

**АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК
В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ****Гайфуллин И.Х., Кашапов И.И., Зиганшин Б.Г., Шогенов Ю.Х., Рудаков А.И.**

Реферат. Первые научные разработки в области биогазовых технологий были сделаны в России более 70 лет назад. Начиная с 50-х гг., одним из основных направлений была анаэробная переработка активного ила и осадков городских сточных вод. Этот метод привлек внимание в связи с идеей получения биогаза в основном из навоза сельскохозяйственных животных. Благодаря этому в середине 50-х гг. был построен целый ряд опытных установок для производства биогаза в Запорожском, Белорусском, Грузинском, Молдавском филиалах Всероссийского института электрификации сельского хозяйства. Однако опыт эксплуатации этих установок был незначителен – один – два сезона. За рубежом проблеме получения и использования биогаза уделяется большое внимание. За короткий срок во многих странах мира возникла целая индустрия по производству биогаза. Лидером в развитии биогазовой промышленности является Китай. С середины 70-х годов XX века в этой стране действует Национальная программа по получению биогаза из отходов животноводства. В настоящее время действует 10 миллионов фермерских биореакторов. Кроме того, в Китае работает 4000 биогазовых станций, 24000 очистных сооружений, производящих биогаз, что обеспечивают работу 190 электростанций.

Ключевые слова: фермерское хозяйство, биогазовая установка, энергосбережение, экономическая эффективность.

Введение. Процессы переработки и утилизации органических отходов путем их разложения в анаэробных условиях с получением горючего газа и его применением освоены человечеством с давних времен. При этом природа биологического процесса разложения органических веществ с образованием метана за прошедшие тысячелетия не изменилась. В современных условиях развития науки и техники созданы оборудования и системы, позволяющие сделать эти «древние» технологии рентабельными и применяемыми не только в странах с теплым климатом, но и в странах с суровыми континентальными климатическими условиями, таких как Россия. Актуальность применения биогазовых установок в России, перспективы для развития биогазовых технологий обусловлены, прежде всего, объемами образования исходного сырья: ежегодно 780 млн т органических отходов только в аграрном секторе могли бы дать до 68 млрд м³ биогаза и, соответственно, около 110 млрд кВт·ч электроэнергии [1, 2].

В настоящее время развитие биогазовой промышленности происходит в двух направлениях: создаются крупные биогазовые станции – такие, как в п. Лучки Белгородской области, и небольшие фермерские биогазовые установки с объемом ферментации не более 10–15 кубометров. С учётом того, что большая часть российских почв малоурожайны и требуют внесения удобрений, строительство биогазовых установок необходимо стимулировать на государственном уровне [3, 4].

Во многих странах мира биогазовые установки стали стандартом очистки и утилизации муниципальных и промышленных сточных

вод и переработки сельскохозяйственных и твердых бытовых отходов с целью получения биогаза для производства тепловой и электрической энергии, а также высокоэффективных органических удобрений. За рубежом финансовая поддержка применения и развития биогазовых технологий производится в рамках государственных целевых программ в области энергосбережения и энергоэффективности. Примером служат Швеция, Австрия, Финляндия, в которых около 20 % произведенной энергии – из биогаза, им отапливают дома и освещают улицы. Около двухсот биогазовых установок работают в Австрии, в Германии – почти 10 тыс., к 2020 г. их количество планируют увеличить вдвое. В Англии использование биогаза покрывает все энергозатраты в сельском хозяйстве. Швеция считается лидером по продаже машин, управляемых биогазом. В сравнительно небольшом городке Гётеборге работают 19 заправочных станций, создан первый работающий на биогазе поезд и построен крупнейший в Европе биогазовый завод [5].

Биогаз плохо растворим в воде, содержит 55–85 % метана и 15–45 % углекислого газа, а также незначительные примеси сероводорода. Теплота сгорания биогаза составляет от 21 до 27,2 МДж/м³. При переработке 1 т свежих отходов КРС и свиней при влажности 85 % можно получить от 45 до 60 м³ биогаза, 1 т куриного помета при влажности 75 % от 70 до 100 м³ биогаза. По теплоте сгорания 1 м³ биогаза эквивалентен: 0,8 м³ природного газа, 0,7 кг мазута, 0,6 кг бензина, 1,5 кг дров. Биогаз, как и природный газ, по экологическим показателям относится к наиболее чистым видам

топлива [6].

