

БИОФИЗИКА ИНТЕНСИФИКАЦИИ ВЫДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ ИЗ БИОМАССЫ

Решетникова И.В., Батанов С.Д., Поспелова И.Г., Прокопьев А.В., Алексеева Н.А., Возмищев И.В.

ФГБОУ ВПО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», Ижевск, Россия, (426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11), e-mail: info@izhgsha.ru

Статья посвящена возможности использования солнечной энергии, запасенной биомассой за счет биофизико-химических процессов. Извлечь эту энергию можно посредством анаэробного сбраживания биомассы. В результате сбраживания получается высококалорийный биогаз и органическое удобрение. Тем самым решаются энергетические и экологические вопросы, в том числе проблема складирования и хранения отходов. На интенсивность образования биогаза существенно влияет температурный режим процесса. В статье предлагается использовать СВЧ-нагрев для поддержания необходимой температуры биомассы (40...55 °С) для анаэробного сбраживания. Причем для равномерного распределения СВЧ-энергии предлагается в центральную часть трехстадийного биореактора установить не один СВЧ-излучатель, а несколько, и расположить их равномерно по всему периметру метантенка. Результаты экспериментальных исследований показали, что при таком способе подвода энергии процесс сбраживания биомассы происходит интенсивнее, а эффективность выделения биогаза увеличивается по сравнению с известной технологией на 10-12%.

Ключевые слова: биомасса, биогаз, анаэробное сбраживание, СВЧ-нагрев, трехстадийный биореактор.

BIOPHYSICS OF ENERGY RELEASE INTENSIFICATION FROM BIOMASS

Reshetnikova I.V., Batanov S.D., Pospelova I.G., Prokopen A.V., Alekseeva N.A., Vozmischev I.V.

FSBEI of HPE "Izhevsk State Agricultural Academy", city of Izhevsk, Russia (426069 city of Izhevsk, Studencheskaya St., 11), e-mail: info@izhgsha.ru

The article is devoted to the possibility of using solar energy stored by biomass due to biophysicochemical process. This energy can be derived through anaerobic fermentation of biomass. High calorific biogas and organic fertilizer are got as a result of fermentation. Thereby energy and environmental issues are solved including the problem of burial and storage of wastes. Biogas formation rate is significantly influenced by temperature settings. This article suggests to use microwave heating to maintain proper temperature of biomass (40...55°C) for anaerobic fermentation. For the purpose of equal distribution of microwave energy it is suggested to fix not the only one microwave sender, but some of them in the central part of three-stage bioreactor and to locate them uniformly and proportionally all over the digestion tank. The results of experimental researches have shown that this way of power supply makes the process of biomass fermentation more intense; efficiency of biogas liberation increased 10-12% in comparison with well-known technology.

Keywords: biomass, biogas, anaerobic fermentation, microwave heating, three-stage bioreactor.

Введение

Растительная биомасса является первичным источником энергии на Земле. Биомасса - органическое вещество, генерируемое растениями в процессе фотосинтеза, при подводе солнечной (световой) энергии. Биомасса является как бы аккумулятором солнечной энергии.

Анаэробное сбраживание биомассы представляет собой микробиологический процесс разложения сложных органических веществ без доступа воздуха. При сбраживании происходит превращение углеводов (брожение) и белков (гниение) в биогаз - смесь метана CH_4 (до 60...70%), диоксида углерода CO_2 , азота N_2 , водорода H_2 и кислорода (вместе 1...6%), и образуется стабилизированный осадок исходной биомассы. Биогаз является

высококалорийным, удобным для практического использования топливом, а стабилизированный осадок - органическим удобрением. В процессе брожения биомасса теряет неприятный запах, и при этом погибает патогенная микрофлора. При анаэробном сбраживании решаются энергетические и экологические вопросы, в том числе проблема складирования и хранения отходов [4; 5].

На сегодняшний день существующие способы анаэробной переработки не обеспечивают полноты сбраживания и более глубокого разложения отходов сельского хозяйства и пищевых перерабатывающих производств. В сложившейся ситуации представляется актуальным развитие биогазовых установок и интенсификация сбраживания пищевых и сельскохозяйственных отходов с помощью микроорганизмов.

Цель исследования: изучение влияния температурного режима анаэробного сбраживания на интенсивность образования биогаза.

Начальная температура биомассы обычно меньше оптимальной, поэтому ее подогревают перед поступлением в метантенк либо в самом ферментаторе [4].

