дискриминационный подход к биогазовым установкам, которые введены в эксплуатацию до 01.04.2013.

Детальный анализ действующих Законов Украины в сфере возобновляемой энергетики, в т.ч. имеющих отношение к производству биогаза, идентифицированные основные барьеры и пред-

ложения по их преодолению приведены в Аналитических записках БАУ № 2 и № 3 [8].

Кроме законодательных барьеров, существуют и другие проблемы развития производства биогаза в Украине:

- отсутствие нормативной базы;
- сложность применения налоговых льгот при ввозе биоэнергетического оборудования;
- отсутствие целевого финансирования проектов БГУ украинского производства;
- отсутствие действующей программы развития сектора.

Учитывая техническую и экономическую целесообразность, а также текущую структуру, потенциал и мощности предприятий в АПК Украины (фермы КРС и свинофермы, птицефабрики, сахарные заводы, спиртовые заводы, пивные заводы), объем рынка биогазовых установок оценивается примерно в 1600 установок с миниТЭЦ мощностью от 100 кВт_{зл}. Общая установленная мощность БГУ может составить около 820 МВт электрических и 1100 МВт тепловых.

Считаем целесообразным в краткосрочной (до 2020 г.) и среднесрочной (до 2030 г.) перспективе освоить соответственно 9 % и 51 % экономически целесообразного рынка БГУ. Общая годовая выработка электрической энергии при этом может составить в 2020 г. 0,45 млрд. кВт·ч

^{*}По состоянию на 2011 г.

Коли- чество уста- новок	Общая выра- ботка биогаза	Общая устан. эл. мощн.	Общая устан. тепл. мощн.	Годовая выра- ботка э/э, нетто	Годовая выра- ботка т/э, нетто	Сокра- щение выбро- сов СО _{2экв}	Инвес- тиции	Соз- дание новых рабочих мест	Площади под куку- рузу
ШТ.	млн. м ³ / год	МВт _{эл}	МВт	млн. кВт∙ч	млн. Гкал	млн. т/ год	млн. грн	ед.	тыс. га
	2020 г.								
143	292,3	74,0	97,3	448,4	0,395	1,2	2 645,3	917	27,2
	2030 г.								
811	1654,4	418,6	550,8	2 538,0	2,234	6,0	14 972,8	5 193	154,1

Табл. 5. Концепция внедрения биогазовых установок в сельском хозяйстве и пищевой перерабатывающей промышленности до 2030 г. [9]

и 2,5 млрд. кВт \cdot ч в 2030 г. При общих инвестициях в более, чем 800 биогазовых установок разных мощностей до 2030 г. до 15 млрд. грн., объем вырабатываемого биогаза составит 1,65 млрд. м 3 /год (1,2 млн. т у.т.) (табл. 5).

При этом из силоса кукурузы суммарно будет выработано около 2/3 объема биогаза, а 1/3 объема из отходов. Для выращивания необходимого количества силоса кукурузы потребуется 0,15 млн. га пахотных земель, что составляет всего 0,5% от их общей площади или 4,3 % от площади свободных пахотных земель (по состоянию на 2011 г.). Потенциал использования сбросного тепла от мини-ТЭЦ составит в 2020 г. 0,395 млн. Гкал, в 2030 г. – 2,234 млн. Гкал.

Количество новых рабочих мест до 2030 г., как прямых, так и в смежных видах деятельности, составит около 5200 единиц, сокращение выбросов парниковых газов — около 6 млн. т CO_{24KB} /год.

Выводы

• Производство биогаза в мире в целом, и в странах ЕС, в частности, находится на этапе стремительного роста с тенденцией к интенсификации существующих технологий получения биогаза, а также поиска новых видов сырья и технологий его переработки в биогаз, максимально полного полезного использования энергии биогаза. В 2010 г. в ЕС было произведено 13,5 млрд. м³ биогаза в эквиваленте ПГ, плани-

руется рост производства почти в 2 раза до 2020 г.

- Развитие биогазовых технологий в Украине позволит в перспективе производить ежегодно от 1,5 до 9 млрд. м³ эквивалента ПГ, внесет значительный вклад в обеспечение энергетической независимости государства, сформирует альтернативный газо-топливный ресурс, обеспечит возможность покрытия пиковых нагрузок в электросети, будет способствовать созданию новых рабочих мест, развитию местной экономики, улучшению экологии и повышению плодородия почв.
- Для интенсивного наращивания производства биогаза и энергии из него необходимо создать условия для развития этого вида бизнеса. Первоочередными задачами должны стать: повышение «зеленого» тарифа для э/э из биогаза до 0,1616 евро/кВт·ч (коэффициент ЗТ 3,0) − для биогаза из отходов АПК, и до 0,1454 евро/кВт·ч (коэффициент ЗТ 2,7) − для других видов биогазов; устранение в ЗУ № 5485-VI ряда терминологических упущений, касающихся термина «биомасса» и названий основных элементов БГУ, а также отмена на данном этапе развития отрасли требования «местной составляющей».
- При интенсивном строительстве БГУ, инвестиции в отрасль до 2030 г. могут составить не менее 15 млрд. грн., при общем числе проектов более 800 ед. и годовой выработке биогаза 1,65 млрд. м 3 (1,2 млн. т у.т.).

