

# Вторичные энергетические ресурсы

Сухоцкий Альберт Борисович

# **БИОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ТОПЛИВА**

**Технологии производства  
биогаза**

**Экономическая эффективность  
получения биогаза**

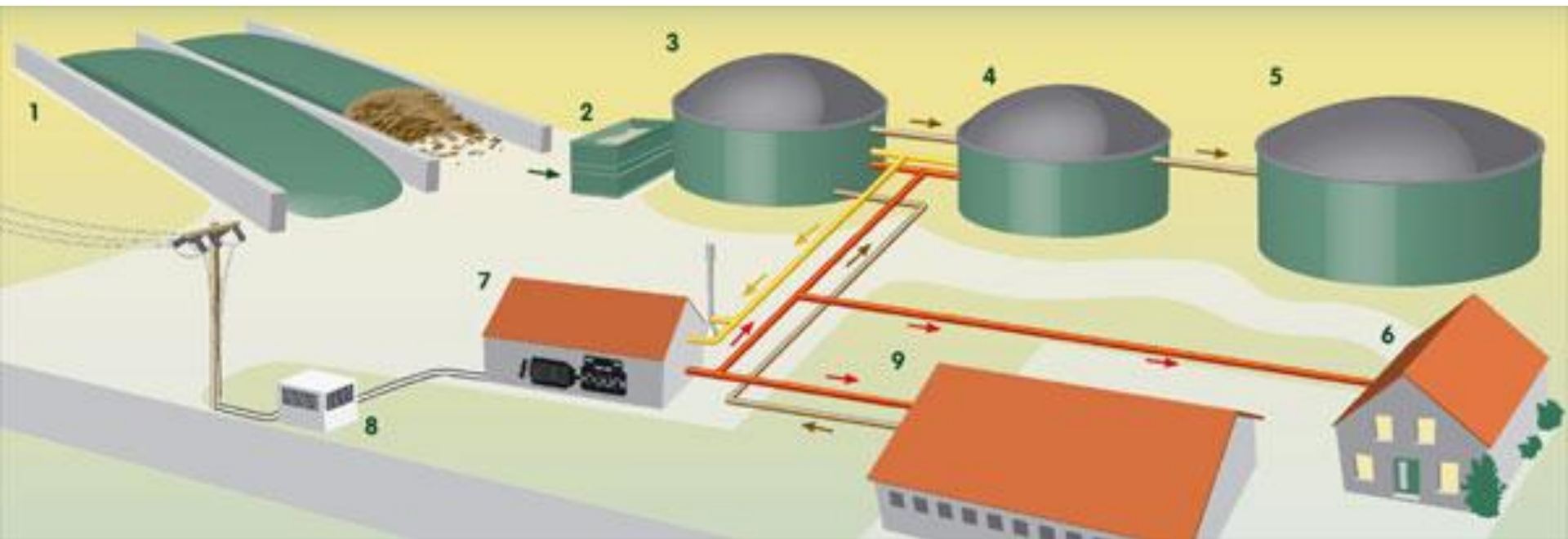
**Подготовка к использованию  
биогаза**

# Технологии производства биогаза

Получили распространение две технологии производства биогаза:

- с использованием небольших объемов (50-200 кг) органического сырья при высоких температурах 40-60°C в специальных устройствах – биогазогенераторах (метантенках).
- с использованием больших объемов при невысоких температурах 15-30°C в специальных емкостях или на полигонах.

# Основные технологические блоки биогазовой установки:



1 - силосные ямы; 2 - система загрузки биомассы; 3 - реактор с перемешивающими устройствами; 4 - реактор дображивания; 5 - субстратер; 6 - система отопления; 7 - силовая установка; 8 - система автоматики и контроля; 9 - система газопроводов.

# Метантенки

Метантенки выполняют из

- железобетона,
- стали,
- полимерных материалов.

