

Типи сільськогосподарських біогазових установок, технологія анаеробного зброджування. Системи попередньої обробки, зберігання та подачі сировини

Юрій Матвеев

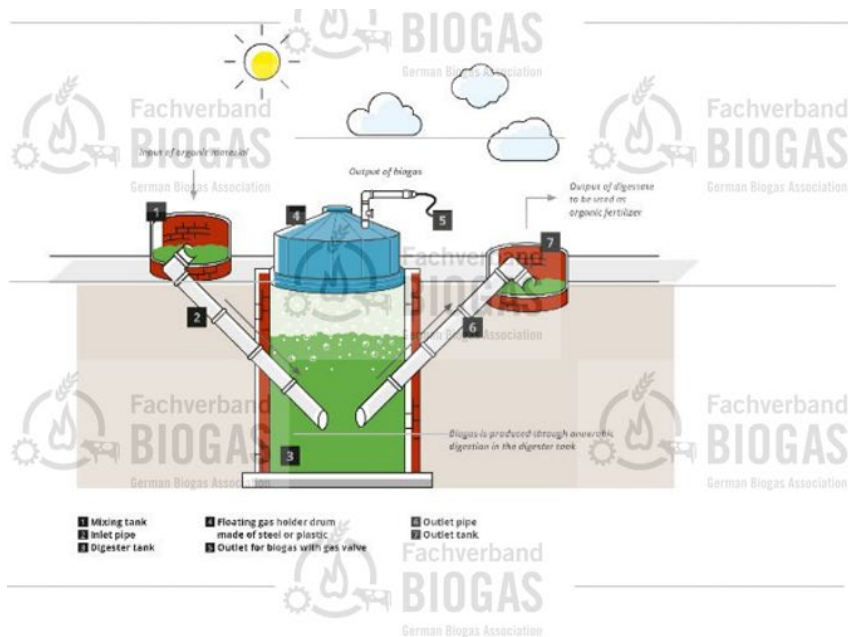
Біоенергетична Асоціація України
(UABIO)

Способи отримання біогазу/види біогазових установок

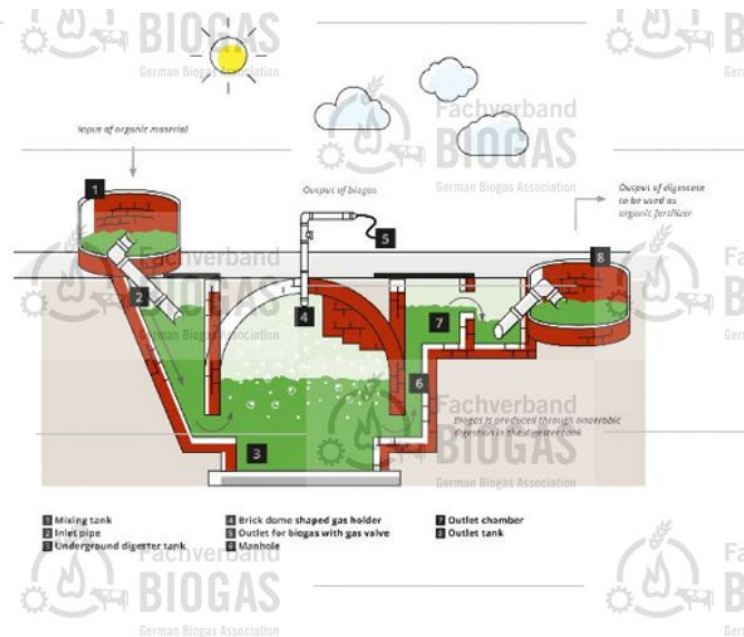


Побутові/малі біогазові установки

Біогазова установка з плаваючим газгольдером



Біогазова установка зі стаціонарним куполом



Побутові/малі біогазові установки

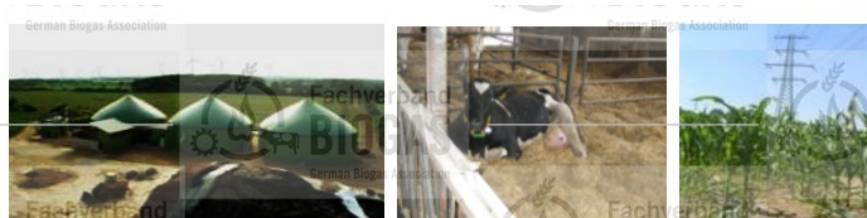


German

Приклади сільськогосподарських та промислових біогазових установок

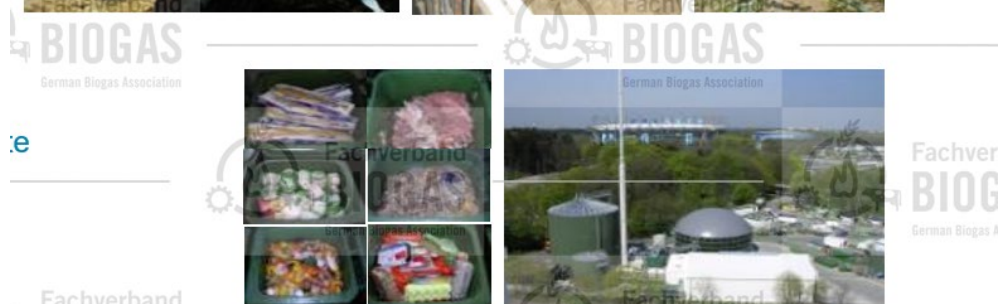
Сільсько-господарські біогазові установки

