

А. А. Андрижиевский, д-р техн. наук; Н. Ф. Капустин, канд. техн. наук;
Л. В. Новаш, науч. сотрудник

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ БИОГАЗОВЫХ КОМПЛЕКСОВ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

The technology of reception of biogas from waste of agricultural manufacture is considered. The capital equipment of biogas complexes is described and the basic parameters of job of biogas installations are given. It is shown, that use of biogas complexes for recycling cattle-breeding drains allows to receive not only electrical and thermal energy, but also high-quality fertilizers.

Введение. Рост стоимости традиционных энергоресурсов и необходимость решения экологических проблем, связанных с накоплением животноводческих стоков на территории Республики Беларусь, вызывают необходимость внедрения биогазовых технологий.

В настоящее время используется или разрабатывается около шестидесяти разновидностей технологий получения биогаза. Наиболее распространенный метод – анаэробное сбраживание в метантанках. Часть энергии, получаемой в результате утилизации биогаза, направляется на поддержание процесса (до 15–20% зимой). Бактерии перерабатывают биомассу в метан при температуре от 25 до 70°C.

Одной из разновидностей биогаза является свалочный газ, получаемый на свалках из муниципальных бытовых отходов.

Среди промышленно развитых стран ведущее место в производстве и использовании биогаза по относительным показателям принадлежит Дании – биогазу отводится до 18% в ее общем энергобалансе. По абсолютным показателям Германия занимает ведущее место по количеству средних и крупных установок для производства биогаза – 8000 тыс. ед. В Западной Европе не менее половины всех птицеферм отапливаются биогазом.

Фирма «Volvo» и «Scania» производят автобусы с двигателями, работающими на биогазе, которые активно используются в городах Швейцарии: Берн, Базель, Женева, Люцерн и Лозанна. По прогнозам Швейцарской Ассоциации Газовой Индустрии к 2010 г. 10% автотранспорта страны будет работать на биогазе [1].

Активное развитие биогазовых технологий и строительство установок для производства биогаза ведется и в странах СНГ (Казахстан, Украина, Россия).

В масштабах Республики Беларусь из навозных стоков животноводческих ферм, комплексов и куриного помета птицефабрик ежегодно можно получать по биогазовой технологии около 2,5 млрд. м³ биогаза и вырабатывать на его основе с использованием высокоэффективных когенерационных установок около 5 млн. МВт·ч электрической и 8,5 млн. Гкал тепловой энергии, что позволило бы ежегодно экономить около 2,9 млн. т у. т. [2].

Агрохимический потенциал таких стоков составляет 256 тыс. т/год по азоту, 43 тыс. т/год по фосфору и 287 тыс. т/год по калию, что составляет 63, 33 и 73% соответственно от годовой потребности в минеральных веществах.

Технология получения биогаза. Основные этапы получения биогаза представлены на рис. 1.

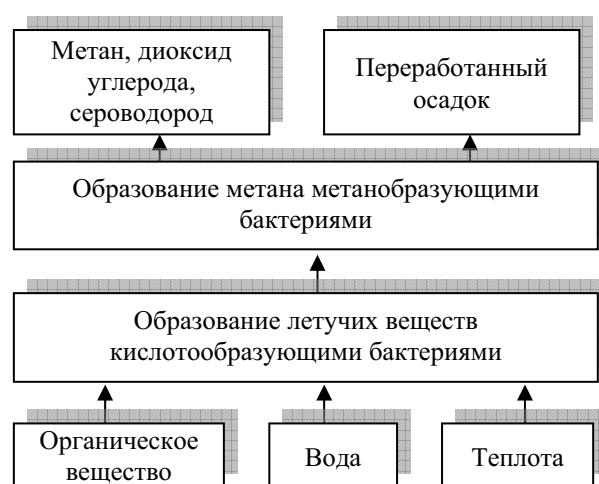


Рис. 1. Основные этапы получения биогаза

Биогаз, образующийся при метановом сбраживании, представляет собой смесь, состоящую из 50–80% метана, 20–50% углекислого газа, примерно 1% сероводорода, а также незначительного количества некоторых других газов (азота, кислорода, водорода, аммиака, закиси углерода и др.)

