

**РОЛЬ ВЛАЖНОСТИ СЫРЬЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ БИОГАЗА**

**К. У. Коразбекова, Ж. К. Бахов, д.т.н., проф.,
А. А. Сапарбекова, к.б.н., доцент**

Южно-Казахстанский государственный университет
им. М. Ауезова

Изучено влияние влажности сырья в производстве биогаза при анаэробном сбраживании сельскохозяйственных отходов с использованием молочной сыворотки. Определена оптимальная влажность для получения максимального количества биогаза.

Ключевые слова: молочная сыворотка, производство биогаза, сельскохозяйственные отходы



Сүт сарысуын қолданумен ауылшаруашылық қалдықтарын анаэробты ашытудағы биогаз өндірісіне шикізат ылғалдығының әсері зерттелген. Биогазды барынша көп мөлшерде алу үшін шикізаттың қолайлы ылғалдылығы анықталған.

Түйінді сөздер: сүт сарысуы, биогаз өндірісі, ауыл шаруашылық қалдықтары.



The effect of humidity and type of feedstock for production of biogas in anaerobic digestion blended agricultural waste and whey was studied. The optimal humidity of feedstock to produce the maximum amount of biogas was determined.

Key words: milk serum, biogas production, agricultural wastes.

В последние десятилетия многие компании по всему миру возвели биогазовые установки. В связи с этим идет непрерывная оптимизация процесса анаэробного брожения и развития новых, более эффективных технологий переработки органичес-

ких отходов. В целом базовые знания в области производства биогаза и биохимических процессов играют важную роль, поскольку технологические решения технических проблем в области анаэробного сбраживания имеют тенденцию варьирования в зависимости от обрабатываемого материала, например осадков сточных вод, отходов сельского хозяйства, коммунальных хозяйств, промышленности [1].

Перспективы производства и использования биогаза в Южном Казахстане очень хороши, что обусловлено существованием значительного количества органического сырья, отходов сельского хозяйства и пищевой промышленности (масложировых, консервных, текстильных, сырзаводов). Кроме того, простота технологии получения и использования биогаза, а также тот потенциал, который предоставляет биогаз при замене им традиционных источников энергии для выработки электричества и тепла. В области работают такие крупные птицефабрики, как «Шымкент кус», «Ордабасы кус». По состоянию на 1 января 2011 г. численность животных во всех категориях хозяйств растет. Так, численность крупного рогатого скота составила 803,8 тыс. гол., птицы – 2443,3 тыс. гол. [3].

По литературным данным, среднесуточное количество навоза КРС из одного животного составляет 36 кг/сут., а из птицы – 0,16 кг/сут. Значит, в сутки около 28,8 млн. кг навоза КРС с 65 %-ной влажностью и 70,8 тыс. кг помета птицы влажностью 75 % не перерабатываются для получения ценных продуктов – биогаза и биоудобрения.

Для того чтобы оптимизировать и определить технологические параметры производства биогаза из отходов сельского хозяйства, проводились исследования влияния влажности и типа сырья на выход и свойства продуктов анаэробной переработки субстратов навоза КРС и птичьего помета. Также изучено влияние на этот процесс молочной сыворотки.

Для исследований была собрана биогазовая лабораторная установка, которая включала в себя реактор-метантенк объемом 250 мл для проведения процесса анаэробного сбраживания, газгольдер для сбора биогаза и резиновый шланг для выво-

