

**Влияние основных рабочих параметров процесса анаэробного сбраживания  
на количественный выход биогаза**

Р.Л. Шакиров, магистрант гр. 1184, I – курс

Научный руководитель: С.М. Найман, к.б.н., профессор

Р.Р. Шарипов, аспирант

Научный руководитель: С.М. Найман, к.б.н., профессор

А.В. Чиннов, магистрант гр. 1184, I – курс

Научный руководитель: В.М. Гуреев, д.т.н, профессор

Казанский национальный исследовательский технический университет им.

А.Н. Туполева

г. Казань

Цель данной работы - провести анаэробное сбраживание биологически разлагаемых фракций твердых коммунальных отходов и отходов крупнорогатого скота (КРС) и получить биогаз, а также исследовать влияние основных рабочих параметров анаэробного сбраживания на производительность биореактора по биогазу.

Анаэробное сбраживание (АС) - биологическое разложение органических субстанций, которое протекает в бескислородной среде под действием анаэробных микроорганизмов. Включает в себя четыре этапа: гидролиз, кислотогенез, ацетогенез и метаногенез. АС протекает в специальных устройствах - биореакторах, в которых температура поддерживается в диапазоне от 30°C до 65°C.

В данной работе исследовались такие рабочие параметры, как температура, время удерживания биомассы в реакторе и перемешивание.

**1. Температура**

Процесс анаэробного разложения органической составляющей может протекать в двух температурных режимах:

- Мезофильный: температура в диапазоне от 20 °C до 45 °C, обычно 35 °C.
- Термофильный: температура в диапазоне от 50 °C до 65 °C, обычно 55 °C

Оптимальная температура может варьироваться в зависимости от состава сырья и типа биореактора, однако для обеспечения производительности реактора по биогазу необходимо поддерживать температуру постоянной.

**2. Время удерживания (пребывания) в биореакторе**

Время удерживания это время необходимое для достижения полного разложения органической субстанции. Время варьируется в зависимости от типа применяемой технологии, температуры процесса и состава отходов.

Время пребывания отходов в биореакторе, заключается в пределах от 10 до 40 дней для мезофильных условий и 12 -14 дней для термофильных.

### 3. Перемешивание

Процесс перемешивания внутри биореактора увеличивает контакт между микроорганизмами и субстратом, происходит смешивание свежей массы с перебродившим органическим осадком, который содержит микроорганизмы. Кроме того, перемешивание предотвращает образование пены, пленки на поверхности и позволяет избежать перепада температур внутри биореактора. Однако чрезмерное перемешивание может привести к уничтожению бактерий, именно поэтому медленное перемешивание является предпочтительным.

### Экспериментальная часть

Для проведения АС в качестве биологически разлагаемых фракций твердых коммунальных отходов используются пищевые отходы, а также отходы крупнорогатого скота (КРС).

Лабораторная установка для анаэробного сбраживания включает в себя емкости для проведения анаэробного сбраживания объемом 250 мл, емкости для сбора биогаза объемом 500 мл, систему отвода биогаза и перемешивающее устройство. Количество проб: 9 штук (по три пробы на каждый компонентный состав). В процессе эксперимента использовались 9 проб. Каждый тип отходов включал в себя три пробы.

Таблица 1  
Основные рабочие параметры процесса АС

Рабочие параметры процесса АС	Тип отходов		
	Пищевые отходы	Отходы КРС	Пищевые отходы + отходы КРС
Состав пробы	200 гр + 20 гр воды	200 гр + 20 гр воды	100 гр пищевых отходов + 100 гр отходов КГС + 20 гр воды
Температурный режим	Мезофильный 20 °C	Мезофильный 20 °C	Мезофильный 20 °C
Перемешивание в процессе АС	нет	нет	нет
Время удерживания	10 суток	10 суток	10 суток
Давление	768 мм рт. ст.	768 мм рт. ст.	768 мм рт. ст.