Биогазовая установка включает следующее основное оборудование:

- метантанк;
- систему загрузки и выгрузки;
- систему подогрева субстрата;
- систему перемешивания субстрата;
- газгольдер;
- систему очистки биогаза;
- устройства контроля и автоматики.

Метантанки условно делятся на следующие типы:

- малые (до 20 м³);
- фермерские (20–200 м³);
- средние (200–500 м³);
- большие (свыше 500 м³).

Основные формы метантанков представлены на рис. 2.

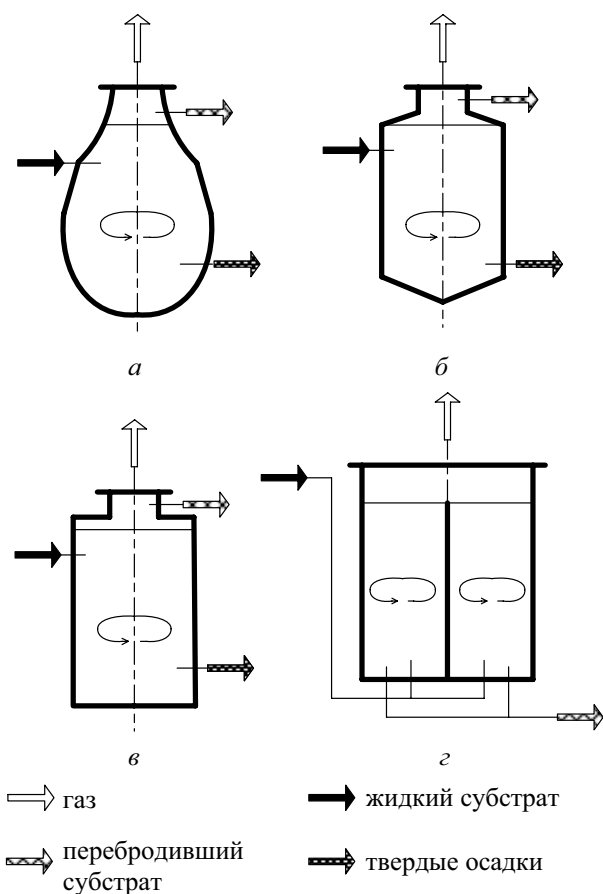


Рис. 2. Основные формы метантанков:
a – каплевидная; *б* – цилиндрическая с конусными верхней и нижней частями; *в* – цилиндрическая с плоскими верхней и нижней частями; *г* – цилиндрическая двухкамерная

Каплевидная форма метантанка (рис. 2, *a*) создает наиболее благоприятные условия для перемешивания жидкого субстрата, накопления газа, отвода осадков и разрушения образующейся корки.

Для цилиндрических метантанков с конусными верхней и нижней частями (рис. 2, *б*) характерны: небольшое пространство для накопления газа, ограниченный объем плавающей корки и хороший отвод шлама. Вместе с тем в них менее благоприятные условия для перемешивания жидкого субстрата.

Цилиндрические метантанки классической формы (рис. 2, *в*) относительно просты в изготовлении. Однако в таком резервуаре сложнее организовать достаточно хорошие условия для перемешивания субстрата, более высоки затраты на удаление осадка и разрушение плавающей корки.

Цилиндрический метантанк с двумя камерами (рис. 2, *г*) позволяет организовать получение биогаза с поочередным использованием камер резервуара. В перегородку, выполняемую из достаточно теплопроводного материала, можно встроить нагревательное устройство.

Основными параметрами работы биогазовых установок являются:

- температура;
- водородный показатель (рН);
- условия протекания процесса;
- влажность;
- время оборота метантанка;
- соотношение углерода и азота;
- частота перемешивания субстрата.