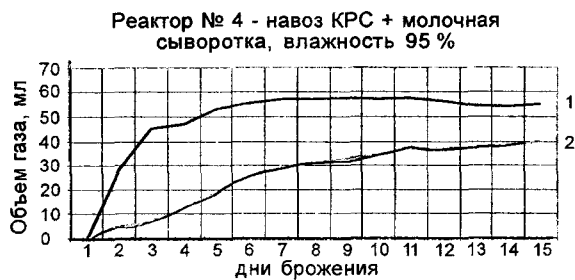
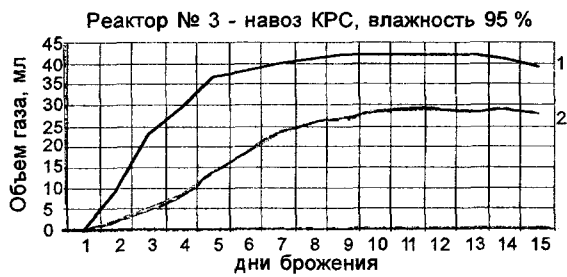
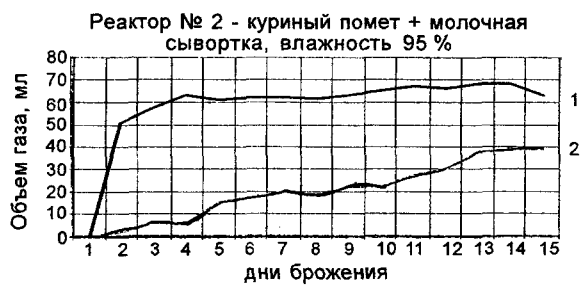
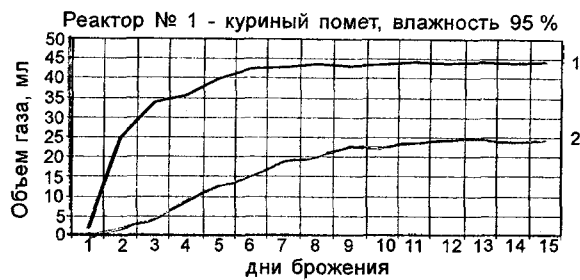
да газа. При исследовании выбрана температура 42 °С, оптимальная и эффективная для жизнедеятельности микроорганизмов. Содержание метана в биогазе определяли методом газовой хроматографии на хроматографе «Сhrom-4».

Реакторы-метантенки № 1-4 были загружены отходами влажностью 95 % и № 5-8 влажностью 85 %. В реакторах № 2,4,6,8 использовалась смесь отходов с молочной сывороткой для определения влияния отхода сырзавода на выход и качество биогаза, а реакторы-метантенки №1,3,5,7 использовали в качестве контрольных. Результаты экспериментов показаны на рисунке.

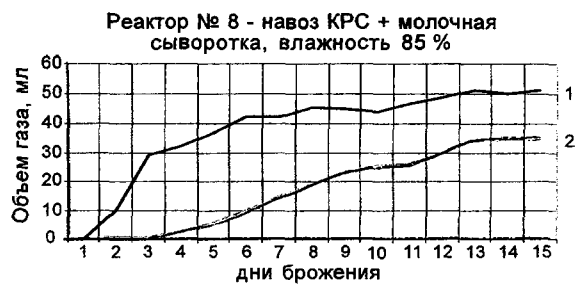
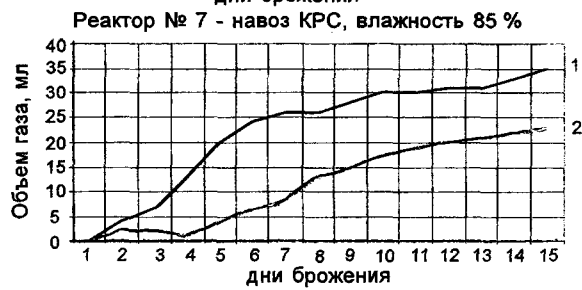
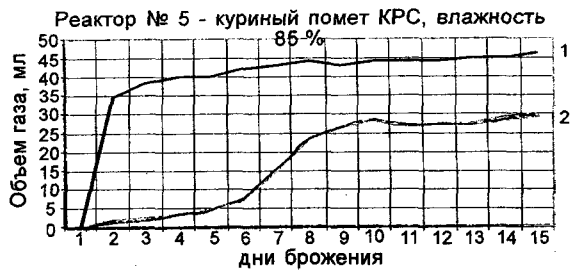
Установлено, что с куриным пометом объем образовавшегося газа больше, чем в опытах с навозом КРС, поскольку степень разложения органических веществ в биомассе в биореакторах зависит от происхождения жидкого субстрата. В жидкой смеси КРС разлагаются только 30 % белков, а жир и углеводы не разлагаются. Это связано с высоким содержанием в навозе трудноразлагаемых волокон, соломы, в составе которых преобладает лигнин – высокомолекулярный полимер.

При переработке куриного помета эффективнее использовать субстрат влажностью 85 %, а для анаэробного брожения навоза КРС - влажностью более 90 %. Наши исследования показывают, что в опытах с куриным пометом (влажностью 85 %) образуется больше газа, чем в биореакторе-метантенке № 1. В то время как в экспериментах с навозом КРС, наоборот, больше газа образуется в метантенке с влажностью 95 %. Это, видимо, связано с образованием биогаза в естественных условиях в присутствии группы природных микроорганизмов, у которых метаболическая активность зависит от разложения органических веществ во влажной среде при отсутствии воздуха. Поэтому большое значение при сбраживании органических отходов имеет влажность загружаемого сырья. Однако для каждого вида сырья необходимо экспериментально подбирать оптимальную влажность, соответствующую получению максимального количества горючего газа [2].

