

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ СЫРЬЯ НА ВЫХОД И СОСТАВ ПРОДУКТОВ АНАЭРОБНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПТИЦЕФАБРИК

Е.С. Брюханова

*Выполнено исследование влияния влажности сырья на выход и состав продуктов анаэробной переработки отходов птицефабрик, специализирующихся на выращивании индейки. Определена оптимальная влажность сырья для получения максимального количества горючего газа.*

*Ключевые слова: анаэробная переработка, биогаз, биоудобрение, помет индейки*

## ВВЕДЕНИЕ

Наиболее перспективной технологией утилизации сельскохозяйственных органических отходов (навоз крупного рогатого скота и свиней, птичий помет) является их анаэробное сбраживание с получением биогаза и биоудобрений [1, 2].

Анаэробный процесс протекает при условии отсутствия доступа воздуха. В этом процессе из органических веществ, растворенных, суспензированных или эмульгированных в воде, с помощью метановых бактерий, находящихся в самом сырье, образуется газовая смесь из метана и углекислого газа. Процесс сбраживания проводят в реакторах – метантенках.

Большое значение при сбраживании органических отходов имеет влажность загружаемого сырья. В зависимости от концентрации сухого вещества процесс ферментации называется влажным (меньше 20%) или сухим (порядка 30%) [3]. Наиболее выгодным считается влажная ферментация. Однако для каждого вида сырья необходимо экспериментально подбирать оптимальную влажность, соответствующую получению максимального количества горючего газа и более качественных биоудобрений. В предлагаемой работе будет изучено влияние влажности сырья на выход и свойства продуктов анаэробной переработки отходов птицефабрик, специализирующихся на выращивании индейки. Исследования проводились при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере в рамках конкурса "УМНИК-2008".

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для проведения исследования создан лабораторный стенд (рис. 1), состоящий из биогазовой установки и контрольно-измерительных приборов.

Лабораторная установка включает в себя следующие основные элементы (рисунок 2):

- шесть реакторов-метантенков для проведения процесса анаэробного сбраживания при различной влажности загружаемого сырья. Реактор-метантенк представляет собой пластиковую емкость объемом 1,5 л. В верхней его части имеется патрубок для вывода газа;

- шесть газгольдеров для сбора биогаза. Газгольдер представляет собой пластиковую конструкцию с плавающим куполом, состоящий из стационарной нижней и подвижной верхней части (купол). Купол плавает в специальном водяном кармане, и поднимается или опускается в зависимости от давления газа внутри него. Купол имеет деления, что позволяет быстро определить объем образовавшегося газа. Водяной карман заполнен 10% раствором соли NaCl для предотвращения «цветения» воды;

- газовая система;

- водяная баня представляет собой емкость объемом 20 литров. В емкость залита чистая вода – теплоноситель, непосредственно в которой расположены реактора-метантенки;

- нагревательный элемент для поддержания необходимой температуры теплоносителя. Для регулирования скорости нагрева и температуры теплоносителя используется ЛАТР (0-220 В). Для предотвращения прожига и оплавления материала реакторов-метантенков вследствие высоких температур, нагревательный элемент огражден алюминиевой перегородкой. Перегородка перфорирована, поэтому не мешает равномерному нагреву воды по всему объему;

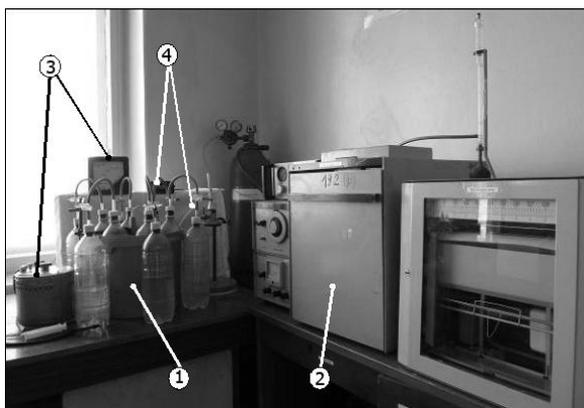


Рисунок 1. Лабораторный биогазовый стенд: 1 – установка для сбраживания органических отходов; 2 – прибор для анализа и измерения состава газа; 3 – система регулирования температуры теплоносителя (ЛАТР, вольтметр); 4 – система измерения и контроля температуры теплоносителя (электронный датчик, термопара)