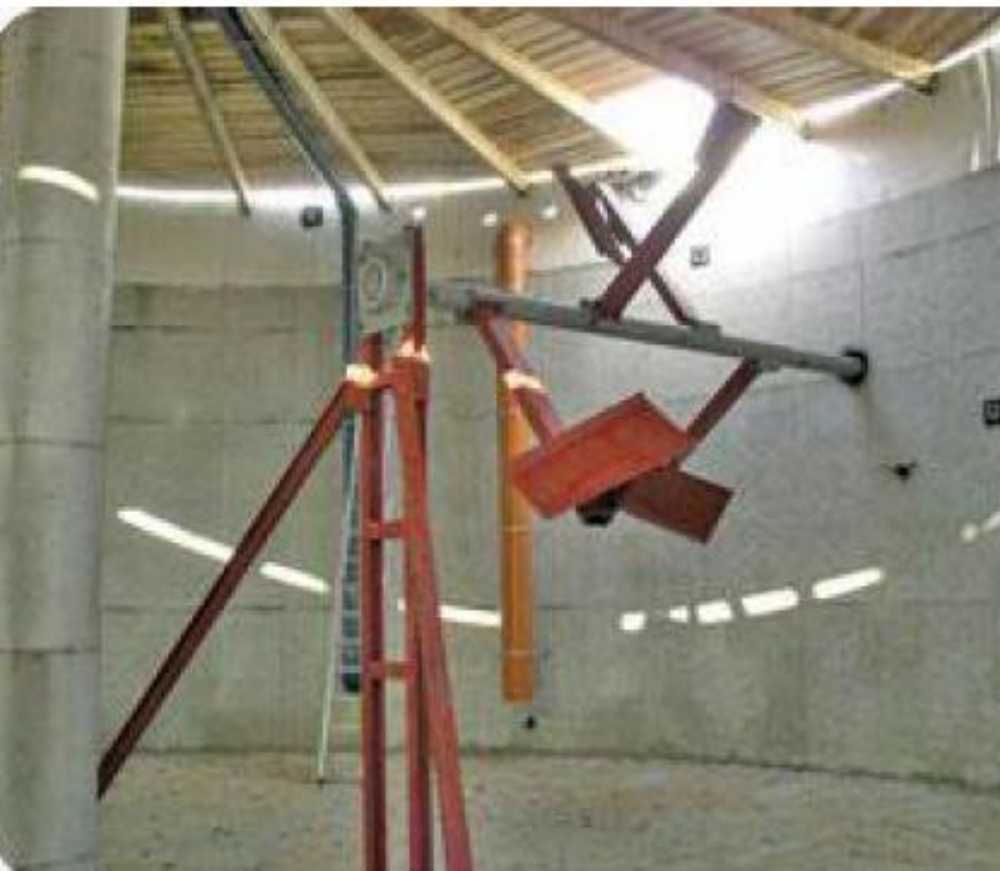
Метантенки могут иметь разную форму, от кубической до цилиндрической.

Наибольшее распространение получили метантенки яйцеобразной конструкции и цилиндрической с конусным основанием.

# Перемешивание биомассы

Перемешивание осуществляется:

- механическими мешалками различной формы,
- гидравлическими насадками за счет энергии струи, перекачиваемого насосом сброживаемого навоза, или рециркуляцией,
- избыточным давлением биогаза, пропускаемого через барботер или трубку, расположенную в нижней части редуктора.



# Подогрев биомассы

Как правило, органическую массу в метантенках подогревают за счет сжигания образующегося биогаза.

В среднем на поддержание требуемой температуры брожения расходуется биогаза

- 15-20 % (мезофильный процесс),
- 30-50 % (термофильный процесс).



Время продолжительности процесса брожения выбирают равное времени разложения до 40-50% органических веществ (от 8 до 20 суток).

| Экскременты отдельных видов животных | Загрузка реактора, кг органического вещества на 1 м <sup>3</sup> в сутки | Время пребывания массы в реакторе, сут | Степень разложения массы, % |
|--------------------------------------|--|--|-----------------------------|
| Дойные коровы                        | 6,0  | 15                                     | 40                          |
| Бычки на откорме                     | 4,5  | 10                                     | 40                          |
| Свины                                | 3,0  | 10                                     | 50                          |
| Куры-несушки                         | 1,5  | 50                                     | 55                          |

