

# ЭКОЛОГИЯ

*Евстюничев М. А., аспирант,  
Ильина Т. Н., д-р техн. наук, проф.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

## ОСОБЕННОСТИ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОГАЗА\*

ilina50@rambler.ru

*Рассмотрены процессы получения биогаза путем анаэробной переработки отходов агропромышленных предприятий. Представлены состав и ориентировочные величины выхода биогаза из различных видов сырья. Рассмотрен потенциал развития биоэнергетики Белгородской области за счет переработки отходов животноводческих и перерабатывающих сельскохозяйственных предприятий.*

*Ключевые слова: биогазовые технологии, ферментер, метаногенез, субстрат, свекловичный жом, химия биогаза, отходы сельхоз предприятий, БГС, биогазовые станции*

Производство биогаза берет свое начало еще с древних времен, приблизительно 15 в. д.н.э. Первой промышленной биогазовой установкой нашего времени можно считать станцию, построенную в 1911 г. в г. Бирмингеме (Англия), которая утилизировала отходы городских сточных вод.

В настоящее время в большинстве развитых стран биогазовые технологии стали приоритет-

ным способом переработки отходов коммунального и сельскохозяйственного сектора. Тем самым в значительной мере сокращаются выбросы газов, влияющих на парниковый эффект.

Биогаз представляет собой смесь газов, получаемый в процессе анаэробного сбраживания органической массы (рис. 1).

| Компоненты     | Формула          | Содержание %        |
|----------------|------------------|---------------------|
| Метан          | CH <sub>4</sub>  | 50-70               |
| Углекислый газ | CO <sub>2</sub>  | 25-40               |
| Водяной пар    | H <sub>2</sub> O | 2(20 C) – 7(40 C)   |
| Кислород       | O <sub>2</sub>   | < 2                 |
| Азот           | N <sub>2</sub>   | < 2                 |
| Аммиак         | NH <sub>3</sub>  | < 1                 |
| Водород        | H <sub>2</sub>   | < 1                 |
| Сероводород    | H <sub>2</sub> S | < 3 (после очистки) |

Рис. 1. Состав биогаза

Процесс образования биогаза является результатом связанных между собой четырех основных этапов, при которых исходный материал постоянно разбивается из более сложных соединений на простые составляющие.

В каждом из четырех этапов присутствуют различные виды бактерий, которые последовательно разлагают продукты, получившиеся на ранних стадиях. Все эти процессы протекают

параллельно во времени и пространстве внутри биореактора (рис. 2).

Далее образовавшиеся промежуточные продукты на этапе кислотообразования, под действием ферментативных бактерий, подвергаются дальнейшему разложению на карбоновые кислоты, спирты, аммиак, водород и углекислый газ. Качество разложения на этом этапе напрямую зависит от концентрации образующегося промежуточного водорода.

\*Исследования выполнены при поддержке Совета по грантам Президента РФ (Код проекта НШ-58.2012.8).



Рис. 2. Процессы образования биогаза

Гидролиз считается первым этапом, в процессе которого сложные органические вещества (углеводы, жиры, белки), распадаются на более простые составляющие (глюкоза, жирные кис-

лоты, аминокислоты). В процессе гидролиза микроорганизмы вырабатывают гидролитические ферменты, позволяющие обеспечить биохимическое разложение материала (рис. 3).



Рис. 3. Фаза гидролиза

Продукты, полученные в ходе фазы кислотообразования, под действием ацетагенных бактерий, преобразуются в субстанции (уксусную кислоту, водород, углекислый газ), из которых позднее образуется биогаз. На этом этапе большее значение имеет количество свободного водорода, который препятствует образованию промежуточных продуктов на стадии ацетагенной фазы. При большем количестве свободного водорода органические кислоты обогащаются и тем самым замедляют процесс образования метана. Поэтому бактерии, отвечающие за образования водорода, должны быть в тесной взаимо-

связи с метанообразующими бактериями, которые этот водород поглощают.

Завершающим этапом образования биогаза является стадия метаногенеза, при которой гидротрофные и ацетатные метаногены преобразуют уксусную кислоту, водород и углекислый газ в метан.

Метаногенез является важным и более медленным звеном в процессе образования биогаза. Метаногенез зависит от различных условий: состава исходного сырья, температуры, скорости подачи субстрата, интенсивности перемешивания, pH и наличия кислорода (рис. 4) [1-3].



Рис. 4. Фаза метаногенеза

Известны исследования, а также патентно подтвержденные испытания барботажного способа перемешивания биомассы в ферментере, которые позволяют повысить производительность биогазовой установки [4-8].