Из источников научно-технической и патентной литературы известно использование СВЧ-нагрева биомассы при выработке биогаза [3]. Достоинство СВЧ-нагрева заключается в том, что с помощью СВЧ-энергии можно не только равномерно нагревать диэлектрик по его объему, но и получать по желанию любое заданное распределение температур. Поэтому при СВЧ-нагреве открываются возможности многократного ускорения ряда технологических процессов [1; 2]. В известном способе для нагревания биомассы используется один СВЧ-излучатель на весь метантенк, и интенсификация процесса позволяет увеличить эффективность выхода биогаза на 20-25% в зависимости от исходного сырья. В зоне нагрева одним СВЧ-излучателем наблюдается неравномерный нагрев, а где-то и перегрев биомассы, что приводит к гибели микроорганизмов.

Предлагается в центральную часть трехстадийного биореактора установить не один СВЧ-излучатель, а несколько, и расположить их равномерно по всему периметру метантенка.

Материал и методы исследования

На рис. 1 показана технологическая схема трехстадийного биореактора с тремя СВЧ-излучателями. Биогазовая установка с дозированным СВЧ-нагревом состоит из биореактора, имеющего три концентрично расположенные цилиндрические емкости: наружную для проведения психрофильной стадии анаэробного сбраживания биомассы (с диапазоном температур 8...25 °С), среднюю для мезофильной стадии сбраживания (с диапазоном температур 25...40 °С) и центральную для термофильной стадии анаэробного сбраживания (с диапазоном температур 40...55 °С) объемом 200 л, снабженную тремя СВЧ-источниками с частотой излучения 2450 МГц и мощностью 800 Вт. При выборе указанного количества

источников СВЧ-излучения учитывались их мощность, диэлектрическая проницаемость биомассы, глубина проникновения волн, частота излучения.

Диэлектрический нагрев в центральной секции метантенка осуществляется в пределах температуры 40...55 °С, что соответствует термофильному режиму сбраживания. Эта температура поддерживается постоянно, для обеспечения непрерывного режима работы реактора. При поддержании заданного максимума температуры происходит постоянный теплообмен биомассы, который позволяет достичь двух других режимов сбраживания в метантенке. Теплообмену способствуют диффузионный процесс при загрузке и выгрузке сырья, а также циклическое перемешивание субстрата.

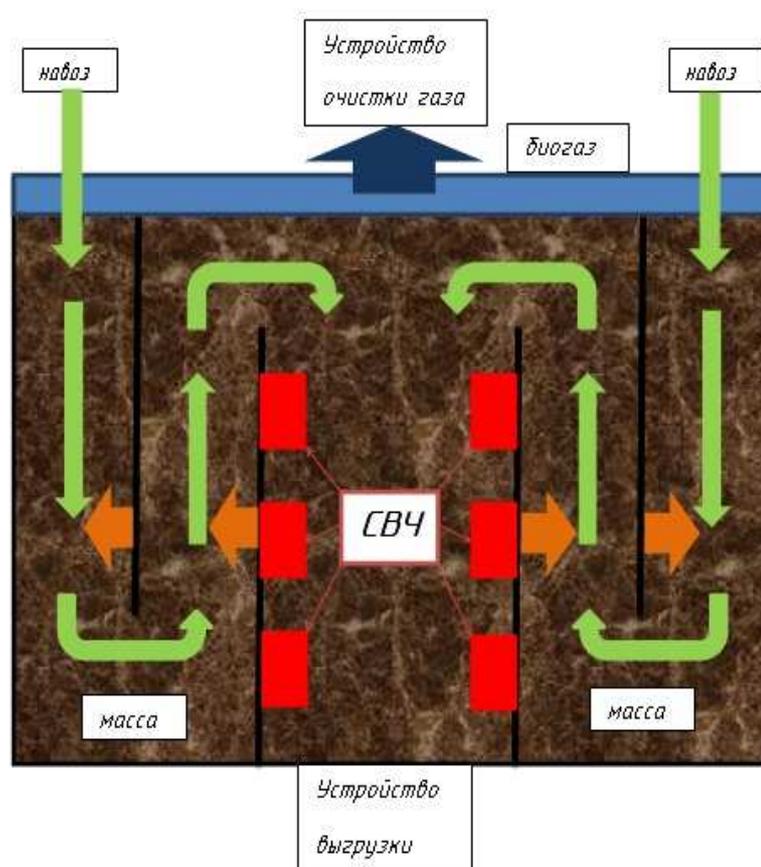
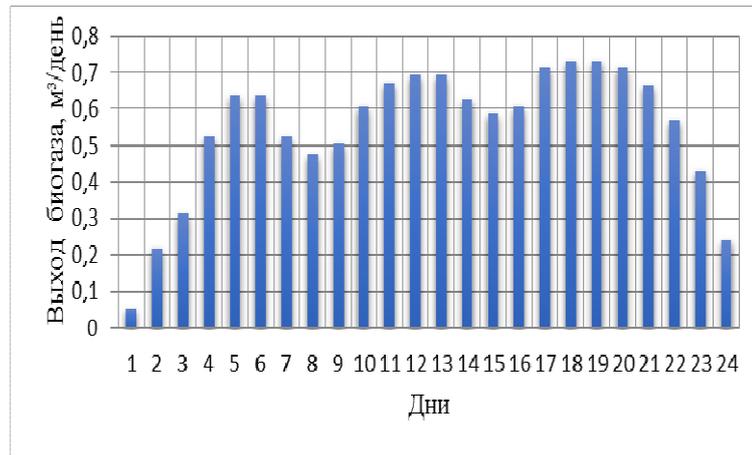