В результате 10 суток анаэробного сбраживания отходов мы получили следующие результаты:

Таблица 2

Выход биогаза в процессе АС пищевых отходов

Тип отходов		Пищевые отходы									
Время удерживания (сутки)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Выход биогаза (мл)*		0	0	5	14	21	29	33	41	60	65

\* - в таблице представлены результаты пробы с максимальными значениями по биогазу

Таблица 3

Выход биогаза в процессе АС отходов КРС

Тип отходов		Отходы КРС									
Время удерживания (сутки)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Выход биогаза (мл)*		15	22	45	65	78	110	130	138	152	168

\* - в таблице представлены результаты пробы с максимальными значениями по биогазу

Таблица 4

Выход биогаза в процессе АС смешанных отходов

Тип отходов		Смешанный тип: Пищевые отходы + отходы КРС									
Время удерживания (сутки)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Выход биогаза (мл)*		70	95	132	148	173	205	233	258	268	291

\* - в таблице представлены результаты пробы с максимальными значениями по биогазу

Далее мы изменили температурный режим (мезофильный на термофильный), перемешивали массу 2 раза в день, и сократили время удержания субстрата в биореакторе в 2 раза.

Таблица 5

Основные рабочие параметры процесса АС

Тип отходов				
Рабочие параметры процесса АС		Пищевые отходы	Отходы КРС	Пищевые отходы + отходы КРС
Состав пробы	200 гр + 20 гр воды	200 гр + 20 гр воды	200 гр + 20 гр воды	100 гр пищевых отходов + 100 гр отходов КГС + 20 гр воды
Температурный режим	Термофильный 50 °C	Мезофильный 50 °C	Мезофильный 50 °C	Мезофильный 50 °C
Перемешивание в процессе АС	2 раза в сутки			
Время удерживания	5 суток	5 суток	5 суток	5 суток
Давление	768 мм рт. ст.			

В данном эксперименте мы получили следующие результаты:

Таблица 6  
Выход биогаза в процессе АС пищевых отходов

Тип отходов	Пищевые отходы				
Время удерживания (сутки)	1	2	3	4	5
Выход биогаза (мл)*	2	5	27	46	78

\* - в таблице представлены результаты пробы с максимальными значениями по биогазу

Таблица 7  
Выход биогаза в процессе АС отходов КРС

Тип отходов	Отходы КРС				
Время удерживания (сутки)	1	2	3	4	5
Выход биогаза (мл)*	35	44	90	135	153

\* - в таблице представлены результаты пробы с максимальными значениями по биогазу

Таблица 8  
Выход биогаза в процессе АС смешанных отходов

Тип отходов	Смешанный тип: пищевые отходы + отходы КРС				
Время удерживания (сутки)	1	2	3	4	5
Выход биогаза (мл)*	81	136	197	251	302

\* - в таблице представлены результаты пробы с максимальными значениями по биогазу

Выводы: в результате данного исследования мы провели анаэробное сбраживание биологически разлагаемой фракции твердых коммунальных отходов, а также отходов КРС (животный навоз), получив биогаз.

1. Количествоный выход биогаза в мезофильном режиме при отсутствии перемешивания и времени удерживания 10 дней

- для пищевых отходов составил 65 мл;

- для отходов КРС составил 168 мл;

- для смешанных в равном количестве пищевых отходов и отходов КРС составил 291 мл.

2. Количествоный выход биогаза в термофильном режиме при перемешивании 2 раза в день и времени удерживания 5 дней

- для пищевых отходов составил 78 мл;

- для отходов КРС составил 153 мл;

- для смешанных в равном количестве пищевых отходов и отходов КРС составил 302 мл.

3. Количествоный выход биогаза в процессе анаэробного сбраживания в двух различных температурных режимах оказался приблизительно равным. В

термофильном режиме время биодеструкции органических субстанций сокращается приблизительно в 2 раза, однако требует больших затрат энергии (перемешивание, нагревание).

4. Перемешивание в процессе анаэробного сбраживания увеличивает площадь соприкосновения метангенерирующих бактерий с органической массой, что увеличивает производительность установки по биогазу.

### Список литературы

1. Найман С.М. Биоэнергетические технологии и рациональное природопользование // Экология и промышленность России, 2014, № 9. - С. 56 – 61.
2. Найман С. М. и др. Техника и технология переработки и утилизации отходов. – Казань: изд-во Казанского гос. техн. ун-та, 2011, 411 с.