

УДК 628.336.6

DOI 10.22213/2410-9304-2018-4-163-168

МЕТОДИКА УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД*

М. В. Свалова, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия
Б. Я. Марченко магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

Статья затрагивает вопросы загрязнения окружающей среды отходами от сельскохозяйственных и животноводческих комплексов, а также использования в качестве альтернативной энергии биогаза. В статье рассматривается проблема использования биогазовой технологии для производства биогаза из органических отходов на территории Удмуртской Республики. Потенциал республики для развития перспективного направления переработки органических отходов с помощью анаэробного сбраживания, что делает возможным использование отходов в качестве удобрений для выращивания сельскохозяйственных культур, повышает содержание питательных веществ в удобрении и способствует выработке биогаза. В статье приводится мировой опыт и статистические данные использования биогазовых технологий в зарубежных странах, методология переработки органических отходов в биогазовой установке, последовательность действий для поддержания процесса переработки. Представлены требования к конструкции биореакторов и их основные виды. Показана методика расчета основных параметров биогазовой установки, где в качестве исходных данных используется численное значение количества животных, выделяющих органические отходы (навоз), которые необходимо переработать. Статья заключает в себе выводы о необходимости внедрения и развития описываемой технологии переработки органических отходов и может быть полезна для специалистов агропромышленного комплекса и инженеров-проектировщиков биогазовых установок.

Ключевые слова: биогаз, осадок сточных вод, метан, анаэробная переработка, органические отходы.

Введение

В течение последних лет мировая экономика в сферах энергетики, сырья и охраны окружающей среды стала активно развиваться. В связи с этим во многих странах началась активная исследовательская деятельность в области альтернативной энергетики. Также мировое сообщество сильно обеспокоено загрязнением окружающей среды, в том числе и загрязнением от сельскохозяйственных и животноводческих комплексов. Одним из методов решения представленной проблемы являются биогазовые технологии.

Благодаря значительному поголовью крупного рогатого скота, свиней и птицы Удмуртская Республика обладает огромным потенциалом для использования источников энергии на основе использования биологических отходов. Свежий навоз животноводческих ферм и жидкие составляющие навоза вместе со сточными водами являются загрязнителями окружающей среды. Повышенная восприимчивость сельскохозяйственных культур к свежему навозу приводит к загрязнению грунтовых вод и воздушного бассейна, создает благоприятную среду для зараженности почвы вредными микроорганизмами. В навозе животных жизнедеятельность болезнетворных бактерий и яиц гельминтов не прекращается, содержащиеся в нем семена сорных трав сохраняют свои свойства.

Для устранения этих негативных явлений необходима специальная технология обработки навоза, позволяющая повысить концентрацию питательных веществ и одновременно устранить неприятные запахи, подавить патогенные микроорганизмы, снизить содержание канцерогенных веществ. Перспективным, экологически безопасным и экономически выгодным направлением решения этой проблемы является анаэробная переработка навоза и отходов в биогазовых установках с получением биогаза. Методология способа утилизации органических отходов заключается в переработке биологических отходов в реакторе биогазовой установки без доступа воздуха. Полученный биогаз, может идти на отопление животноводческих помещений, жилых домов, теплиц, на получение энергии для сушки сельскохозяйственных продуктов горячим воздухом, подогрев воды, выработку электроэнергии с помощью газовых генераторов [1].

Мировой опыт использования биогазовых технологий насчитывает несколько столетий, а систематические научные исследования биогаза начались только в 18-м веке нашей эры.

Сегодня в Европе сосредоточено 44 % мирового количества установок анаэробного сбраживания, в Северной Америке – 14 %. Использование электроэнергии и тепла, производимого с помощью анаэробной переработки биомассы,

© Свалова М. В., Марченко Б. Я., 2018

* Исследования проводились в рамках научно-практической конференции «Перспективы развития систем водоснабжения и водоотведения».

в Европе сосредоточенно в основном в Австрии, Германии, Дании и Великобритании [2].

