

УДК 628.5

## **ОЧИСТКА БИОГАЗА ДО ТОВАРНОГО ПРОДУКТА**

**Канд. техн. наук ЛОСЮК Ю. А., магистр техн. наук ОRENДАРЕНКО Г. В.**

*Белорусский национальный технический университет*

В условиях постоянного роста цен на импортируемые энергоресурсы Беларуси приходится пересматривать топливно-энергетический баланс и искать местные источники замещения ввозимых энергоресурсов. Согласно постановлению Совета Министров от 9 июня 2010 г. № 885 в Республике Беларусь к 2012 г. будет введено в эксплуатацию 39 биогазовых установок (БГУ) суммарной мощностью 40,4 МВт. Общий объем финансирования мероприятий программы составит около 200 млн дол., включая иностранные инвестиции, кредиты банков, собственные средства организаций, инновационных фондов республиканских органов государственного управления и местных бюджетов, целевых бюджетных местных фондов охраны природы.

Строительство биогазовых установок на базе сельскохозяйственных и промышленных производств, а также на базе очистных сооружений городов позволит ежегодно вырабатывать около 340 млн кВт·ч электрической энергии и замещать импортируемый природный газ в объеме более

145 тыс. т у. т. При этом снизится экологическая нагрузка на окружающую среду, уменьшится засоренность посевных площадей непереработанной органикой, а сельхозпредприятия получат высококачественные органические удобрения [1, 2].

Большинство животноводческих хозяйств сооружают биогазовые установки для получения электроэнергии и теплоты. Из 1 м<sup>3</sup> биогаза можно получить порядка 2,4 кВт·ч электроэнергии при сжигании в когенерационной установке. Сама биогазовая система весьма экономна: потребляет всего от производимой энергии 10–15 % зимой и 3–7 % летом.

В некоторых случаях выгоднее не сжигать весь полученный биогаз, ограничиваясь только своими нуждами потребления, а производить очистку до биометана, полного аналога природного газа с концентрацией метана в пределах 95–99 %. В дальнейшем его можно использовать как топливо в сжатом или сжиженном состоянии или сбрасывать в городскую сеть. Подобные проектные решения целесообразны для объектов с уже имеющейся инфраструктурой или объектов, для которых прокладка газопровода будет экономически выгодной. К таким объектам относятся городские очистные сооружения, свалки ТБО, предприятия пищевой промышленности в черте города.

В результате работы, выполненной компанией InterForest Energy Ltd, были получены расчеты, наглядно обосновывающие перспективу внедрения биогазовых энергокомплексов [3] (рис. 1). Качество биогаза определяется соотношением между метаном и балластной двуокисью углерода. Двуокись углерода разбавляет биогаз и вызывает потери при его хранении. Поэтому важно стремиться к высокому содержанию метана и как можно более низкому содержанию двуокиси углерода в получаемом биогазе.



Рис. 1. Рост стоимости биометана в сопоставлении с природным газом:  
1 – природный газ; 2 – биометан; 3 – биогаз

Содержание метана в биогазе в первую очередь определяется следующими критериями:

- технологией процесса (соблюдением условий метаногенеза, отсутствием вредных и ядовитых соединений в субстрате);
- количеством внесенных веществ и их составом;
- температурой процесса сбраживания (при более высокой температуре выход метана меньше, это происходит из-за различия в растворимости и образования газообразной двуокиси углерода: чем большее количество CO<sub>2</sub>

перейдет в газообразную форму, тем меньшей будет процентная доля  $\text{CH}_4$  в биогазе) [4].

Обогащение биогаза до биометана подразумевает удаление сероводорода ( $\text{H}_2\text{S}$ ), диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) и воды.

Сероводород (содержание в биогазе достигает 3 %) является агрессивным газом, провоцирующим кислотную коррозию; содержание же в биогазе  $\text{CO}_2$  достигает 50 %. Содержание воды в биогазе зависит от влажности субстрата и режима сбраживания, этот компонент также снижает теплоту сгорания биогаза.

К настоящему времени широкое применение в области очистки биогаза нашли: физическая абсорбция водой и растворами моноэтаноламина (МЭА); хемосорбция на водных растворах  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ; адсорбция на оксидах алюминия и цеолитах [5]. Каждый из методов имеет свои положительные и отрицательные свойства.

Метод очистки биогаза до биометана путем растворения сопутствующих газов в воде – один из наиболее распространенных на сегодняшний день. Биогаз при этом барботируют в колонне навстречу потоку холодной воды. Во второй колонне эта вода нагревается, и растворенные газы удаляются и собираются для дальнейшей утилизации. Вода вновь охлаждается и подается в первую колонну. Этот метод применим только для больших объемов биогаза, так как в ходе очистки в воде накапливаются растворенные серные и угольные кислоты, которые могут вызвать коррозию оборудования и трубопроводов. К тому же вода является хорошим поглотителем метана, что приводит к потерям горючей части биогаза. Если разорвать цикл и осуществить процесс по открытой схеме, то возникает проблема большого расхода холодной воды, что приводит к значительным эксплуатационным затратам. Кроме того, в воде растворяется не только диоксид углерода, но также сероводород и аммиак. Такая вода по экологическим нормам уже не может быть просто утилизирована, а должна пройти обеззараживание.