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Renewables Information. IEA 2010; Europe in figures Eurostat Yearbook 2010: http://www.iea.org/stats.
- 2. Renewables Information. IEA, 2010; Eurostat http://epp.eurostat.ec.europa.eu; Solid Biomass Barometer, 2010; EU energy and transport in figures, 2010; AEBIOM Annual Statistical Report, 2011.
- 3. The state of renewable energies in Europe. 11-th EurObserv'ER Report. 2011. Доступно на: http://www.eurobserver.org/pdf/barobilan11.pdf.
- 4. Renewable Energy Road Map. Renewable energies in the 21st century: building a more sustainable future. COM(2006) 848 final, Brussels, 10.01.2007. Доступно на: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0848:F IN:EN:PDF.

THE PROSPECTS OF BIOGAS PRODUCTION AND USE IN UKRAINE

Geletukha G.G., Kucheruk P.P., Matveev Yu.B., Kutsyi D.V., Geletukha A.I.

Institute of Engineering Thermophysics of National Academy of Sciences of Ukraine, vul. Zhelyabova, 2a, Kyiv, 03680, Ukraine

The paper presents an overview of biogas production and use in the EU and Ukraine. Examples of biogas technologies implementation in Ukraine are shown. The potential of biogas production is estimated. Barriers to the development of energy production from biomass, including biogas are identified. The concept of biogas technologies implementation is offered. Reference 9, tables 5.

Key words: renewable energy sources, biogas, biogas plant, municipal solid waste, green tariff.

- 1. Renewables Information. IEA 2010; Europe in figures Eurostat Yearbook 2010: http://www.iea.org/stats.
- 2. Renewables Information. IEA, 2010; Eurostat http://epp.eurostat.ec.europa.eu; Solid Biomass Barometer, 2010; EU energy and transport in figures, 2010; AEBIOM Annual Statistical Report, 2011.

- 5. Overview of biomethane markets and regulations in partner countries. March 2012. Fraunhofer Umsicht Доступно на: http://www.greengasgrids.eu/sites/default/files/files/120529_D2_2_Overview_ of biomethane markets rev1.pdf.
- 6. Г.Г. Гелетуха, П.П. Кучерук, Ю.Б. Матвеев, Т.В. Ходаковская. Перспективы производства биогаза в Украине / Возобновляемая энергетика, № 3, 2011, с. 73-77.
- 7. Виробництво і використання біогазу в Україні / Рада з питань біогазу з.т. / Biogasrat e.V. Травень 2012.
- 8. *Аналитическая записка* Биоэнергетической Ассоциации Украины № 2, № 3. Доступно на: http://www.uabio.org/ru/activity/uabio-analytics.
 - 9. По данным ООО «НТЦ «Биомасса», 2013.
- 3. The state of renewable energies in Europe. 11-th EurObserv'ER Report. 2011. Available at: http://www.eurobserver.org/pdf/barobilan11.pdf.
- 4. Renewable Energy Road Map. Renewable energies in the 21st century: building a more sustainable future. COM(2006) 848 final, Brussels, 10.01.2007. Available at: http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0848:FIN:EN:PDF
- 5. Overview of biomethane markets and regulations in partner countries. March 2012. Fraunhofer Umsicht Available at: http://www.greengasgrids.eu/sites/default/files/files/120529_D2_2_Overview_of_biomethane_markets_rev1.pdf.
- 6. Geletukha G.G., Kucheruk P.P., Matveev Yu.B., Khodakivska T.V. Prospects of biogas production in Ukraine / Vidnovluyvana Energetyka, № 3, 2011, p. 73-77. (Ukr.).
- 7. Biogas production and use in Ukraine / Board of biogas green tarif / Biogasrat eV May 2012. (Ukr.).
- 8. *Position Paper* / Bioenergy Association of Ukraine № 2, № 3. Available at: http://www.uabio.org/ru/activity/uabio-analytics (Rus.).
 - 9. DATA of "SEC" Biomass", 2013.

Получено 16.08.2013 Received 16.08.2013