По данным «Ассоциации биогаза» (Германия) в настоящий момент в Европе имеется 2200 биогазовых установок, работающих на отходах сельскохозяйственных ферм (рис. 1) [3].

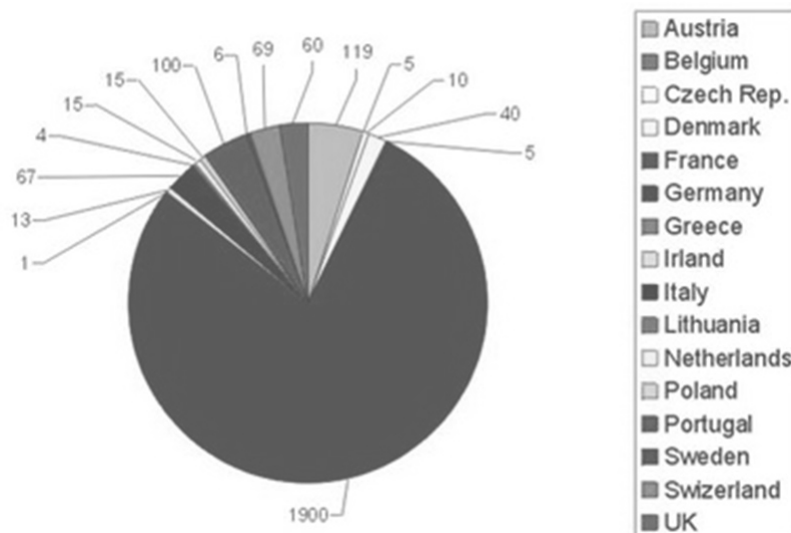


Рис. 1. Количество биогазовых установок в Европе: Австрия 119, Бельгия 100, Чехия 10, Дания 40, Франция 5, Германия 1900, Греция 67, Ирландия 13, Италия 67, Литва 4, Нидерланды 15, Польша 15, Португалия 100, Швеция 6, Швейцария 69, Украина 60

Основная часть

Биогаз – это горючая газовая смесь, состоящая из 50–70 % метана (CH_4), которая образуется из органических субстанций в результате анаэробного и микробиологического процессов. Также в состав биогаза входят 30–40 % углекислого газа (CO_2) и небольшие количества сероводорода (H_2S), аммиака (N_2), водорода (H_2) и оксида углерода (CO) [5].

Биологическое образование метана – это естественный процесс, который протекает везде, где разлагается органический материал. Например, в желудочном тракте жвачных животных, компостных ямах или при переработке осадка сточных вод.

В основе биогазовых технологий лежат сложные природные процессы биологического разложения органических веществ в анаэробных (без доступа воздуха) условиях под воздействием особой группы анаэробных бактерий. Эти процессы сопровождаются минерализацией азотсодержащих, фосфорсодержащих и калий содержащих органических соединений с получением минеральных форм азота, фосфора и калия, наиболее доступных для растений, с полным уничтожением патогенной (болезнетворной) микрофлоры, яиц гельминтов, семян

Как видно из рис. 1, лидирующее место по применению биогазовых установок занимает Германия. В Германии работает около 400 сельскохозяйственных биогазовых установок с объемом метантенка 600–800 м³ [4].

сорняков, специфических фекальных запахов, нитратов и нитритов [6].

Процесс разложения отходов с последующим выделением биогаза происходит в биореакторах – метантенках. Сам процесс – это метановое брожение, в результате которого образуется газобразный конечный продукт, горючая смесь метан (60 %) + углекислый газ (40 %). Перебродившая же масса отходов образует так называемый бишлам, органическое удобрение, по своей ценности превосходящее обычный навоз [7].

Основой любой биогазовой установки является метантенк (реактор).

К конструкции биореактора предъявляются достаточно жесткие требования: [8]:

- абсолютной герметичности стенок, препятствующей газообмену;
- непроницаемости для жидкостей;
- сохранения прочности в статическом состоянии при воздействии собственной силы тяжести и массы загружаемого субстрата;
- совершенной теплоизоляции;
- коррозионной стойкости;
- надежности загрузки и опорожнения;
- доступности внутреннего пространства для обслуживания.