Температура работы биогазовой установки должна составлять:

- для мезофильного режима $(37\pm 5)^\circ\text{C}$;
- термофильного режима $(56\pm 5)^\circ\text{C}$.

Изменение температуры не должно превышать:

- для мезофильного режима $\pm 1^\circ\text{C}/\text{ч}$;
- термофильного режима $\pm 0,5^\circ\text{C}/\text{ч}$.

Водородный показатель (рН) должен равняться $7,5\pm 0,5$.

Условия протекания процесса выбираются на этапе проектирования:

- непрерывный режим;
- дискретный периодический;
- ступенчатый;
- двухфазный.

Влажность загружаемого субстрата должна составлять не менее 85% в зимнее и 92% в летнее время года.

Время оборота метантанка в зависимости от температуры сбраживания и состава сырья:

- для мезофильного режима – 10–20 сут;
- термофильного режима – 5–10 сут.

Наибольший выход биогаза происходит при соотношении углерода и азота $\text{C} : \text{N} = 10 : 20$.

Перемешивания субстрата необходимо производить через 4–6 ч.

На рис. 3 приведена принципиальная схема установки для получения биогаза.

С января 2008 г. в Республике Беларусь в режиме пробной эксплуатации начали работу две биогазовые установки (БГУ): в РУСП «Селекционно-гибридный центр “Западный”» Брестского района мощностью 520 кВт и в РУП «Племптицезавод “Белорусский”» Минского района мощностью 340 кВт (рис. 4, табл. 1, 2).

Первые три месяца 2008 г. на установках проводились пусконаладочные работы в режиме заполнения ферментеров субстратом и его нагрева. С апреля 2008 г. после заполнения ферментеров субстратом установки начали выводить на рабочий мезофильный режим путем постепенного доведения температуры сбраживаемого субстрата до $38\text{--}49^\circ\text{C}$. При этом температура подогреваемого субстрата теплоносителя характеризовалась значениями: на входе $42\text{--}44^\circ\text{C}$, на выходе $38\text{--}40^\circ\text{C}$. Ежедневная подача субстрата в БГУ РУП «Племптицезавод “Белорусский”» составляла около 12 м^3 навоза КРС влажностью 93% и 36 м^3 куриного помета влажностью 77%. Суточная выработка биогаза колебалась от 3,5 до 4,0 тыс. м^3 , а электроэнергия от 7 до 8 тыс. кВт·ч.

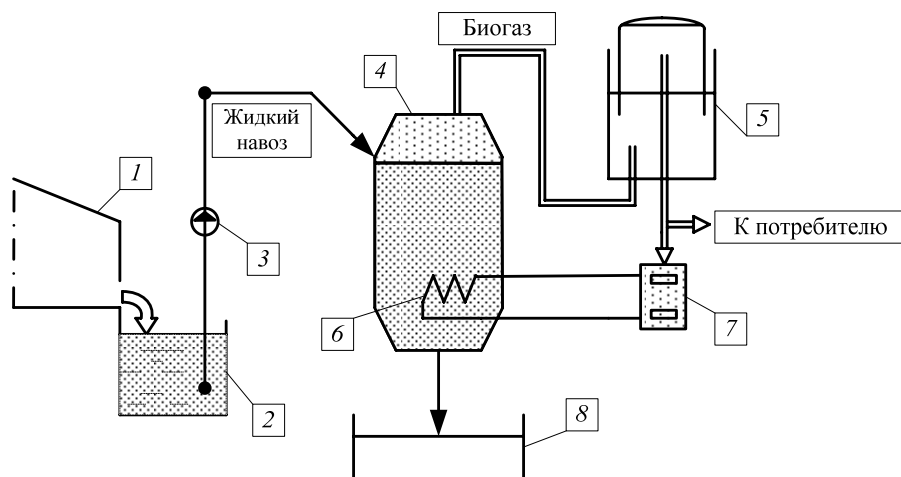


Рис. 3. Принципиальная схема установки по производству биогаза:
 1 – ферма; 2 – навозоприемник; 3 – насос; 4 – метантанк; 5 – газгольдер;
 6 – теплообменник; 7 – котел; 8 – хранилище удобрения



