

# Вторичные энергетические ресурсы

Сухоцкий Альберт Борисович

**БИОХИМИЧЕСКАЯ  
ПЕРЕРАБОТКА ТОПЛИВА**  
**Технология анаэробной  
переработки**

Биомассу с достаточно высокой влажностью (более 60%) целесообразно подвергать анаэробному способу переработки.

В результате этого не только исключается загрязнение окружающей среды и производится топливо (биогаз), но и получается высокоэффективные органические удобрения.

Сырьем для получения биогаза может служить:

- животноводческие отходы - навоз крупного рогатого скота, свиней, птичий помет;
- отходы пищевой промышленности, канализационные стоки;
- отходы растительного происхождения - силос, солома, свекольный жом, стебли подсолнечника и кукурузы, садовые отходы.

# Технология анаэробной переработки

В естественных условиях разрушение любых видов биомассы, в том и навоза животных, происходит путем разложения на элементарные соединения под действием разлагающих организмов, грибков и бактерий.

Для этого процесса предпочтительна сырость, тепло и отсутствие света.

На конечной стадии разложение биомассы может происходить под действием бактерий:

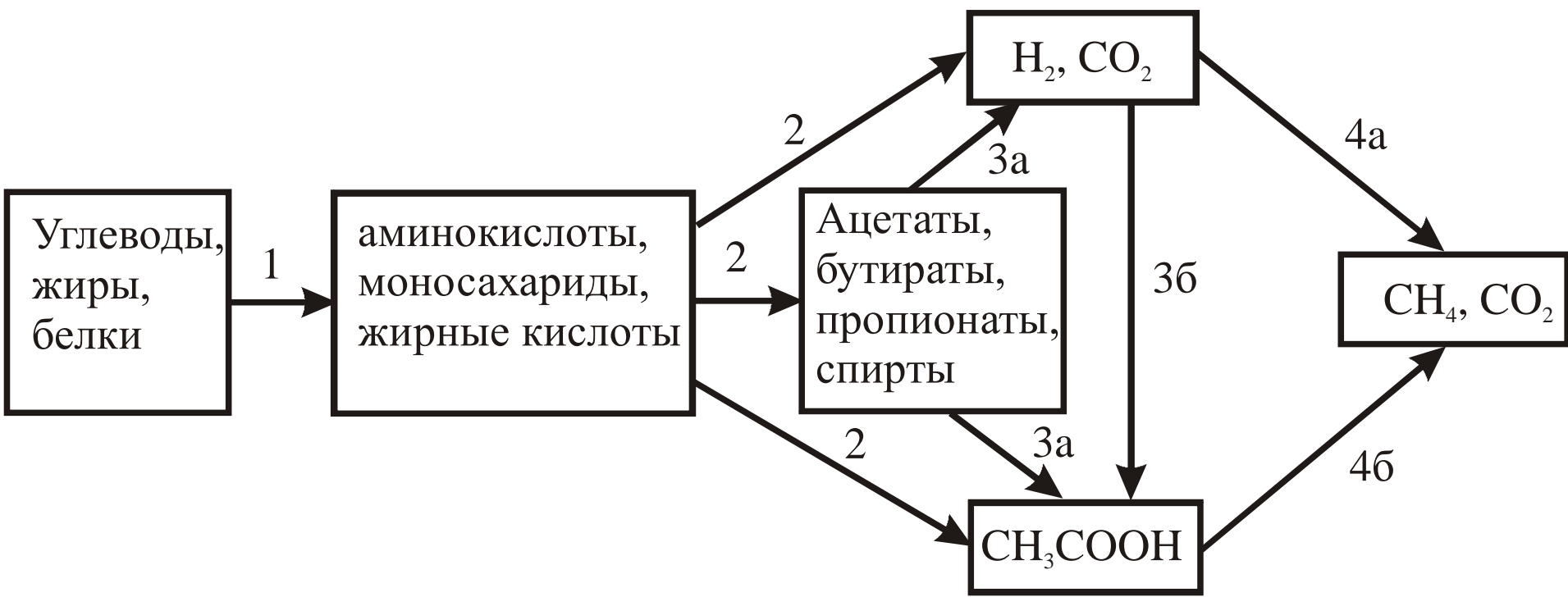
- аэробных – в присутствии кислорода и получением углекислого газа  $\text{CO}_2$ ,
- анаэробных – в отсутствии кислорода и получением смеси углекислого газа  $\text{CO}_2$  и метана  $\text{CH}_4$  (биогаз).