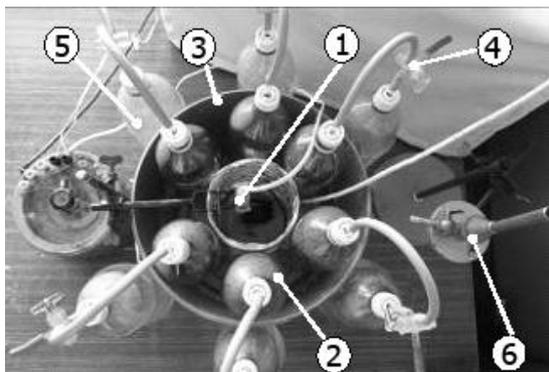


Рисунок 2. Лабораторная биогазовая установка: 1 – нагревательный элемент; 2 – реактор-метантенк; 3 – водяная баня; 4 – трехходовой кран; 5 – газгольдер; 6 – газовая горелка

В качестве дополнительных инструментов стенд оснащен: газовой горелкой, необходимой для определения возможности горения и воспламенения биогаза при различном его составе; шприцами объемом 150 мл и 20 мл для отбора проб газа; резиновыми газовыми грушами для сбора и хранения проб газа.

В качестве основного контрольно-измерительного прибора в лабораторном стенде использовали хроматограф ЛХМ-80, предназначенный для определения состава биогаза. В зависимости от состава биогаза корректировали процесс сбраживания.

В состав стенда также включен ЛАТР, необходимый для регулирования напряжения, подаваемого на нагревательный элемент. Для измерения температуры теплоносителя использовали термопару, оснащенную электронным датчиком. Примерную температуру внутри реактора-метантенка определяем

расчетным методом, учитывая, что теплоемкость помета составляет  $4,06 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ .

Эксперимент проводили следующим образом. В реактор-метантенк 1-6 загружали отходы птицефабрики влажностью 80, 82, 85, 88, 90 и 92% соответственно, герметично закрывали и устанавливали в пустую водяную баню, заливали теплоносителем. Устанавливали нагревательный элемент. К реакторам-метантенкам подключали газгольдеры, из которых предварительно был откачан воздух.

Обогрев реакторов-метантенков осуществляли ежедневно. Со временем в газгольдере появлялся газ, о чем свидетельствует подъем его купола. Образующийся газ ежедневно отбирали и направляли на анализ. Сбраживание сырья проводили в течение 20 дней. Ограничение времени сбраживания объясняется экономией энергоресурсов. После окончания сбраживания содержимое метантенков отправляли на анализ, а установку вновь загружали для проведения 2 серии опытов.

Состав газовой смеси, отобранной из установки, определяли хроматографическим методом. Для анализа использовали хроматограф ЛХМ-80 стандартной комплектации. Основные параметры настройки хроматографа: газ носитель – аргон, сорбент – полисорб-1, длина колонки – 2 м, диаметр колонки – 3 мм, объем газовой петли –  $0,1237 \text{ мл}$ , объем отбираемой пробы – 20 мл, температура колонки  $22-23^\circ\text{C}$ , ток детектора – 100 мА, делитель – 30, скорость газа-носителя – 10 мл/мин, оптимальная скорость ленты – 720 мм/ч. Разработанная методика определения соответствует ГОСТ 14920-79 «Газ сухой. Метод определения компонентного состава».

Определение вещественного состава получаемого газа – качественный анализ – проводили с использованием эталонных соединений:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$  и поверочной смеси: 28%  $\text{CO}_2$ , 72%  $\text{CH}_4$ . Определение соответствия каждому веществу времени удерживания определяли методами добавки и сравнения. Расчет состава смеси проводили методом внутренней нормализации

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На начальном этапе проведения сбраживания (2-3 дня) наблюдалось интенсивное выделение газа, в дальнейшем объем выделяющегося газа уменьшался. Причина – изменение состава газа в течение сбраживания. Динамика изменения состава биогаза в течение сбраживания представлена на рис. 3.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ СЫРЬЯ НА ВЫХОД И СОСТАВ ПРОДУКТОВ АНАЭРОБНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПТИЦЕФАБРИК

Во всех метантенках наблюдалось уменьшение содержания смеси кислорода и азота в биогазе, что свидетельствует об окислении органических веществ биомассы кислородом, находящимся в герметизированном метантенке. По этой же причине наблюдалось увеличение в первые дни содержания углекислого газа – продукта окисления.