# Методика определения технических параметров биогазагенератора

1. Объем навозоприемника:

$$V_{\text{H}} = k \cdot m_{\text{сут}} \cdot t_{\text{сб}} / \rho_{\text{H}},$$

где  $m_{\text{сут}}$ , кг/сут;  $\rho_{\text{H}} = 1020-850$  кг/м<sup>3</sup>;  
 $t_{\text{сб}} = 8-20$  суток;  $k = 1,5$ .

$$m_{\text{сут}} = m_{0\text{сут}} / (1 - \omega_{\text{H}})$$

2. Объем метантенка:

$$V_M = (t_{сб} \cdot m_{0сут} / (1 - \omega_c)) / \rho_c = t_{сб} \cdot m_{0сут} \cdot \upsilon,$$

где  $\omega_c = 0,95$ ;  $\rho_c = 1020$  кг/м<sup>3</sup>,  $\upsilon = 0,02$  м<sup>3</sup>/кг.

3. Суточный выход биогаза:

$$B_{\delta} = m_{0сут} \cdot b, \text{ м}^3/\text{сут},$$

где  $b = 0,2-0,6$  м<sup>3</sup>/кг.

4. Общая тепловая энергия получаемого биогаза:

$$Q_{\text{общ}} = B_{\delta} \cdot Q_{\delta}, \text{ МДж/сут},$$

где  $Q_{\delta} = 20-25$  МДж/м<sup>3</sup>.

5. Расход теплоты на собственные нужды:

$$Q_{\text{с.н.}} = 1,06 c_{\text{н}} \cdot m_{0\text{сут}} \cdot \nu \rho_{\text{н}} (t_2 - t_1) / \eta, \text{ МДж/сут,}$$

где  $c_{\text{н}} = 0,00406 \text{ МДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $\eta = 0,7$ .

6. Общее количество биогаза, идущего на собственные нужды:

$$V_{\text{с.н.}} = Q_{\text{с.н.}} / Q_{\text{б}}, \text{ м}^3/\text{сут.}$$

7. Выход товарного биогаза:

$$V_{\text{б.т.}} = V_{\text{б}} - V_{\text{с.н.}}, \text{ м}^3/\text{сут.}$$

8. Коэффициент расхода биогаза на собственные нужды (0,15-0,5):

$$\varphi_{\text{б}} = V_{\text{с.н.}} / V_{\text{б}}.$$

# Технологические схемы сбраживания

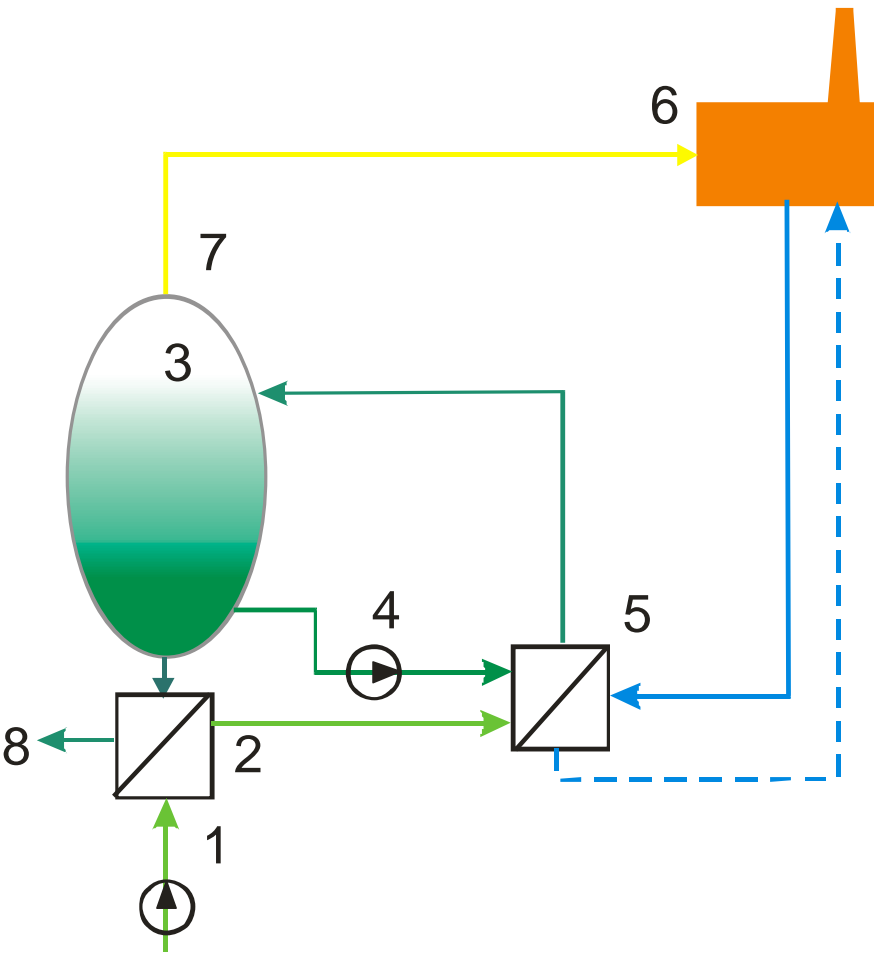
- одноступенчатая схема (время сбраживания 30-50 суток),
- двухступенчатая схема (15-20 суток).