Биохимические процессы при анаэробном сбраживании идут в четыре стадии, причем с различными типами бактерий:

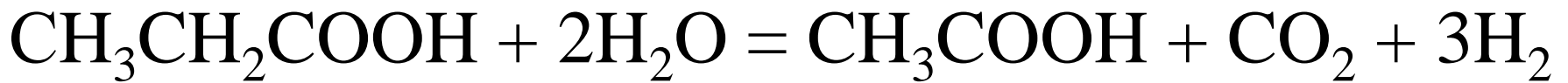
1. Ферментативный гидролиз — расщепляются нерастворимые биологические материалы (например, целлюлоза, полисахариды, жиры) на низкомолекулярные органические соединения (аминокислоты, моносахариды, жирные кислоты). При температуре 25°C, время — около 12 часов.

2. Кислотогенная – бактерии образуют уксусную и пропионовую кислоты, спирт, углекислый газ, водород, аммиак. При температуре 25°C, время – около 12 часов.
3. Ацетогенная – превращение жирных кислот, аминокислот и спиртов в уксусную кислоту. При температуре 25°C, время – около суток.
4. Метаногенная – бактерии вырабатывают метан и углекислый газ. При температуре 25°C, время – около 14 суток.





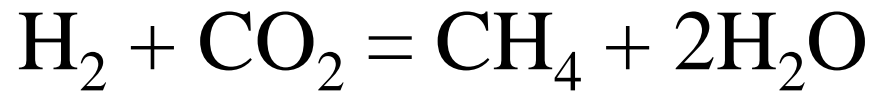
3а – ацетогены, образующие уксусную кислоту и водород, например, из пропионовой и масляной кислоты



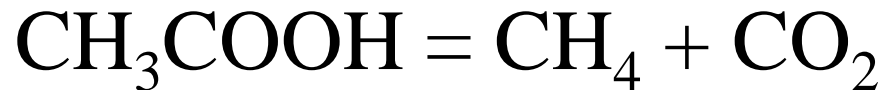
3б – ацетогены, использующие водород и углекислый газ для образования уксусной кислоты



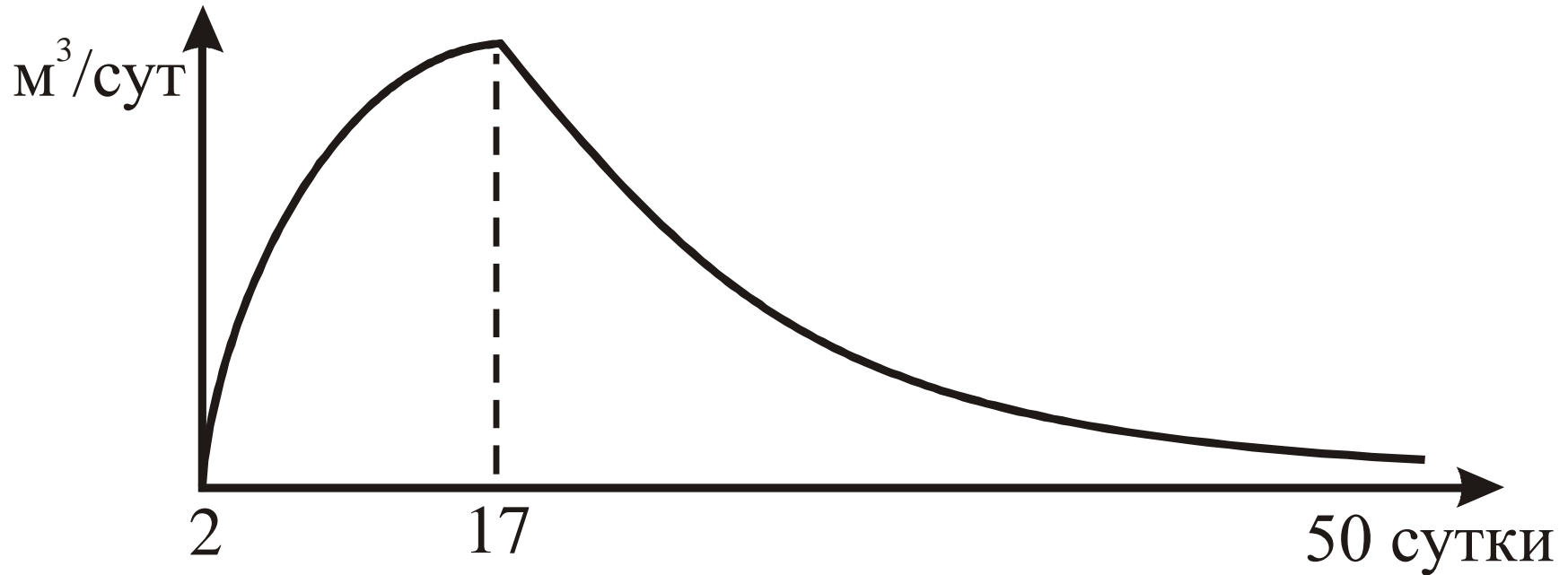
4а – метаногены, использующие водород и углекислый газ (28%)



4б – метаногены, использующие уксусную кислоту (72%)