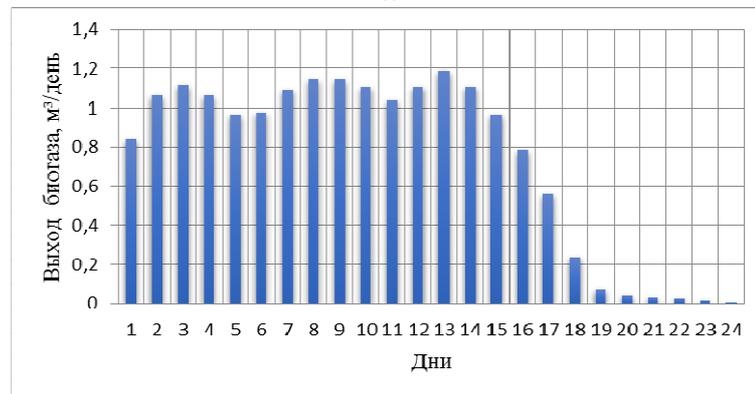
Рис. 1. Технологическая схема трехстадийного биореактора с тремя СВЧ-излучателями

Результаты исследования и их обсуждение

На диаграммах (рис. 2) показан общий выход биогаза за 24 дня со свиным навозом при одном источнике излучения (а) и при трех источниках излучения (б).