В настоящее время известны биореакторы различных форм (рис. 2) [9].

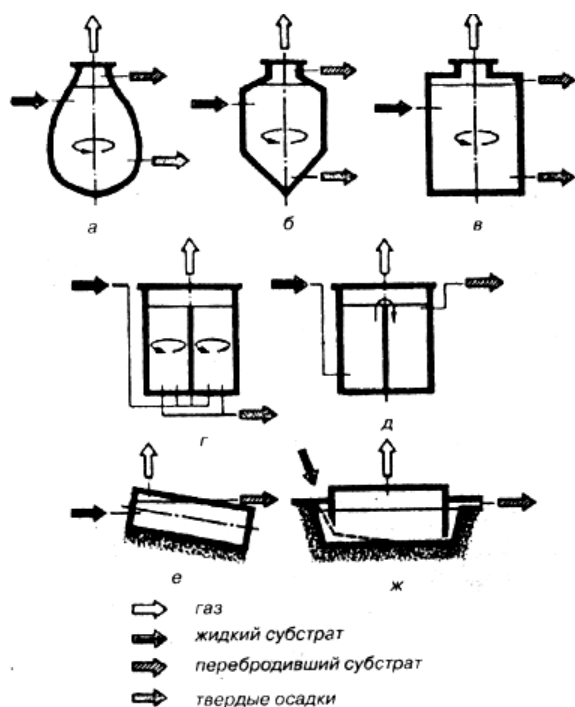


Рис. 2. Формы реакторов для анаэробного сбраживания жидкого навоза: а – в виде яйца; б – цилиндрический с конусными верхней и нижней частями; в – цилиндрический; г – цилиндрический с перегородкой; д – в виде параллелепипеда (с перегородкой); е – цилиндрический (наклонно расположенный); ж – траншея в грунте (с крышкой)

Биогазовая установка, содержит реактор, разделенный вертикальной перегородкой на две сообщающиеся камеры, трубопровод приема исходной биомассы с загрузочным люком, трубопровод отвода осадков сточных вод с люком выгрузки, устройство перемещения сбраживаемой биомассы с приводом и систему отбора биогаза. Из загрузочной емкости по трубопроводу для отвода осадка исходная биомасса поступает в реактор.

Методика утилизации осадка сточных вод предусматривает для интенсификации процесса сбраживания перемешивать осадок сточных вод.

При мезофильном режиме сбраживания и температуре от 30 до 35, загрузке биомассы субстрата 120 кг и перемешивании 5 раз в сутки процесс сбраживания длится около 15 суток.

При термофильном режиме сбраживания и температуре от 50 до 55, загрузке биомассы субстрата 120 кг и перемешивании 8 раз в сутки процесс сбраживания длится около 10 суток.

Выработка биогаза в биогазовой установке происходит в несколько этапов. Методика утили-

зации осадка сточных вод предусматривает на каждом этапе определенный порядок действий для поддержания оптимального процесса сбраживания.

Этап № 1. Сбраживание избыточного активного ила в мезофильном (33–35 °С) режиме.

Продолжительность 20 суток.

Порядок действий: загрузка субстрата в реактор, выдерживание в течение заданного периода, регистрация технологических параметров (температура, давление, показания счетчика газа).

Этап № 2. Сбраживание смеси избыточного активного ила и сырого осадка в мезофильном режиме.

Продолжительность 20 суток.

Порядок действий: слив субстрата от предыдущего этапа на 9/10 объема (оставшаяся часть субстрата выполняет роль закваски). Загрузка субстрата в реактор, выдерживание в течение заданного периода, регистрация параметров (температура, давление, показания счетчика газа).

Этап № 3. Сбраживание сырого осадка в мезофильном режиме.

Продолжительность 20 суток.