## Удельный выход биогаза в сутки



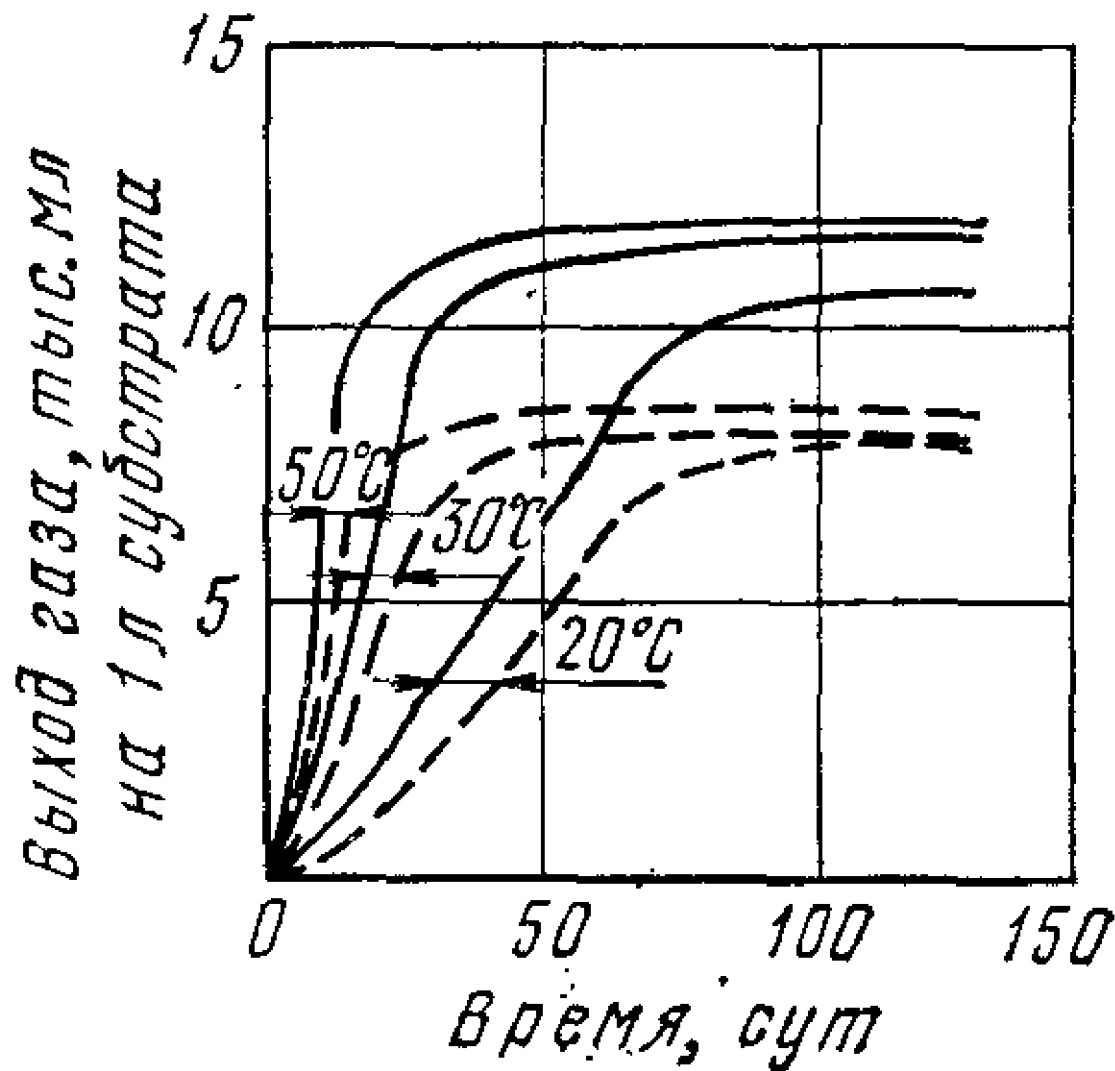
Удельный выход газа в сутки сначала резко увеличивается, а затем по достижению максимума постепенно уменьшается.

Через 50-100 суток выход газа полностью прекращается.

# Факторы, влияющие на процесс брожения

## 1. Температура

Чем выше температура, тем больше скорость сбраживания и больше выход биогаза, но меньше в газе доля метана.



Сбраживание может происходить при различных температурах (до 54°C). Различают три уровня температуры сбраживания:

1. психрофильный – температура около 20°C,
2. мезофильный – температура около 30-40°C,
3. термофильный – температура около 50-60°C.

В процессе сбраживания выделяется тепло порядка 1,5 МДж на 1 кг сухой массы. Это обычно недостаточно для необходимого повышения температуры сбраживаемой массы.