Производительность биогазовой станции в первую очередь зависит от исходного сырья и

основным показателем пригодности являются его физико-химические свойства. В европейских странах, в частности Германии, на протяжении многих лет проводятся лабораторные исследования и промышленные испытания различных видов сырья. Исходя из этих исследований, бы-

ли получены усредненные показатели выхода биогаза (табл. 1).

Таблица 1

### Ориентировочные величины выхода биогаза из различных видов сырья

| Наименование сырья | Содержание сухого вещества, СВ (%) | Содержание органического сухого вещества оСВ (%СВ) | Усредненный выход биогаза |                       | Содержание СН <sub>4</sub> (%) |
|--------------------|------------------------------------|--|---------------------------|-----------------------|--------------------------------|
|                    |                                    |  | м <sup>3</sup> /т СМ      | м <sup>3</sup> /т оСВ |                                |
| Свиной навоз       | 20-25                              | 75-80  | 55-65                     | 270-450               | 60                             |
| Свиная навозная    | 5-7                                | 75-86  | 20-35                     | 300-700               | 60                             |
| Навоз КРС          | 23-25                              | 68-76  | 40-50                     | 210-300               | 60                             |
| Куриный помет      | 30-32                              | 63-80  | 70-90                     | 250-450               | 60                             |
| Кукурузный силос   | 20-35                              | 85-95  | 170-200                   | 450-700               | 50-55                          |
| Рожь               | 30-35                              | 92-98  | 170-220                   | 560-680               | 52-55                          |
| Свекловичный жом   | 15                                 | 75-85  | 75-100                    | 620-800               | 53-54                          |
| Меласса            | 80-90                              | 85-90  | 290-340                   | 360-490               | 70-75                          |

Опираясь на эти данные и зная количество перспективного сырья, можно смело предположить ориентировочные объемы выхода биогаза с последующим определением количества электрической и тепловой энергии, а также приступить к разработке технологического процесса и подбору оборудования.

В Российских условиях эта задача усложняется тем, что состав и качество исходного сырья значительно отличается от европейских аналогов. Это связано с отличительной особенностью посева, уборки, заготовления и хранения энергетических культур, а также технологических особенностей удаления отходов животноводческих предприятий.

К примеру, в большинстве крупных свиноводческих предприятий, применяется гидросмывная система удаления навоза, вследствие чего влажность сырья нестабильна и содержание сухого вещества не превышает 2-3%. Что касается возобновляемого сырья, такого как кукурузный силос и свекловичный жом, их энергетическая ценность и наличие различных примесей, появляющихся вследствие обработки почвы, а также степень измельчения при заготовке и качество хранения, не позволяет ставить их в один ряд с европейскими аналогами.

В странах, где биогазовые технологии уже давно имеют широкое применения, еще на стадии проектирования агропромышленных предприятий, обязательно учитываются особенности утилизации отходов и выращивания энергетических культур с целью максимальной пригодности их использования в качестве сырья для производства биогаза.

В России уже есть опыт строительства и эксплуатации биогазовых установок. Они расположены в Белгородской области, это биогазовая станция «Байцуры», находящаяся в Борисовском районе и «Лучки» в Прохоровском.

Белгородская область, как один из лидирующих агропромышленных регионов, имеет

огромный энергетический потенциал биогенерации (табл.2).

На этапе начала развития биогазовой отрасли в Белгородской области и России в целом, необходимым является глубокий мониторинг имеющихся отходов и энергетических культур. Он включает в себя лабораторные и экспериментальные исследование качества, а также определения степени их пригодности. Далее, основываясь на полученные данные, можно переходить к подбору оптимального процесса производства биогаза, исходя из технологических особенностей агропромышленного сектора.

Энергетические культуры, такие как кукурузный силос или сахарная свекла, без участия которых производство биогаза малоэффективно, являются слишком дорогим продуктом. В связи с этим возникает задача поиска альтернативного органического сырья, имеющего схожие энергетические свойства с более низкой стоимостью, или чтобы он являлся конечным отходом перерабатывающего предприятия и подлежал утилизации.

Одним из таких отходов является свекловичный жом, получаемый на сахарных заводах. Ранее свекловичный жом широко использовался для подкормки крупнорогатого скота. Но в настоящее время он не востребован в связи с технологическими особенностями программ кормления.