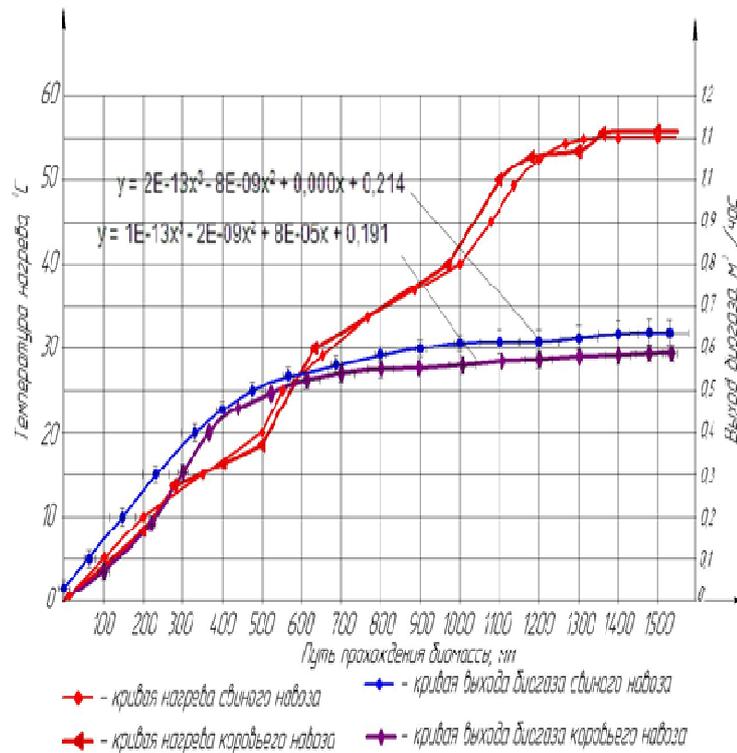
а



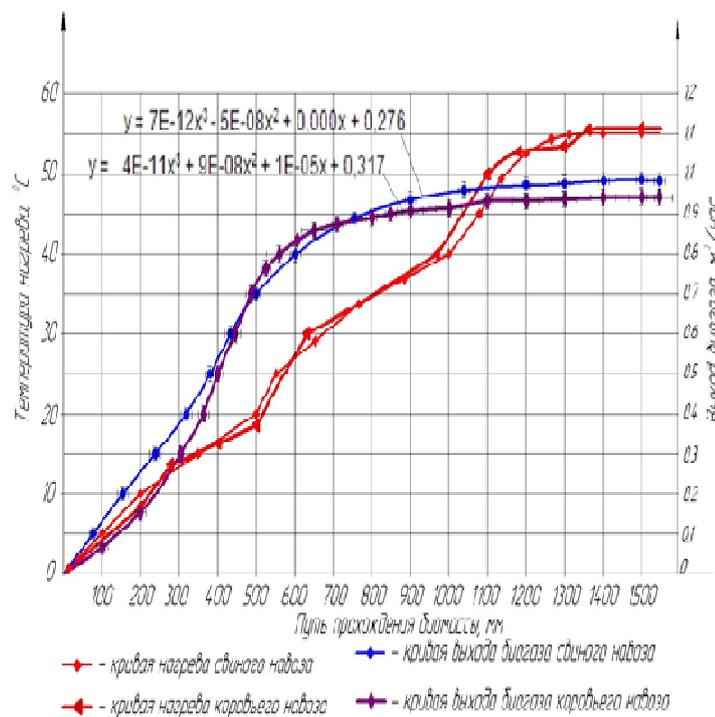
б

Рис. 2. Общий выход биогаза за 24 дня со свиным навозом при одном источнике излучения (а) и при трех источниках излучения (б)

Анализ диаграмм по общему выходу биогаза из данного образца показывает, что использование СВЧ-нагрева с тремя источниками излучения для технологии метанового сбраживания приводит к уменьшению времени процесса сбраживания навоза.



а) при одном источнике излучения



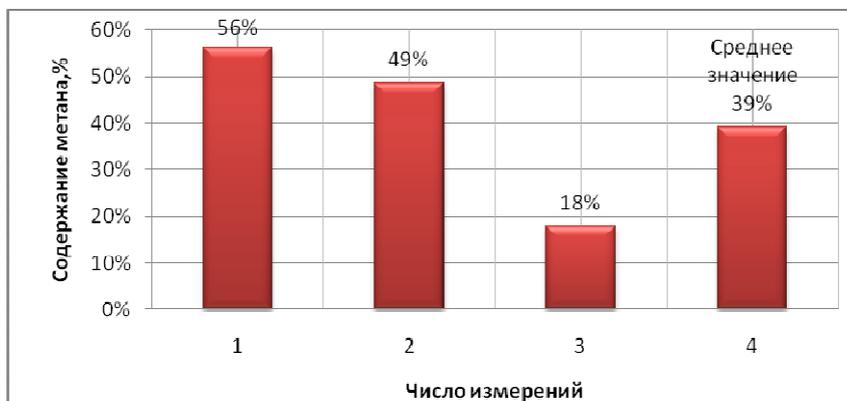
б) при трех источниках излучения

Рис. 3. Кинетика получения биогаса в едином цикле сбраживания

Результаты экспериментальных исследований (рис. 3) метанового сбраживания при одном источнике излучения, и при трех источниках излучения со свиным и коровьим

навозом показали, что процесс сбраживания биомассы происходит интенсивнее по всему объему метантенка, реализуя разработанную технологию, за счет равномерного нагрева.

Также были проведены исследования (рис. 4) по выходу биогаза и измерено с помощью газоанализатора процентное содержание метана в свином и коровьем навозе.



а - свиной



б - коровий

Рис. 4. Результаты измерений газоанализатором ЭТХ-1

Измерения газоанализатором, проведенные в различные периоды работы установки, показали, что максимальное содержание метана в свином навозе составило 56%, в коровьем 50%.

На рис. 5 показана зависимость температуры биомассы на основе свиного навоза от времени сбраживания при одном и трех источниках излучения. При увеличении количества источников излучения происходит уменьшение времени процесса сбраживания навоза, и, как следствие, существенная экономия электроэнергии на нагрев и увеличение производительности биогазовой установки.