Целью исследований является получение горючего биогаза, показать все его преимущества.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. исследовать технологический процесс выработки биогаза анаэробного сбраживания органических отходов;
2. провести производственные испытания опытного образца биогазовой установки;
3. оценить эффективность эксплуатации биогазовой установки.

Условия, материалы и методы исследований. В качестве примера рассмотрим конструкцию малогабаритной биогазовой установки, смонтированной на раме в виде трапеции. Количество производимого биогаза фиксируется газовым счетчиком, давление газа определяется по манометру. Горение газа просматривается при помощи горелки, безопасность работы обеспечивается предохранительным клапаном. Установка оборудована компрессором, соединительным шлангом и панелью управления.

В процессе выполнения работы применялись монографический, экспериментальный, сравнительный анализ и другие методы научных исследований.

Анализ и обсуждение результатов. Экономический эффект от применения сброженного субстрата как органического биоудобрения (Э_у) можно определить с учетом стоимости от повышения урожайности сельскохозяйственных культур и по выручке средств от продажи биоудобрения [7,8]:

$$Э_у = U_{доп} \cdot C_{ур} + M_у \cdot C_у \text{ руб.}, \quad (1)$$

где $U_{доп}$ – прибавка урожая от использования биоудобрения, ц;

$C_{ур}$ – стоимость единицы урожая, выращенного использованием биоудобрения, руб/ц;

$M_у$ – масса произведенного биоудобрения,



Рисунок 1 – Схема биогазовой установки
1 – реактор; 2 – газгольдер; 3 – горелка;
4 – включатель; 5 – термометр;
6 – водяной затвор; 7 – регулятор давления

ц;

$C_у$ – цена единицы стоимости биоудобрения, руб/ц.

Биогазовые технологии позволяют наиболее рационально и эффективно конвертировать энергию химических связей органических отходов в энергию газообразного топлива и высокоэффективных органических удобрений, применение которых, в свою очередь, позволит существенно снизить производство минеральных удобрений, на получение которых расходуется до 30% электроэнергии, потребляемой сельским хозяйством. Наряду с биогазом биогазовые установки производят высокоэффективное дорогостоящее жидкое органическое удобрение [9].

Для небольших фермерских хозяйств предлагается применять малогабаритную биогазовую установку с подогревом и перемешивани-