Свекловичный жом оптимально подходит в качестве органической массы для производства биогаза. Однако, его качественный состав не постоянен, что связано со степенью его отжата, измельчения и т.д. Так же важным фактором является условия его хранения. Поэтому целесообразно провести исследования энергетических свойств свекловичного жома и других побочных продуктов перерабатывающих предприятий АПК. Кроме этого необходимо исследовать различные методы подготовки сырья,

такие как отжим, измельчение, выпаривание, компактирование и другие процессы, с целью

получения максимально пригодного по качеству конечного продукта.

Таблица 2

### Биоэнергетический потенциал Белгородской области [9]

| Энергетический потенциал                                   | Всего | Отходы свиноводства | Отходы КРС | Отходы птицеводства | Отходы сахарного производства | ТБО и отходы очистных сооружений | Отходы перерабатывающих предприятий |
|--|-------|---------------------|------------|---------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Мощность, МВт  | 223,2 | 76,5                | 45,8       | 38,6                | 26,8                          | 26,2                             | 9,2                                 |
| Эл.энергия, млн. кВт*ч/год                                 | 1766  | 605                 | 363        | 306                 | 212                           | 207                              | 73                                  |
| Тепловая энергия, тыс. Гкал/год                            | 1693  | 580                 | 348        | 294                 | 203                           | 198                              | 70                                  |
| Производство удобрений, тыс. тонн/год                      | 7362  | 2524                | 1511       | 1273                | 885                           | 864                              | 305                                 |
| Сокращение парниковых выбросов, мл.тонн/год                | 1324  | 454                 | 272        | 230                 | 160                           | 155                              | 54                                  |
| Возможность обеспечить э/э бытовых потребителей, тыс. чел. | 1124  | 385                 | 231        | 194                 | 134                           | 132                              | 48                                  |

Одним из способов получения комплексного высокоэнергетического продукта является гранулирование свекловичного жома с различными добавками на имеющемся оборудовании. [10,11]. Таким образом, исследования направлены на получения нового субстрата, в состав которого будет входить максимум полезных элементов при значительно меньшей стоимости.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Biogas Handbook. Published by University of Southern Denmark Esbjerg, NielsBohrsVej 9-10, DK-6700 Esbjerg, Denmark. ISBN 978-87-992962-0-0. October 2008.

2. Экологические аспекты переработки послеспиртовой зерновой барды /А.Д.Бадикова, Ф.С. Кудашева, А.М. Мусина, Р.Н. Гимаев, Т.В. Шарипов, А.Г.Мустафин // Экология и промышленность России. 2012. №1. С. 23-25.

3. Suslov D.Y., Kushev L.A. Biogastechnology – acontemporarymethodforprocessingorganigwastes // ChemicalandPetroleumEngineering.2010.Т. 46.№5. С.308-311.02.

4. Патент на изобретение РФ №2430153.МПК С12М 1/04. Суслов Д.Ю, Кушев Л.А. Биореактор. // Патент России № 2009139543/13,опубл.27.09.2011.Бюл. №27.

5. Кушев Л.А., Суслов Д.Ю. Интенсивная технология переработки органических отходов в биореакторахбарботажного типа // Химическое и нефтегазовое машиностроение.2011. №1. С.40-42.

6. Математическое моделирование процесса получения биогаза при переработке органических отходов /Л.А. Кушев, Д.Ю. Суслов, А.И. Алифанова, Н.И. Никулин// Экология и промышленность.2011. №3. С.59-61.

7. Патент на полезную модель № 96118 РФ. Суслов Д.Ю, Кушев Л.А., Никулин Н.Ю. // Патент России.Опубл.20.07.2010. Бюл.№ 20.

8. Моделирование процесса получения биогаза в биореакторахбарботажного типа/Л.А.Кушев, Д.Ю. Суслов,Г.Л.Окунева, А.А.Гравин// Химическое и нефтегазовое машиностроение.2011. №9. С.28-31.

9. <http://altenergo-nii.ru/docs/presentation2.pdf>.

10. Технологические модули для комплексной переработки техногенных материалов / С.Н. Глаголев, В.С. Севостьянов, Т.Н. Ильина, В.И. Уральский // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2010. №9.С.43-45.

11. Технические средства и технологии для комплексной утилизации изотропных и анизотропных техногенных материалов / С.Н. Глаголев, В.С. Севостьянов, С.В. Свергузова, В.И. Уральский, М.В. Севостьянов, Д.Д.Фетисов, Ж.А.Сапронова, Л.И.Шинкарев // Экология и промышленность России. 2012. №12. С. 6-10.