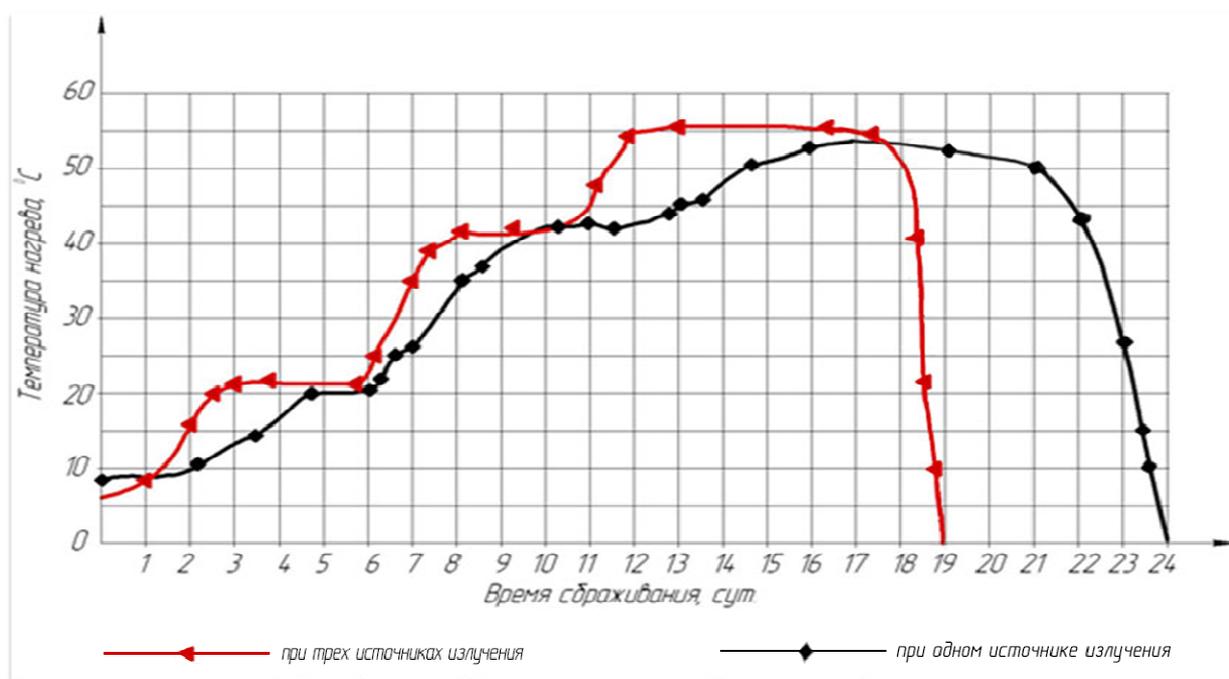


Рис. 5. Зависимость температуры от времени сбраживания свиного навоза при одном и при трех источниках излучения

Заключение

Результаты экспериментальных исследований по метановому сбраживанию биомассы в трехстадийном метантенке с диэлектрическим нагревом показали, что при использовании трех источников СВЧ-излучения интенсивность выделения биогаза увеличилась по сравнению с использованием одного источника СВЧ-излучения на 10...12%. Это можно объяснить более интенсивным процессом сбраживания биомассы по всему объему метантенка.

Список литературы

1. Касаткин В.В. Тепломассообмен в сублимационных сушильных установках непрерывного действия с СВЧ- и УЗИ-источниками при непрерывном потоке газа / В.В. Касаткин, Н.Ю. Литвинюк, И.Г. Пospelова, И.В. Возмищев // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – № 7. – С. 75-77.
2. Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ. — М. : Высшая школа, 1970. - Ч. I.
3. Патент РФ № 2011149486/10, 05.12.2011. Решетникова И.В., Касаткин В.В., Вохмин В.С., Кудряшова А.Г., Игнатьев С.П., Петров С.В. Биогазовая установка с дозированным СВЧ-нагревом : Патент России № 2490322.2013. Бюл. № 23.
4. Производство тепловой энергии из биомассы [Электронный ресурс]. — Режим доступа: osnovy...i...teplovoj-energii-iz-biomassy/ (дата обращения: 18.03.2014).

5. Савушкин А.В. Альтернативное топливо в сельском хозяйстве / А.В. Савушкин, В.С. Вохмин, И.В. Решетникова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 4. – С. 37-38.

Рецензенты:

Лекомцев П.Л., д.т.н., профессор, профессор кафедры энергетики и электротехнологии ФГБОУ ВПО «Ижевская ГСХА», г. Ижевск.

Юран С.И., д.т.н., профессор, профессор кафедры «Автоматизированный электропривод» ФГБОУ ВПО «Ижевская ГСХА», г. Ижевск.