## Двухступенчатая схема:

- уменьшает время сбраживания в два раза,
- увеличивает глубину дображивания осадка, и тем самым уплотняет его;
- не дает существенных преимуществ по выходу газа.

# Системы подогрева сырья

- внешняя,
- внутренняя.



- 1 – питательный насос,
- 2 – охладитель,
- 3 – метантенк,
- 4 – циркуляционный насос,
- 5 – подогреватель,
- 6 – котельная.

# Биогаз

Биогаз – смесь горючих газов (примерный состав: углекислый газ  $\text{CO}_2 = 27-45\%$ , метан  $\text{CH}_4 = 55-80\%$ , а так же малые примеси водорода  $\text{H}_2 = 1-1,5\%$  и сероводорода  $\text{H}_2\text{S} = 0,2-0,5\%$  (при наличии сероводорода имеется характерный запах). Теплота сгорания биогаза составляет  $20-25 \text{ МДж/м}^3$  или  $28-35 \text{ МДж/кг}$ . Выход газа составляет  $0,2-0,6 \text{ м}^3$  на  $1 \text{ кг}$  сухой органической массы.

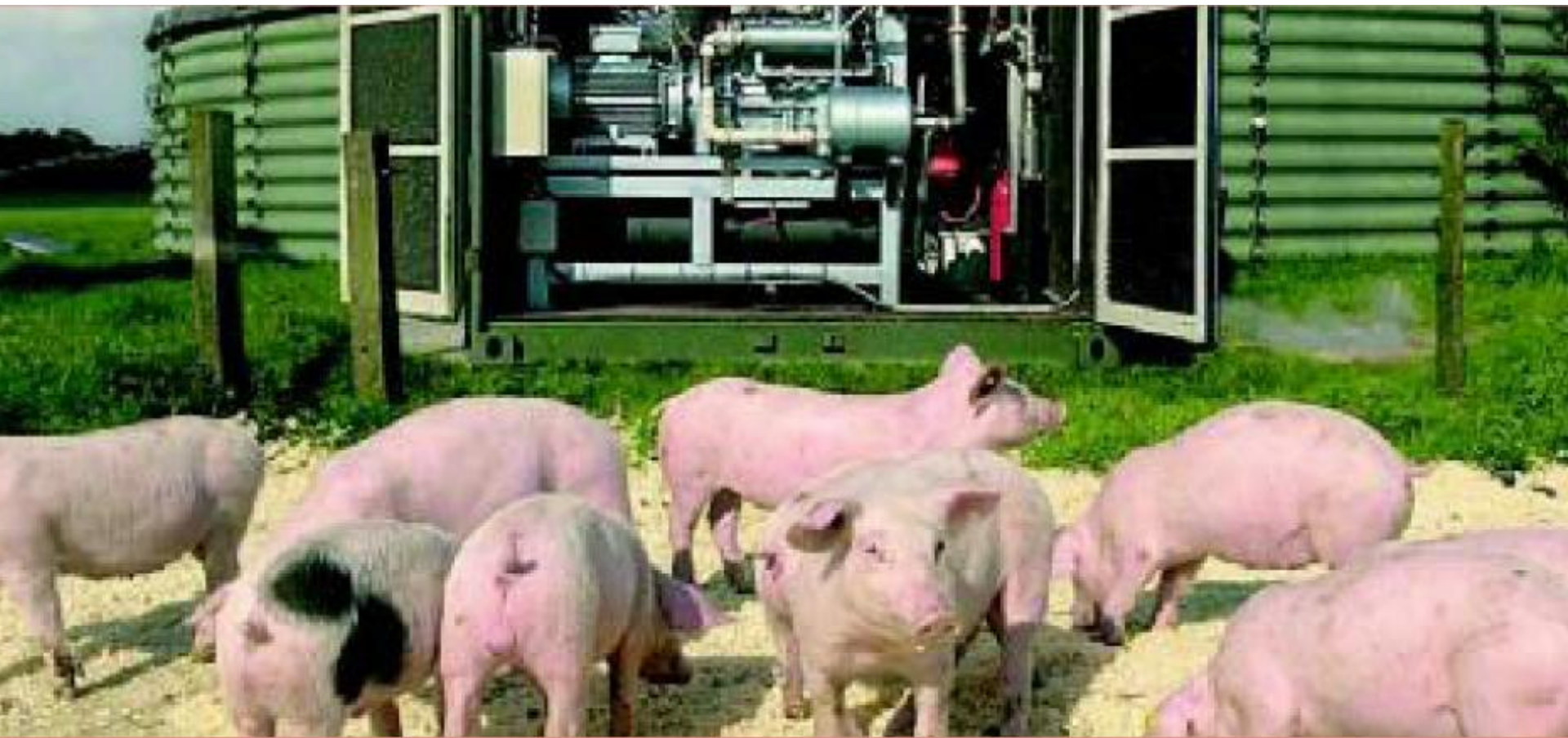
| Органические отходы | Выход $\text{CH}_4$ , $\text{м}^3/\text{кг}$ сухого вещества | Содержание $\text{CH}_4$ (%) |
|---------------------|--|------------------------------|
| Помёт индеек        | 0,640  | 62,0                         |
| Молочные отходы     | 0,625  | 82,0                         |
| Свиной навоз        | 0,580  | 77,5                         |
| Помёт кур           | 0,370  | 54,0                         |
| Навоз КРС           | 0,290  | 56,2                         |
| Навоз КРС+солома    | 0,220  | 52,0                         |



Биогазовая установка на барде г. Альтхайм  
(гидравлическая система перемешивания)



# Биогазовая установка на отходах свиного комплекса



# Биогазовая установка на силосе (шнековый загрузчик)



Шнековый загрузчик