## 2. Питательная среда.

- влажность 95%.
- рН в диапазоне 6,6-7,6 (обычно корректируется известью),
- содержание фосфора около 2% от сухой массы сырья.
- соотношение углерода и азота C/N = 10-16.

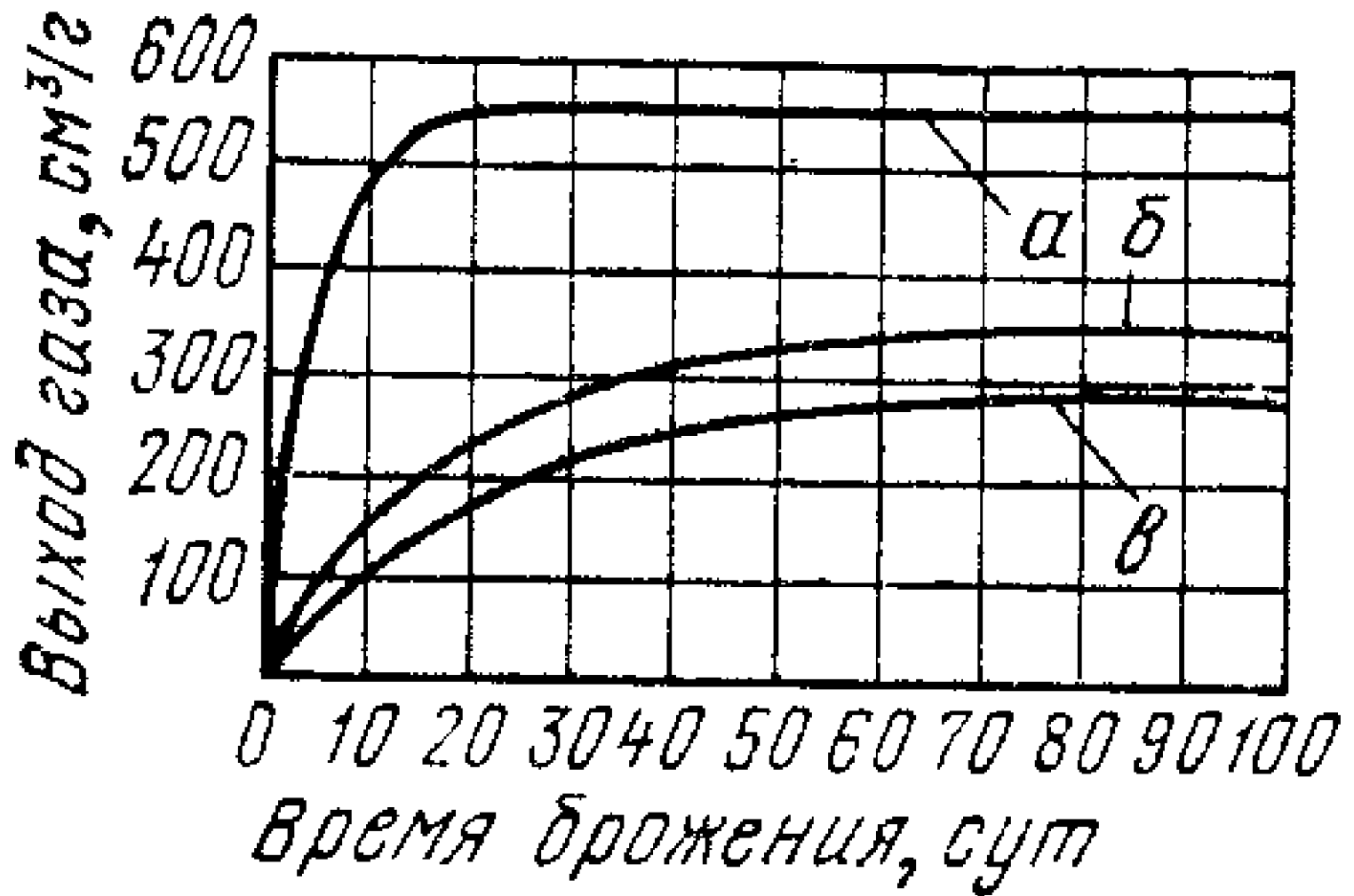
## **Исходное сырье.**

При производстве зерновых на каждую тонну продукта получается около 1,4-1,6 тонн соломы.

Одна свинья в год выдает около 1,5 тонн экскрементов, корова – 11 тонн.

Энергия растений, идущих на корм животным, используются последними лишь на 30-40%, остальная же часть органического вещества идет в навоз.





а – трава и ботва, б – солома, в – экскременты.

Сырье	Содержание фосфора, %	Соотношение углерода и азота C/N
Опт. сырье	~2	10-16
Экскременты животных	0,2-2,7	9-15
Солома	0,08-0,19	70-165
Ботва	0,2-0,26	16-18
Городские сточные воды	4	18-25
Сырые опилки	0,01-0,1	200