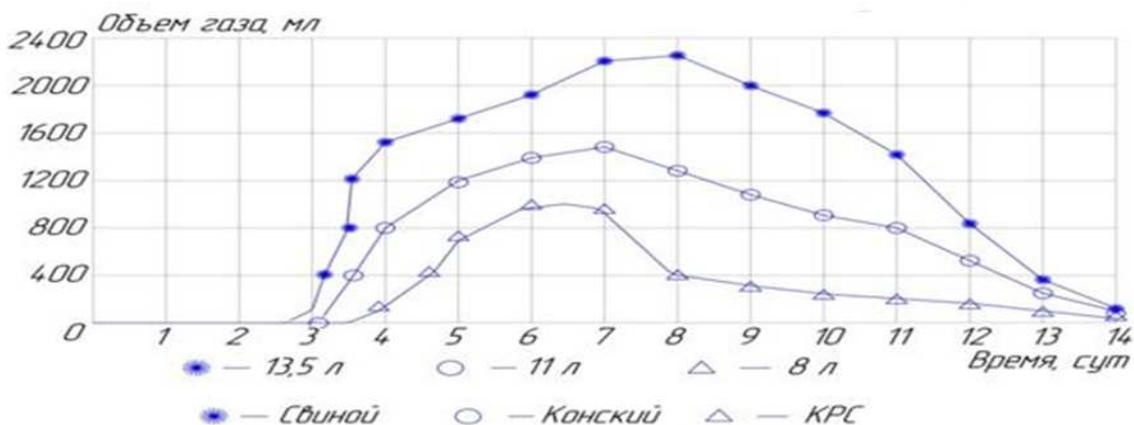


Рисунок 2 – Зависимость выхода биогаза от свиного, конского и навоза КРС

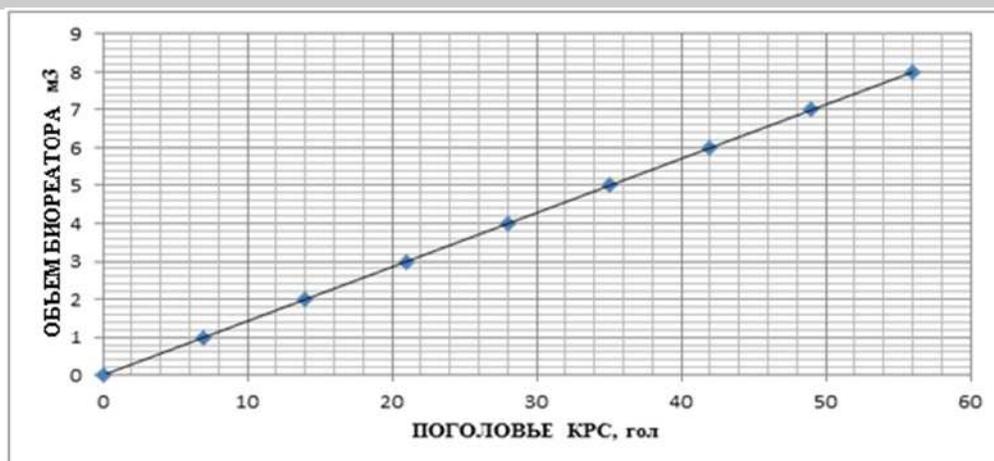


Рисунок 3 - График зависимости объема реактора от поголовья КРС

ем субстрата, разработанную в Казанском ГАУ (рисунок 1). Она будет работать в мезофильном и термофильном температурных режимах. Малогабаритная биогазовая установка содержит минимум составных частей для обеспечения процесса переработки навоза КРС и свиней, помета куриц и пищевых отходов. Загрузка субстрата осуществляется через загрузочное отверстие. А сброженная масса удаляется из реактора через выгрузочную трубу в момент загрузки очередной порции сырья.

Результаты испытаний и определения технологических параметров биогазовой установки приведены на рисунке 2 в виде графика.

Длительность сбраживания субстрата и выход биогаза составляют 14 дней. Объем выхода биогаза от свиного навоза - 13,5 л, конского - 11 л, из навоза КРС выход газа составил 8 л.

Биореактор рекомендуется изготавливать из нержавеющей стали. Размеры биореактора зависят от имеющегося поголовья животных (рисунок 3). Биореакторы объемами от 0,2 до 1,4 м³ рекомендуются для применения в хозяйствах с поголовьем КРС от 5 до 10 гол.

Биореакторы следует располагать непосредственно в животноводческом помещении. Таким образом, создаются максимальные условия для сохранения теплоты навозной массы, загружаемой в реактор. Основное условие для эффективной работы биогазовой установки – обеспечение герметичности реактора [10,11].

Выводы. Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы. Особенным видом альтернативной энергии является получение и использование биогаза. Биогаз решает существующую экологическую проблему с накоплением, хранением и утилизацией навоза. При внедрении биогазовых технологий осуществляется санитарная обработка. Переработка отходов животноводства, растениеводства и приводит к минерализации основных компонентов удобрений азота и фосфора, и их сохранению в отличие от традиционных способов приготовления органических удобрений методами компостирования, при которых теряется до 30–40 % азота. Биогазовые установки можно размещать в любом регионе страны и не требуется строительство дорогостоящих газопроводов.