Свежая трава

# Биогазовая установка на птичьем помете



# Экономическая эффективность получения биогаза

1. Получение эффективного топлива.
2. Снижение вредного экологического и социального воздействия отходов.
3. Получение дешевого и эффективного органического удобрения.

# Экологические и социальное воздействие отходов

Свиноводческий комплекс мощностью 108 тыс. голов ежедневно выделяет в атмосферу

1. 36 млрд. болезнетворных микробов (туберкулеза, бруцеллеза, лентоспироза ),
2. яйца гельминтов (аскарид, трихоцефалят, дикройцелей и стронголят).
3. 3600 кг аммиака,
4. 350 кг сероводорода.

Переработки отходов биогазовой установкой имеет следующие преимущества :

- быстрота обеззараживания (5-20 суток по сравнению с 6-12 месяцами в накопителе),
- из-за герметичности емкости переработка осуществляется без запаха,
- полная дегельминация – уничтожение яиц ГЕЛЬМИНТОВ,
- погибают 90% болезнетворных бактерий,
- погибают семена сорняков.

# Удобрения

Преимущества удобрений, полученных в биогазовой установке:

1. Большинство питательных веществ переходят в легкоусвояемую растениями минеральную форму.
2. Фосфор и калий практически полностью сохраняются в сброженной массе, а потери азота не превышают 5% (при аэробном сбраживании потери азота составляют около 40%).
3. Дезодорация – уничтожение запаха.



# Биоудобрения



3. значительно снижаются затраты на транспортировку и внесения в почву удобрения (из 80 т навоза получается всего 1 т удобрений)

4. снижаются энергозатраты и выбросы вредных веществ, обусловленные производством минеральных удобрений.