При анаэробном сбраживании сырья влажностью 80% в первые 2 дня наблюдалось интенсивное окисление, что привело к росту концентрации углекислого газа до 82%. На 6 день содержание  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$  в биогазе менялось незначительно. Концентрация же метана менялась на всем протяжении эксперимента без установленной зависимости. Вышеуказанное свидетельствует о нестабильности протекающих в метантенке анаэробных процессов.

Во 2-ом метантенке также в первые 2 дня интенсивно окислялись органические вещества с повышением содержания  $\text{CO}_2$  до 80%, в это же время в биогазе появлялось небольшое количество метана. На 3-4 день наблюдалось максимальное содержание углекислого газа, после чего его концентрация уменьшалась за 10 дней на 60,5% (6% в сутки), после чего содержание его менялось менее интенсивно (0,7% в сутки). В связи с этим за 4-14 сутки содержание метана в газе увеличилось с 8,4 до 70,2% (6,2% в сутки), после чего интенсивность образования снизилась до 0,8% в сутки. Данное явление можно объяснить существованием аэробных, кислотообразующих и метанообразующих бактерий. На первом этапе происходит окисление органической массы кислородом воздуха с участием аэробных микроорганизмов. При этом расходуется кислород воздуха и образуется углекислый газ, в результате чего при герметичности в метантенке создаются условия для развития анаэробных бактерий, которые в свою очередь подразделяются на кислотообразующие (перерабатывающие сложные вещества в более простые кислоты и выделяющие  $\text{CO}_2$ ) и метанообразующие (потребляющие кислоты с образованием  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$ ). Таким образом, в рассматриваемом случае в первые 2 дня наблюдалось интенсивное развитие аэробной микрофлоры и незначительный рост анаэробных микроорганизмов (преимущественно кислотообразующих). Со 2 по 4 сутки аэробные процессы свелись к минимуму, активизировались кислотообразующие бактерии, в результате чего в биомассе накапливалось необходимое количество органических кислот для интенсивного развития метанообразующих микро-

организмов.

Аналогичные данные получены при сбраживании отходов индюшек влажностью 85%. Однако интенсивное изменение содержания  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  в этом случае наблюдалось на 6-10 сутки (более интенсивное, чем при влажности 82%). Данный факт объясняется увеличением влажности биомассы, что способствует развитию микроорганизмов.

Значительно отличаются от выше рассмотренных зависимостей анаэробная переработка сырья влажностью 88-92%. Как видно в первые дни содержание  $\text{O}_2$  и  $\text{N}_2$  в биогазе уменьшалось незначительно – в среднем до 55%, после чего аэробные процессы замедлялись. Выделение метана из биомассы протекало без видимых ускорений. Содержание углекислого газа в биогазе после 4 суток в метантенке 4 незначительно уменьшалось, в 5 – практически оставалось на прежнем уровне, а в 6 – вообще повышалось. Указанные нарушения в анаэробном процессе являются последствием осаждения. Так в метантенках 4-5 наблюдалось интенсивное осаждение твердых частиц биомассы на дно метантенка и дальнейшее его уплотнение в течение суток.

Осаждение, с одной стороны, улучшает анаэробные процессы, протекающие в массе, но с другой стороны, уплотнение массы угнетает развитие микроорганизмов, одним из условий которого является достаточная обводненность. В связи с этим в конструкции метантенков необходимы дополнительные устройства перемешивания или взбалтывания, что ведет к удорожанию установки.

В таблице представлены обобщенные данные по выходу газообразных продуктов.