Литература

1. Ульф Нордберг. Производство биогаза в Германии и Скандинавских странах // Производство биогаза в Республике Беларусь и Швеции. Обмен опытом. CSD Uppsala, 2012. - С. 9.
2. Гайфуллин И.Х. Эффективность биогазовых технологий/ И.Х. Гайфуллин, Б.Г. Зиганшин, И.Р. Нафиков// Материалы международной научно-практической конференции. - Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2016 - С. 57 – 60.
3. Гайфуллин И.Х. Сборник тезисов участников Форума 2016 «Наука будущего - НАУКА МОЛОДЫХ» - Казань, 2016. – Том 1, Разработка конструкции и результаты экспериментальных исследований малообъемной биогазовой установки С. 399 – 400.
4. Гайфуллин И.Х. Влияние температуры на нагрева субстрата/ И.Х. Гайфуллин, Б.Г. Зиганшин, И.Р. Нафиков// Материалы VIII международной научно-практической конференции. – USA: Изд-во North Charleston, 2016. - С. 82 – 86.
5. Гайфуллин И.Х., Расчет теплового баланса и обоснование параметров малогабаритной биогазовой установки с мезофильным сбраживанием субстрата//Гайфуллин И.Х., Кашапов И.И., Зиганшин Б.Г., Рудиков А.И. // Вестник Казанского ГАУ.– 2016.– № 3 (41).– С. 63 – 67.
6. ГОСТ Р 53790 - 2010 Общие технические требования к биогазовым установкам.
7. Баадер В. Биогаз теория и практика (Пер. с нем. и предисловие М.И. Серебряного.) :М – Колос, 1982. - С. 148.
8. Зингер Н.М. Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем.– М.: Энергоатомиздат, 1986.

9. Барбара Эдер, Хайнц Шульц. Биогазовые установки. Практическое пособие. Издано в 1996 г. Перевод с немецкого выполнен компанией Zorg Biogas в 2008 г. <http://www.zorg-biogas.com>

10. Кашапов Ильназ И., Зиганшин Б.Г. Обзор существующих технологий энергосбережения// V «Global Science and innovation», Чикаго, 2015. - С. 348.

11. Гайфуллин И.Х. Обзор и анализ конструкций существующих биогазовых установок/ И.Х. Гайфуллин, Б.Г. Зиганшин// Материалы III международной научно-практической конференции «Проблемы и достижения в науке и технике». – Омск: ИЦРОН, 2016. - С. 12 – 16.

Сведения об авторах:

Гайфуллин Ильнур – аспирант кафедры машин и оборудования в агробизнесе, e-mail: ilnur-gai@yandex.ru

Кашапов Ильназ Ирекович – аспирант, e-mail: ilnur-gai@yandex.ru

Зиганшин Булат Гусманович – доктор технических наук, профессор, e-mail: zigan66@mail.ru

Рудаков Александр Иванович – доктор технических наук, профессор, e-mail: rud-38@mail.ru

Шогинов Юрий Хасанович – доктор технических наук, заведующий сектором механизации, электрификации и автоматизации отдела сельскохозяйственных наук Российской академии наук, e-mail: shogenovYuri@yandex.ru

ACTUALITY OF APPLICATION OF BIOGAS INSTALLATIONS IN RUSSIA AND ABROAD

Gayfullin I.Kh., Ziganshin B.G., Rudakov A.I.

Abstract. The first scientific developments in the field of biogas technologies were made in Russia more than 70 years ago. Since the 50th years one of the main directions was the anaerobic processing of activated sludge and sediments of urban wastewater. This method attracted attention in connection with the idea of obtaining biogas mainly from the manure of farm animals. Thanks to this in the middle of 50th years a number of pilot plants for biogas production were built in Zaporozhia, Belorussian, Georgian, Moldavian branches of All-Russian Institute of Agriculture Electrification, and also in Ekaterinburg. However, the operating experience of these installations was insignificant - one - two seasons. The problem of obtaining and using biogas is given great attention abroad. In a short time, in many countries around the world a whole industry for the production of biogas has emerged. The leader in the development of biogas industry is China. Since the middle of 1970, the National Program for the production of biogas from livestock wastes has been operating in this country. Currently, there are 10 million farm bioreactors. In addition, 40 000 biogas stations, 24 000 biogas treatment plants operate in China, which provides operation of 190 power plants.

Key words: Farm, biogas plant, energy saving, economic efficiency.

References

1. Ulf Nordberg. *Proizvodstvo biogaza v Germanii i Skandinavskikh stranakh* // *Proizvodstvo biogaza v Respublike Belarus i Shvetsii. Obmen opytom*. [Production of biogas in Germany and Scandinavian countries. // Production of biogas in the Republic of Belarus and Sweden. Experience exchange]. CSD Uppsala, 2012. - P. 9.