Рис. 4. Биогазовый энергетический комплекс
 РУП «Племптицезавод «Белорусский»» в г. п. Заславль

Таблица 1

**Параметры работы биогазового энергетического комплекса
 РУП «Племптицезавод «Белорусский»» в г. п. Заславль мощностью 340 кВт**

Параметры работы	Значение	
	в сутки	за год
Исходное сырье, т		
– жидкий навоз КРС	6,6	
– куриный помет	38,4	
– прочие органические отходы	0,3	
Доза загрузки субстрата в ферментер, т	45,3	
Планируемая выработка		
– биогаза, м ³	3 360	1 226 400
– электроэнергии, кВт·ч	8 160	2 978 400
– тепловой энергии, Гкал	8,9	3 240
Потребление на собственные нужды		
– электроэнергии, кВт·ч (% годовой выработки)	495	180 660 (6)
– тепловой энергии, Гкал (% годовой выработки)	1,74	634 (19)

Примечание. Объем биореакторов – 1500 м³, установленная электрическая мощность – 340 кВт, капитальные затраты, включающие стоимость оборудования, строительно-монтажных и пуско-наладочных работ – 6856,6 млн. руб.

Годовой экономический эффект от внедрения биогазовых комплексов (БГК)

Показатель	РУП «Племптицезавод “Белорусский”» (Минский район)	РУП «СГЦ “Западный”» (Брестский район)
Мощность БГУ, кВт	340	520
Выработка биогаза, млн. м ³ /год	1,2	1,7
Экономия топлива, тыс. т у. т.	1,44	1,81
Доход от выработки, млн. руб., – от снижения выбросов CO ₂	190	263
– энергии	938	1 170
– удобрений	891	1 729
Издержки, млн. руб.	685	662
Прибыль млн. руб.	1 334	2 500
Стоимость БГК, млн. руб.	6 856	6 625
Срок окупаемости, лет	5,1	2,7

Заключение. Вклад биомассы в мировой энергетический баланс составляет около 12%. Энергия, запасенная биомассой, может быть преобразована в технически удобные виды топлива. Одним из видов биомассы являются навозные стоки, получаемые при содержании различных видов животных. Наиболее распространенными в настоящее время способами переработки жидкого навоза являются анаэробная и аэробная обработки.

Для условий стран с умеренным климатом перспективным, экологически безопасным и энергетически выгодным направлением утилизации органических отходов является анаэробная переработка, позволяющая производить электро- и тепловую энергию, а также очистку отходов без привлечения внешних источников энергии.

Использование в качестве топлива газа, полученного по биогазовым технологиям, позволяет не только экономить невозобновляемые виды органического топлива, но и получать экологически чистые удобрения и значительно улучшить экологическую обстановку.

В условиях Республики Беларусь ежегодный потенциал получаемого биогаза может достигнуть 2,5 млрд. м³, что позволило бы выработать около 5 млн. кВт·ч электрической и 8,5 млн. Гкал тепловой энергии. При этом замещение азотных, фосфорных и калийных удобрений могло бы составить соответственно 63, 33 и 73% годового потребления.

Литература

1. Конструкция биогазовой установки [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: <http://biotehnologii.narod.ru>. – Дата доступа: 14.01.2009.
2. Самосюк, В. Г. Биогазовые технологии на службу сельскохозяйственному производству / В. Г. Самосюк, Н. Ф. Капустин // Белорусское сельское хозяйство. – 2008. – № 5. – С. 87–89.
3. Баадер, В. Биогаз: теория и практика / В. Баадер, В. Е. Доне, М. Бренидерфер. – М.: Колос, 1982. – 148 с.