В опытах с молочной сывороткой образование газа происходит быстрее и объем биогаза по сравнению с контрольными



Динамика изменения выхода биогаза при



анаэробном сбраживании: 1 - биогаз; 2 - метан

субстратами больше. Это можно объяснить так: в молочной сыворотке содержится 75-90 % лактозы и 20-25 % белков, которые увеличивают содержание богатых азотом и углеродом питательных веществ для жизнедеятельности и роста метанообразующих бактерий, потому что кроме органических веществ необходимо наличие и минеральных питательных элементов, таких, как азот, сера, фосфор, калий и т.д. По литературным данным, в навозе КРС соотношение С:N равно 6-20 и содержание сухого органического вещества в сухом веществе составляет 80 %. В птичьем помете С:N соотношение 1-38, количество сухого органического вещества – 67-70 %.

Интенсивное образование биогаза зависит от деятельности микроорганизмов и стадий ферментации. В наших опытах образование биогаза происходит уже после 3-4 ч, т. е. гидролизные бактерии начинают свою жизнедеятельность, разлагая длинные цепочки углеводов на более короткие цепочки. При переработке птичьего помета биогаз образуется более интенсивно, чем при переработке жидкого навоза КРС. Это связано с тем, что гидролизные бактерии сначала разлагают углеводы в течение 24 ч, а деградация белков и липидов происходит в течение нескольких дней. Известно, что в навозе КРС содержится много трудноразлагаемых веществ, поэтому в реакторах-метантенках образование биогаза идет достаточно медленно. В курином помете содержание органических веществ составляет около 70 %, а в навозе КРС - 80 % сухого вещества составляют органические вещества. По нашим данным, содержание метана в 95 %-ных субстратах птичьего помета составляет 60 %, в биогазе из 85 % субстрата содержится 62 % метана.

Наши опыты подтвердили, что повышение выхода метана зависит от биохимических процессов ферментации в анаэробных условиях и стадии брожения биомассы. В гидролизной стадии происходит деградация сложных органических веществ в мономеры, с участием гидролизных бактерий, семейства *Bacteroides*, *Lactobasillus*. Во второй стадии брожения мономеры разлагаются на короткие - цепи органических кислот, С1-С5 молекул (например, масляная кислота, уксусная кислота), спир-

ты, водород и углекислый газ. На следующей стадии ацетогенные бактерии (семейства *Disulfovibrio*, *Aminobacterium*, *Acidaminococcus*) непрерывно снижают содержание H_2 и CO_2 , образуя уксусную кислоту. Все эти микроорганизмы имеют длительный период регенерации до 84 ч, поскольку они живут в симбиозе с метанобразующими бактериями. Стадия образования метана осуществляется с участием метаногенных архей, которые образуют метан из ацетата и CO_2 на 5-16-й день ферментации. Основные виды *Methanobacterium*, *Methanospirillum hungatii*, *Methanosarcina*. Следовательно, образование метана постепенно повышается в зависимости разложения органических веществ в CO_2 и уксусной кислоты [1].

Из реакторов-метантенков со смесью навоза и молочной сыворотки выделение газа происходит более интенсивно, потому что в молочной сыворотке содержится 75-90 % лактозы ($C_{12}H_{22}O_{11}$) – дисахариды с короткой цепью, которые разлагаются быстрее на CO_2 .

Таким образом, проведенные эксперименты показали, что для получения биогаза более эффективно использовать помет куриный влажностью 85 %. Из этого сырья возможно получение горючего газа с содержанием метана до 70 %. Для переработки навоза КРС эффективная влажность составляет больше 90 %. Смешанный субстрат отходов сельского хозяйства с пищевым отходом (молочная сыворотка) дает возможность получить на 30 % больше горючего газа с высоким содержанием метана (74 %).

Литература

1. *Dieter Deublein, Angelika Steinhauser. Biogas from Waste and Renewable Resources.* - Weinheim, 2008.
2. *Teodorita Al Sadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Kuttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen. Biogas handbook.* - Denmark, 2008.
3. www.ontustik.gov.kz