Таблица 1

Выход и состав горючего газа

Влажность материала, %	Объем всего газа, л	Горючий газ	
		Объем, л	Среднее содержание $\text{CH}_4$ , %
80	13,0	-	-
82	4,5	6	69,2
85	3,6	5	65,6
88	9,3	-	-
90	10,5	-	-
92	8,9	-	-

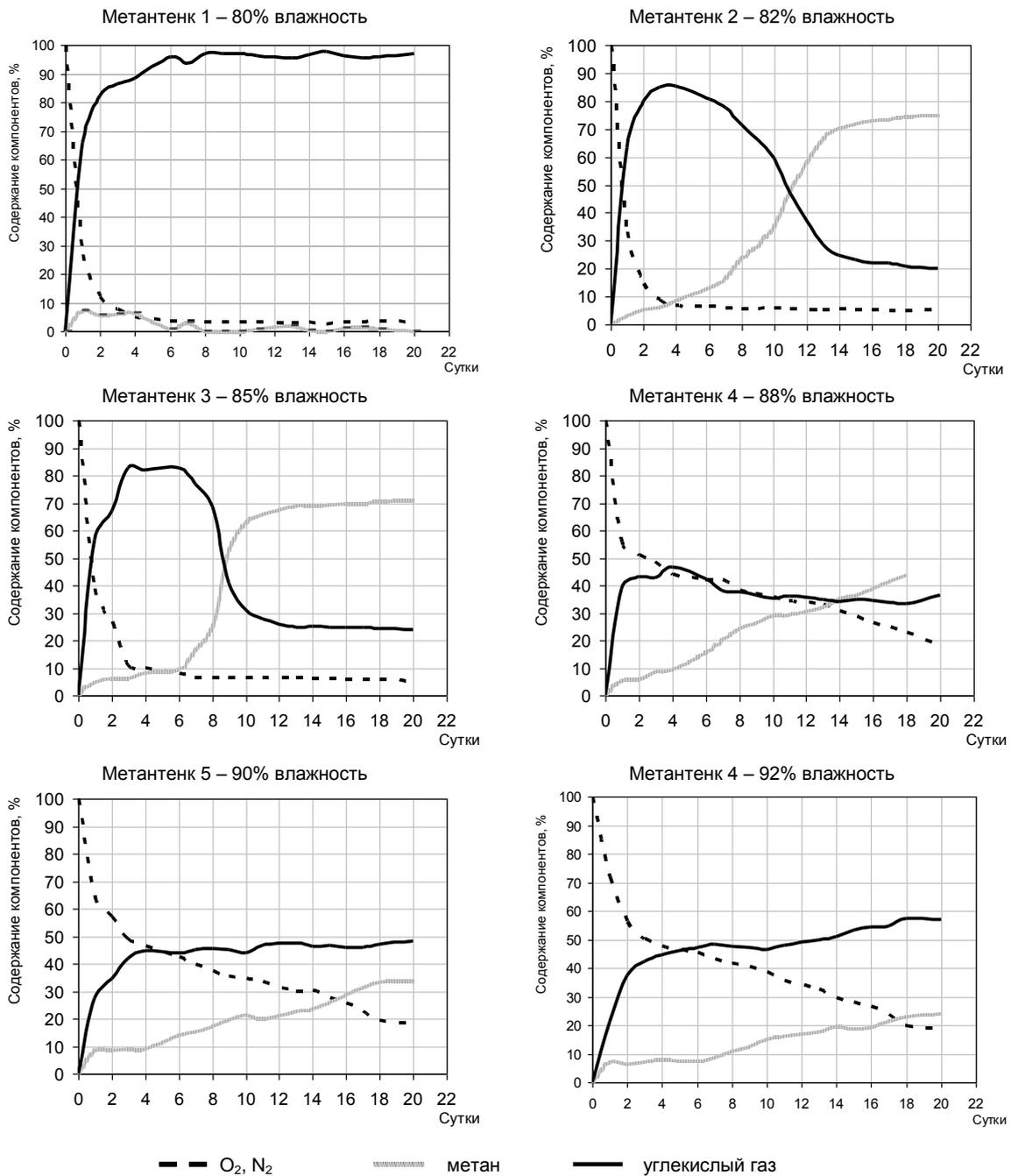


Рисунок 3. Динамика изменения состава газа при анаэробном сбраживании

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как показал проведенный эксперимент, с точки зрения получения горючего газа более эффективно сбраживание помета индюшек влажностью 82-85%, так как именно в этом случае возможно получение горючего газа с содержанием метана до 75%.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гринин А.С., Новиков В.Н. Промышленные и бытовые отходы: Хранение, утилизация, переработка. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2002. – 336 с.
2. Стеблинин А.Н. // Достижения науки и техники АПК. – 2006. – № 2. – С. 39-41.
3. Вавилин В.А. // Природа. – 2008. – № 11. – С. 14-20.