Порядок действий: слив субстрата от предыдущего этапа на 9/10 объема (оставшаяся часть субстрата выполняет роль закваски). Загрузка субстрата в реактор, выдерживание в течение заданного периода, регистрация технологических параметров (температура, давление, показания счетчика газа).

Этап № 4. Сбраживание избыточного активного ила в термофильных (53–55 °С) условиях.

Продолжительность 10 суток.

Порядок действий: слив субстрата от предыдущего этапа на 9/10 объема (оставшаяся часть субстрата выполняет роль закваски). Загрузка субстрата в реактор, выдерживание в течение заданного периода, регистрация необходимых параметров.

Этап № 5. Сбраживание смеси избыточного активного ила и сырого осадка в термофильных условиях.

Продолжительность 10 суток.

Порядок действий: слив субстрата от предыдущего этапа на 9/10 объема (оставшаяся часть субстрата выполняет роль закваски). Загрузка субстрата в реактор, выдерживание в течение заданного периода, регистрация необходимых параметров.

Этап № 6. Сбраживание сырого осадка в термофильных условиях.

Продолжительность 10 суток.

Порядок действий: слив субстрата от предыдущего этапа на 9/10 объема (оставшаяся часть субстрата выполняет роль закваски). Загрузка субстрата в реактор, выдерживание в течение

заданного периода, регистрация необходимых параметров. На рис. 3 представлена обобщенная схема биогазовой установки.

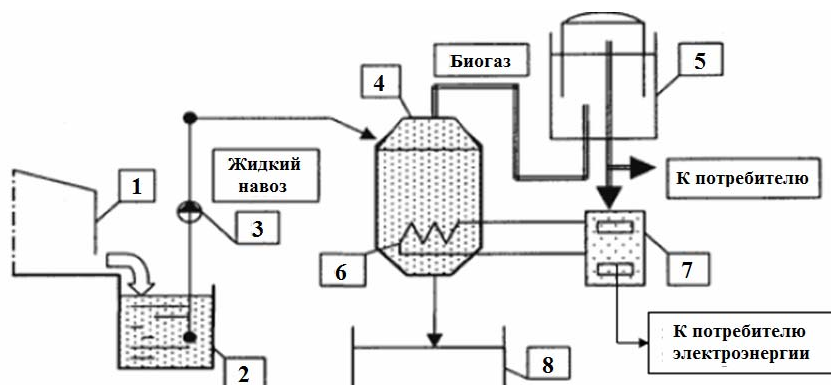


Рис. 3. Обобщенная схема биогазовой установки: 1 – ферма; 2 – навозоприемник; 3 – насос; 4 – метантенк; 5 – газгольдер; 6 – теплообменник; 7 – газопоршневой генератор; 8 – хранилище удобрения

Согласно методике расчета основных параметров биогазовой установки, на очистных сооружениях канализации проводились исследования по выявлению оптимальных параметров сбраживания осадка сточных вод.

Порядок проведения исследований с 14.12.15 г. по 25.12.15 г. [10]:

1) В 8.00 необходимо отобрать пробы осадка для проведения анализов в лаборатории технологического контроля.

2) В биогазовую установку необходимо залить осадок сточных вод из смесительного резервуара и уплотненный активный ил. Для ускорения процесса сбраживания и обеззараживания осадка необходимо добавить активатор процесса. Необходимо отобрать пробы осадка для проведения анализов в лаборатории технологического контроля.

3) Устанавливаем температурный режим на 30 °С и поддерживаем его в течение 3 дней и наблюдаем за выработкой метана по газоанализатору. Оптимальная выработка метана (79 % НКПР) должна поддерживаться в течение 2-3 дней. На 2-й день испытаний необходимо слить биомассу и залить в биореактор уплотненный активный ил и сырой осадок.

4) Ежедневно необходимо заливать в биореактор уплотненный активный ил и сырой осадок в течение 12 дней.

5) Определить по показаниям термометра температуру в трех секциях биогазовой установки.