# Подготовка к использованию биогаза

При подготовке биогаза к использованию могут проводиться следующие мероприятия:

- удаление  $\text{H}_2\text{S}$  (обессеривание),
- удаление  $\text{CO}_2$ ,
- компримирование и сжижение.

# Обессеривание биогаза

проводят для удаление ядовитой части биогаза и для предотвращения сернокислотной коррозии в процессе сжигания биогаза.

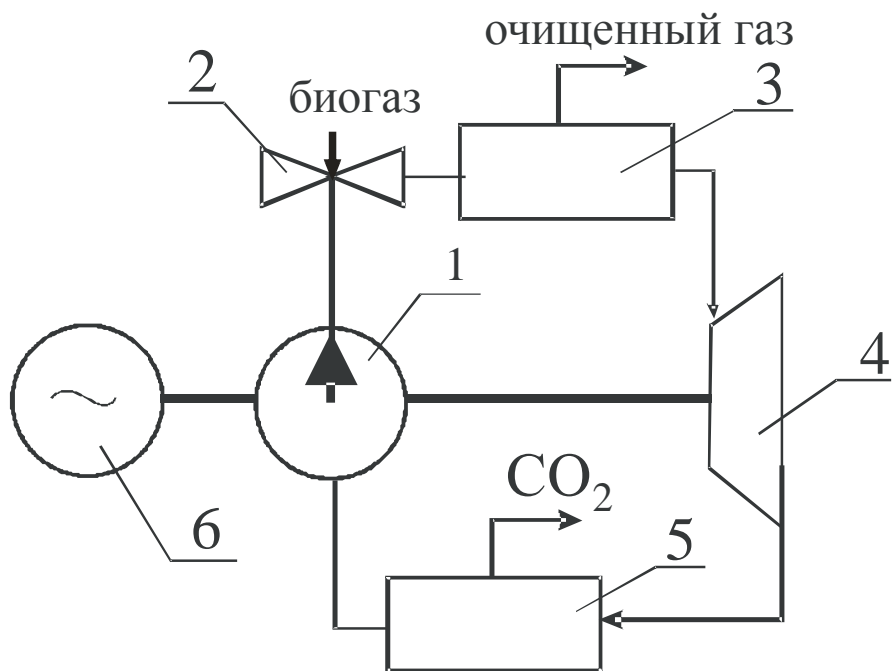
Каталитический метод



Регенерация



# Схема очистки биогаза от $\text{CO}_2$ методом абсорбции водой под давлением 1,6-3,0 МПа



- 1 – насос,
- 2 – инжектор,
- 3 – абсорбер,
- 4 – гидротурбина,
- 5 – десорбер,
- 6 – двигатель.

# Сжижение биогаза

При сжижение (при атмосферном давлении и температуре – 161°C) объем биогаза снижается примерно в 600 раз.

Недостатки:

- из-за большой дополнительной массы баллонов для переработаного газа,
- высокой стоимости сжижения биогаза.

# Аккумуляция биогаза

Для биогазовых установок небольших предприятий можно применять

- газгольдер высокого давления,
- мокрый газгольдер низкого давления,
- сухой газгольдер низкого давления.

## Газгольдеры высокого давления

обычно имеют сферическую форму и работают при рабочем давлении 0,8-1 МПа, имеют вместимость 20 - 100 000 м<sup>3</sup>.

Преимущества – небольшие габариты и отсутствие каких-либо движущихся частей.

Недостаток – необходимость в компрессорной установке.

Для использования биогаза в качестве топлива, требуется после газгольдера понизить его давление до 1-5 кПа.