2. Gayfullin I.Kh. *Effektivnost biogazovykh tekhnologiy*. // *Materiyaly mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. (Efficiency of biogas technologies. / I.Kh. Gayfullin, B.G. Ziganshin, I.R. Nafikov // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference). - Kazan: Izd-vo Kazanskogo GAU, 2016 - P. 57 – 60.

3. Gayfullin I.Kh. *Sbornik tezisov uchastnikov Forumu 2016 "Nauka buduschego - NAUKA MOLOYDYKh"*. *Razrabotka konstruktivnykh i rezultaty eksperimentalnykh issledovaniy maloobemnoy biogazovoy ustanovki*. (Proceedings of the 2016 Forum "Science of the future - SCIENCE OF YOUNG PEOPLE". - Kazan, 2016. - Volume 1. Development of the design and results of experimental studies of a small-volume biogas plant). P. 399 – 400.

4. Gayfullin I.Kh. *Vliyaniye temperatury na nagrev substrata*. // *Materiyaly VIII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. (Influence of temperature on substrate heating. / I.Kh. Gayfullin, B.G. Ziganshin, I.R. Nafikov // Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference). – USA: Izd-vo North Charleston, 2016. - P. 82 – 86.

5. Gayfullin I.Kh. Calculation of the heat balance and justification of the parameters of a small-sized biogas plant with mesophilic fermentation of the substrate. [Raschet teplovogo balansa i obosnovanie parametrov malogabaritnoy biogazovoy ustanovki s mezofilnym sbrzhivaniem substrata]. // Gayfullin I.Kh., Khashapov I.I., Ziganshin B.G., Rudakov A.I. // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – *The Herald of Kazan State Agrarian University*, 2016, № 3 (41), - P. 63 – 67.

6. *GOST R 53790 - 2010 Obschie tekhnicheskie trebovaniya k biogazovym ustanovkam*. [GOST R 53790 – 2010. General requirements for biogas plants].

7. Baader V. *Biogaz: teoriya i praktika (Per. s nem. i predislovie M.I. Serebryanogo)*. [Biogas: theory and practice (Translated from German and preface by M.I. Serebryanuy)]. M.: Kolos, 1982. - P. 148.

8. Zinger N.M. *Gidravlicheskie i teplovye rezhimy teplofikatsionnykh sistem*. [Hydraulic and thermal modes of heating systems]. M.: Energoatomizdat, 1986.

9. Barbara Eder, Khaynts Shults. *Biogazovyye ustanovki. Prakticheskoe posobie*. *Izdano v 1996 g. Perevod s nemetskogo vypolnen kompaniy Zorg Biogas v 2008*. [Biogas installations. Practical manual. Published in 1996. Translated from German by Zorg Biogas company in 2008]. g. <http://www.zorg-biogas.com>

10. Khashapov Ilnaz I., Ziganshin B.G. *Obzor suschestvuyuschikh tekhnologiy energosberezheniya*. // V *"Global science and innovation"*. [Review of existing energy-saving technologies. // V "Global science and innovation". Chikago, 2015. - P. 348.

11. Gayfullin I.Kh. *Obzor i analiz konstruktivnykh suschestvuyuschikh biogazovykh ustanovok*. // *Materiyaly III mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Problemy i dostizheniya v nauke i tekhnike"*. (Review and analysis of existing biogas plants. / I.Kh. Gayfullin, B.G. Ziganshin // Proceedings of III International Scientific and Practical Conference "Problems and Achievements in Science and Technology"). – Омск: ITsRON, 2016. - P. 12 – 16.

Authors:

Gayfullin Ilnur Khalimovich – graduate student of Machinery and Equipment in Agribusiness Department, e-mail: ilnur-gai@yandex.ru

Khashapov Ilnaz Irekovich - graduate student of Machinery and Equipment in Agribusiness Department, e-mail: ilnaz05@list.ru

Ziganshin Bulat Gusmanovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: Zigan66@mail.ru

Rudakov Alexandr Ivanovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: Rud-38@mail.ru