6) Фиксируем показания температуры во внутренней секции реактора через каждый час, проводим замеры и сфотографируем (в 8.00,

9.00, 10.00, 11.00, 12.00, 13.00, 14.00, 15.00, 16.00, 17.00, 18.00, 19.00).

7) Фиксируем показания температуры в наружной секции реактора, производим замеры и сфотографируем (в 8.00, 9.00, 10.00, 11.00, 12.00, 13.00, 14.00, 15.00, 16.00, 17.00, 18.00, 19.00).

8) Фиксируем показания газа метана по газоанализатору в газгольдере, производим замер, сфотографируем и построим графическую зависимость выработки метана от времени и продолжительности исследования (рис. 4) (в 8.00, 11.00, 14.00, 17.00, 19.00).

9) При этом следует учесть, что температура при мезофильном режиме не должна превышать 48 °С, а при термофильном – 78 °С. В случае превышения максимальной температуры заданного режима необходимо ее понизить. В случае превышения максимальной температуры от заданного режима необходимо ее понизить с помощью регулятора температуры, если будут включены тени.

10) Необходимо определять по показаниям манометров давление в трех секциях биогазовой установки.

11) Необходимо запускать перемешивающее устройство и поддерживать его в установленном режиме перемешивания 1 раза в час.

12) После отключения установки необходимо отобрать пробы осадка для проведения анализов в лаборатории технологического контроля.

На рис. 4 представлен график, характеризующий процесс выработки биогаза в зависимости от применения активатора в результате экспериментальных исследований.

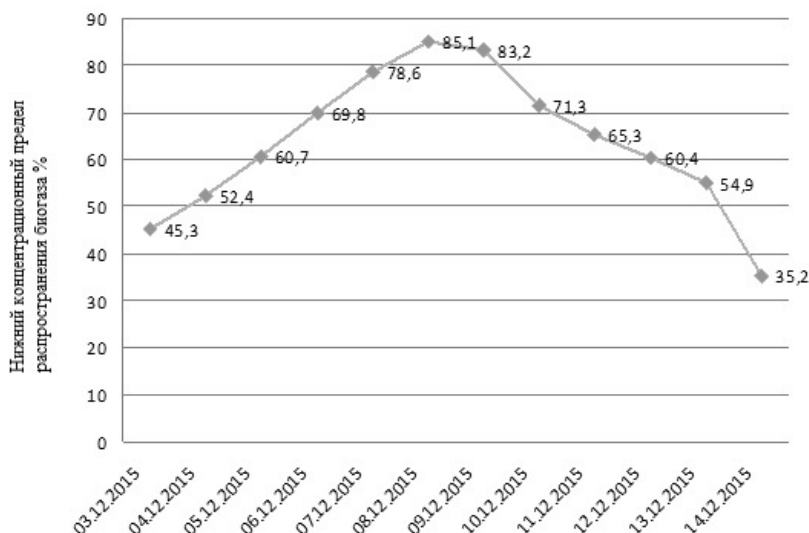


Рис. 4. График зависимости нижнего концентрационного предела распространения биогаза, % от времени при применении активатора процесса

Анализ результатов

Использование биогаза позволит существенно сократить расходы на очистку и утилизацию отходов. Мировая практика в использовании биогазовых технологий содержит качественный опыт, который возможно использовать для развития биогазовой отрасли в России. Развивать биогазовые технологии на территории Удмуртской Республики необходимо с учетом климатических особенностей региона.

Выводы

1. Анаэробная обработка навоза и сточных вод позволит использовать отходы животноводческого комплекса и очистных сооружений жилищно-коммунального хозяйства в качестве удобрения для выращивания сельскохозяйственных культур без риска загрязнения почвы канцерогенными веществами.

2. Методика расчета основных параметров биогазовой установки находит свое практическое применение при создании экспериментальных стендов в лаборатории «Биотехнологий», используемых для изучения биогазовых технологий и адаптации процесса анаэробного сбраживания для климатических условий Удмуртской Республики.