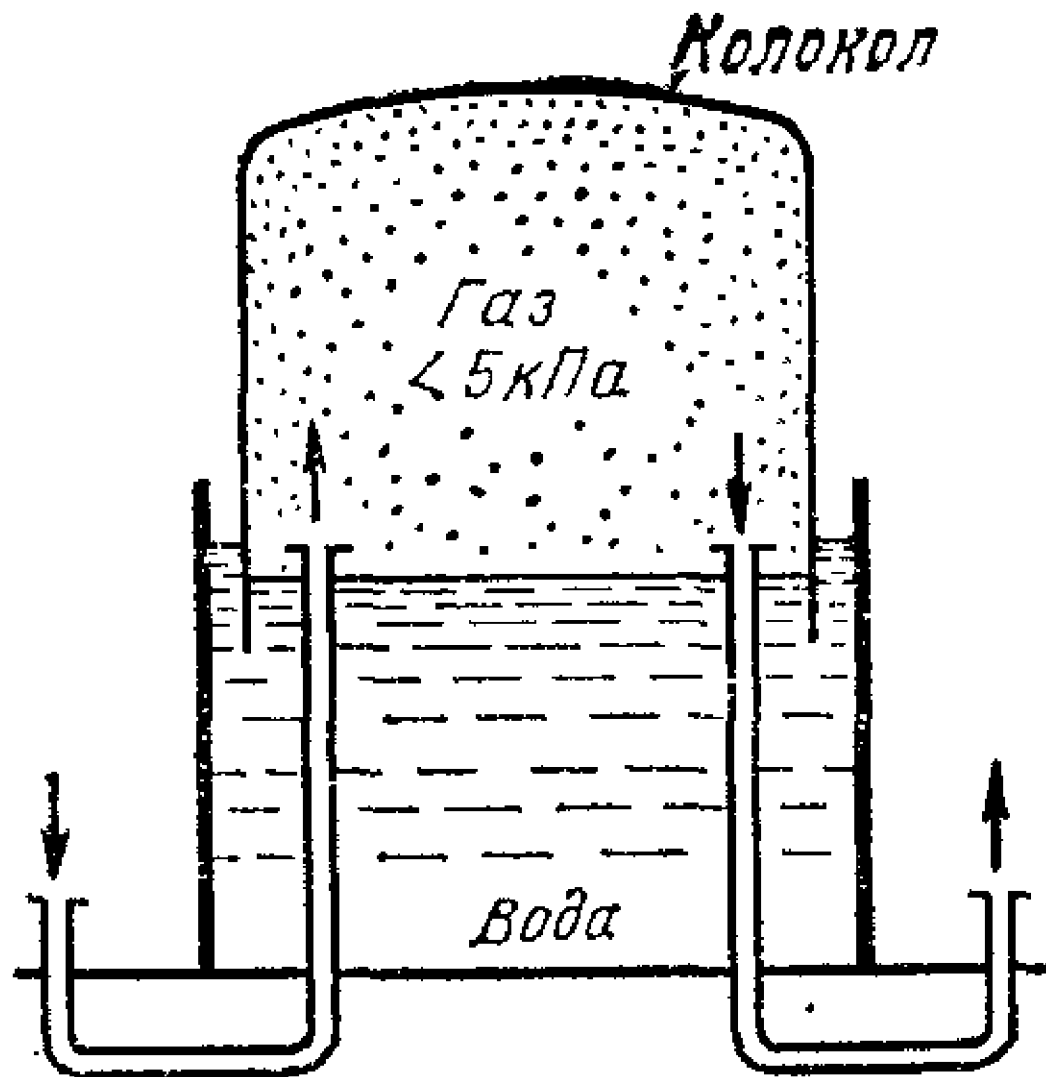
# Мокрый газгольдер низкого давления

ИМЕЮТ ВМЕСТИМОСТЬ  
500 – 300 000 м<sup>3</sup>.