Основным препятствием для обоих методов является необходимость подавать биогаз для барботирования под большим давлением. Для создания большего давления биогаза, чем давление воды на дне колонны, нужен компрессор, отвечающий требованиям взрывозащищенности и не допускающий утечек биогаза.

Альтернативой водной абсорбции является хемосорбция на водных растворах этаноламинов (ТЭА, МЭА, МДЭА). В настоящее время наблюдается тенденция к использованию более эффективных сорбентов на основе метилдиэтаноламина (МДЭА).

МДЭА имеет существенные преимущества по многим показателям в сравнении с другими абсорбционными способами очистки:

- меньшее давление насыщенных паров (24 Па при 60 °С) и существенно более высокая температура кипения (247–170 °С при давлении 0,1013 МПа) приводят к значительно меньшим потерям сорбента при его регенерации;
- меньшая теплота химической реакции с  $\text{CO}_2$  дает заметную экономию теплоты на регенерацию раствора за счет меньшей теплоты десорбции;

- меньшие расходы циркулирующего раствора абсорбента из-за увеличения степени насыщения МДЭА позволяют снизить затраты электроэнергии на циркуляционные насосы системы;

- меньшая коррозионная активность дает возможность использовать более концентрированные растворы без применения антикоррозионных добавок [4].

CO<sub>2</sub> относится к кислотным оксидам, многие его химические свойства схожи со свойствами H<sub>2</sub>S. Диоксид углерода, так же как и сероводород, реагирует:

со щелочами с образованием карбонатов и гидрокарбонатов



с солями кислот



В ходе реакций образуются растворимые соли. Растворы гидрокарбонатов нужно кипятить, что вызывает дополнительные трудности в техпроцессе. Если же применять безводные карбонаты, то возникает обычная проблема всех твердых фильтров – обеспечение однородности структуры при максимальной поверхности реагента.

Одним из перспективных методов очистки биогаза являются искусственно синтезированные цеолиты (пермутиты), которые в настоящее время стали доступными по цене и качеству. Они приходят на смену активированному углю и оксиду алюминия как адсорбентов. Цеолиты проявляют отсутствие каталитической активности, обладают химической инертностью к диоксиду углерода, достаточной механической прочностью, линейностью изотермы адсорбции.

Следует отметить, что диоксид углерода как балластный компонент биогаза не является бесполезным продуктом. В пищевой промышленности диоксид углерода используется как консервант (производство пива, газированных напитков), а также в качестве разрыхлителя. Твердая углекислота также используется как хладагент и рабочее тело в теплоэнергетических установках (холодильниках, морозильниках, солнечных электрогенераторах и т. д.).

В условиях овощной теплицы одним из факторов, ограничивающих высокопродуктивный фотосинтез, является уровень обеспечения растений диоксидом углерода. Интенсивность и продуктивность фотосинтеза возрастают на 50 % при повышении концентрации диоксида углерода в воздухе теплицы с 300 до 900 ppm.

Как видно из изложенного выше, при производстве биометана из биогаза можно получить не только теплоту, электричество и органическое удобрение, но и продукт, который может применяться во многих отраслях пищевой промышленности. При этом выбор того или иного проектного решения должен обуславливаться комплексной выгодой, которая образуется из многих источников. Для городских очистных сооружений это не только замещение потребляемых энергоресурсов, но и экологический эффект от анаэробной переработки отходов.

Для предприятий пищевой промышленности биогазовая установка с обогащением биогаза до биометана может дать промышленный продукт, который можно использовать в производственном процессе.

## ВЫВОДЫ

Выполненный анализ позволяет сделать следующие выводы:

- при обогащении биогаза до биометана получают не только теплоту, электроэнергию и органическое удобрение, но также продукт, который применяется в пищевой промышленности, тепличном хозяйстве и других технологических процессах;
- выбор проектного решения использования биогаза должен учитывать не только традиционные положительные факторы. К примеру, переработка осадков городских очистных сооружений, органики полигонов ТБО, отходов содержания скота с целью получения биогаза – это не только дополнительный энергоноситель, но и экологический эффект, оздоравливающий окружающую среду.

## ЛИТЕРАТУРА

1. В Б е л а р у с и до 2012 года будет введено в эксплуатацию около 40 биогазовых установок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://news.tut.by/economics/173136.html>
2. Д е н ь г и из навоза [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.solidwaste.ru/publ/view/444.html>
3. Б и о г а з и современные тенденции технологического развития проектов. Предложения и перспективы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.energetische-biomassennutzung.de/fileadmin/user\\_upload/Steckbriefe/dokumente/Osteuropa/BE\\_Drozdowa\\_Tatjana.pdf](http://www.energetische-biomassennutzung.de/fileadmin/user_upload/Steckbriefe/dokumente/Osteuropa/BE_Drozdowa_Tatjana.pdf)
4. Б и о г а з о в ы е установки. Практическое пособие. Состав и качество биогаза [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://futureenergy.ru/biogazovye-ustanovki-prakticheskoe-posobie-sostav-i-kachestvo-biogaza/>
5. П я т н и ч к о, А. И. Оптимизация состава растворов вода – амины как абсорбентов установки извлечения биометана из биогаза / А. И. Пятничко // Технические газы. – 2010. – № 3. – С. 26–29.

Представлена кафедрой ПТЭиТ

Поступила 25.04.2012