Библиографические ссылки

1. Доля А. М., Загировский Д. И. Утилизация навоза молочных ферм [Электронный ресурс] // Техника и оборудование для села. 2009. URL: <https://elibrary.ru/contents.asp?issueid=606165>.
 2. Передовое решение экологических проблем и обеспечение энергетической независимости. [Электронный ресурс] / Компания ЭВОБИОС. СПб. 2015. URL: <http://evobios.ru>.

3. Там же.
 4. Там же.
 5. Баадер В., Доне Е., Бренндерфер М. Биогаз: теория и практика - Biogas in Theorie und Praxis. М. : Колос, 1982. 148 с.
 6. Там же.
 7. Гюнтер Л. И., Гольдфарб Л. Л. Метантенки. М. : Стройиздат, 1991. 128 с.
 8. Шомин А. А. Биогаз на сельском подворье. Балакля: Информационно-издательская компания «Балакльщина», 2002. 68 с.
 9. Там же.
 10. Свалова М. В., Шкляева В. Г., Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Гидротехнические сооружения» для студентов направления 08.03.01 «Строительство» всех форм обучения. Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2012. 95 с.

References

1. Dolya A.M., Zagirovskij D.I. [Disposal of manure from dairy farms]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, 2009 (in Russ.). Available at: <https://elibrary.ru/contents.asp?issueid=606165/> (accessed 19.07.2018).
 2. *Peredovoe reshenie ehkologicheskikh problem i obespechenie ehnergeticheskoy nezavisimosti* [Advanced solution of environmental problems and ensuring energy independence] (in Russ.). Available at: <http://evobios.ru> (accessed 19.07.2018).
 3. Ibid.
 4. Ibid.
 5. Baader V., Done E., Brennderfer M. *Biogaz: teoriya i praktika* [Biogas in Theorie und Praxis] Moscow, Kolos, 1982, 148 p. (in Russ.).
 6. Ibid.
 7. Gyunter L.I., Gol'dfarb L.L. *Metantenki* [Methane-tanks] Moscow, Strojizdat, 1991, 128 p. (in Russ.).
 8. Shomin A.A *Biogaz na sel'skom podvor'e* [Biogas for rural households]. Balakliia: Information-

publishing company “Ballasina”, Kharkov, 2002, 68 p. (in Russ.).

9. Ibid.

10. Svalova M.V., Shklyayeva V.G. *Metodicheskie ukazaniya k vypolneniyu laboratornykh rabot po kursu «Gidrotekhnicheskie sooruzheniya» dlya studentov*

napravleniya 08.03.01 «Stroitel'stvo» vsekh form obucheniya [Guidelines for the implementation of laboratory work on the course “Hydraulic structures” for students 08.03.01 “Construction” of all forms of education]. Izhevsk, Kalashnikov ISTU Publ., 2012, 95 p. (in Russ.).

Wastewater Sludge Utilization Methods

M. V. Svalova, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

B. Ya. Marchenko, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

The paper touches upon the issues of environmental pollution with waste from agricultural and livestock complexes, as well as the use of biogas as an alternative energy. The paper deals with the problem of using biogas technology for production of biogas from organic waste in the Udmurt Republic. The potential of the Republic for the development of a promising direction of organic waste processing through anaerobic digestion, which makes it possible to use waste as a fertilizer for growing crops, increases the nutrient content of the fertilizer and contributes to the development of biogas. The paper presents the world experience and statistics of the use of biogas technologies in foreign countries, the methodology of organic waste processing in biogas plant, and the sequence of actions to support the processing procedure. The requirements for the design of bioreactors and their main types are presented. The method of calculation of the basic parameters of the biogas plant is presented, where the numerical value of the number of animals that emit organic waste (manure) to be processed is used as the initial data. The paper concludes the need for the introduction and development of the described technology of processing of organic waste and can be useful for specialists of agriculture and design engineers of biogas plants.

Keywords: biogas, sewage sludge, methane, anaerobic processing, organic waste.

Получено: 09.08.18