$$p_{\text{изб}} = (m_{\text{к}} g) / S_{\text{к}}$$

$$V = mRT / p_{\text{абс}}$$

$$h = p_{\text{изб}} / (\rho g)$$

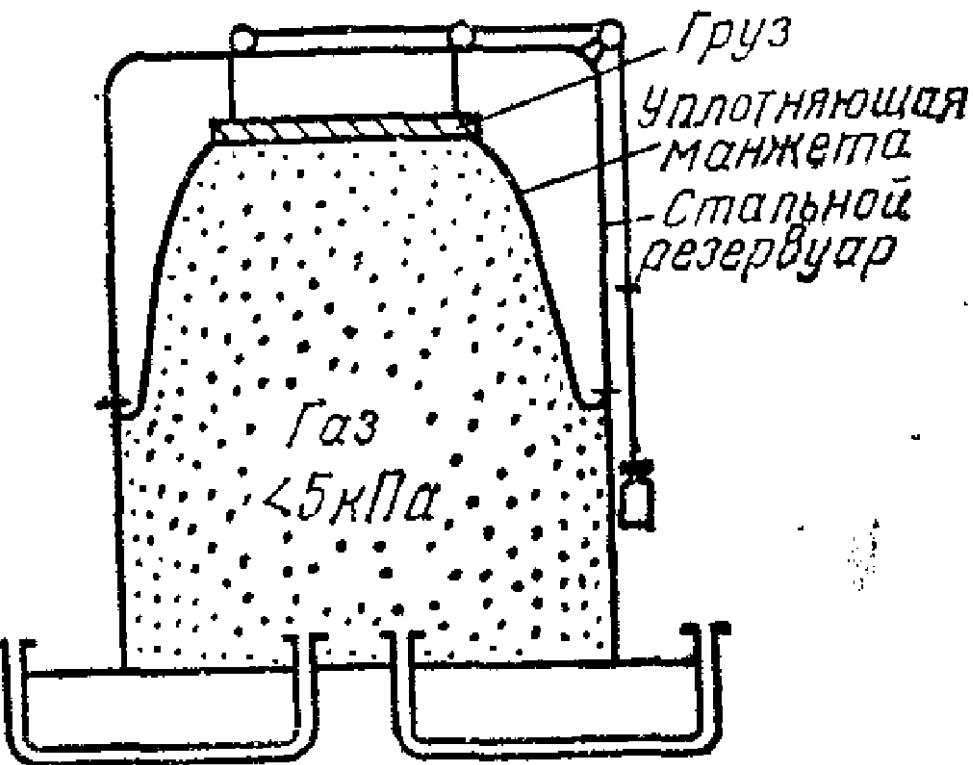


Недостаток – опасность замораживания зимой, что вызывает необходимость в их обогреве или применение незамерзающей жидкости.

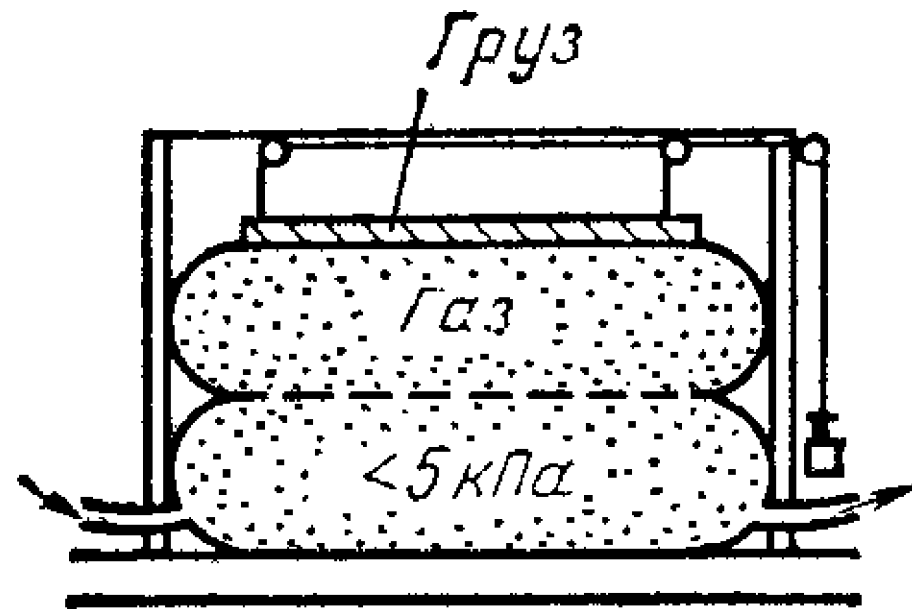
Достоинства – поддерживают постоянное давление, обусловленное весом колпака; простота и надежность.

# Сухой газгольдер низкого давления

может быть манжетного, оболочкового, баллонного или другого типа.



манжетный



оболочковый

Для сохранения постоянного давления служит помещенный сверху груз, который может перемещаться по вертикали. Они имеют номинальную вместимость 50-300 000 м<sup>3</sup>, рабочее давление составляет 2-5 кПа.

В среднем такой газгольдер на 20% дешевле, чем мокрый.