- Гній
- Енергетичні культури
- Відходи
- Ландшафтний матеріал



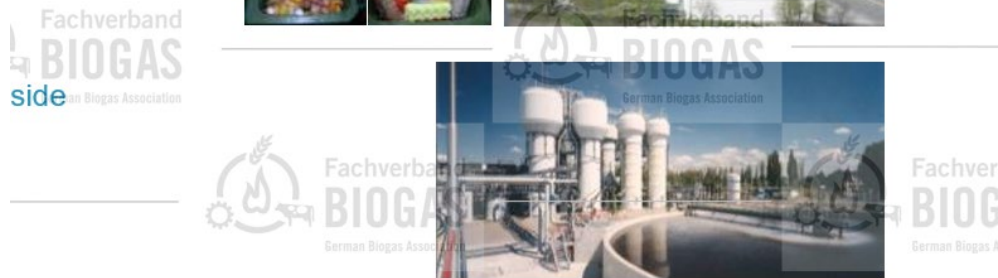
Біогазові заводи з переробки відходів

- (Сортовані) побутові відходи
- Відходи ринків
- Відходи ресторанів



Промислові біогазові установки

- Технологічна вода, залишки, побічні продукти
- Пивоварні
 - Цукрова промисловість
 - Залишки овочів
 - Виробництво етанолу



Типи біогазових реакторів/ ферментерів

Реактор - основний компонент біогазової установки



Розміри залежно від процесу,
сировини та часу оброблення
(утримання)



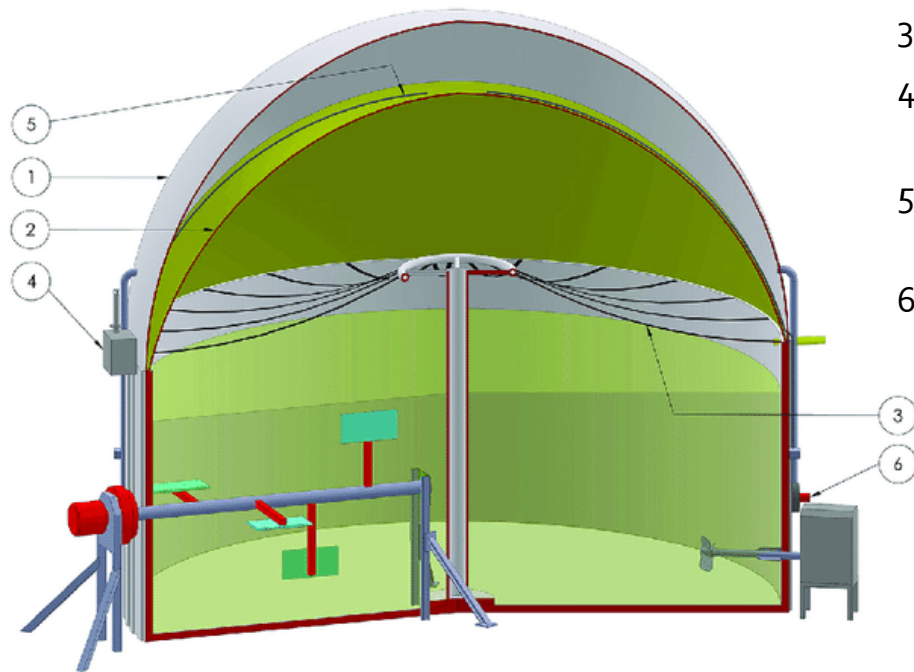
Конструкція резервуара зі
заліза, нержавіючої сталі або
залізобетону



Утеплений та
теплоізований



Реактор безперервного перемішування (CSTR)



1. Зовнішня повітряна мембрана
2. Внутрішня газова мембрана
3. Система кріплення
4. Контроль позитивного/негативного тиску
5. Гідростатичне вимірювання рівня заповнення
6. Допоміжна подача повітря

Всередині реактора CSTR



Класифікація реакторів

За сферою застосування

- Побутові
- Для очистки стічних вод
- Для переробки гетерогенної сировини

За продуктивністю

- Пасивного типу
- Низько- та середньо навантажувані
- Високонавантажувані

За геометрією

- Горизонтального типу
- Вертикального типу

За гідравлічним режимом

- Повного змішування
- З поступальним рухом субстрату
- З циркулюючим рухом субстрату

За режимом роботи

- Проточного типу
- Квзіпроточного типу
- Періодичної дії
- Квзіперіодичної дії

За матеріалом несучих конструкцій

- Бетонні
- Металеві
- Пластикові
- Інші

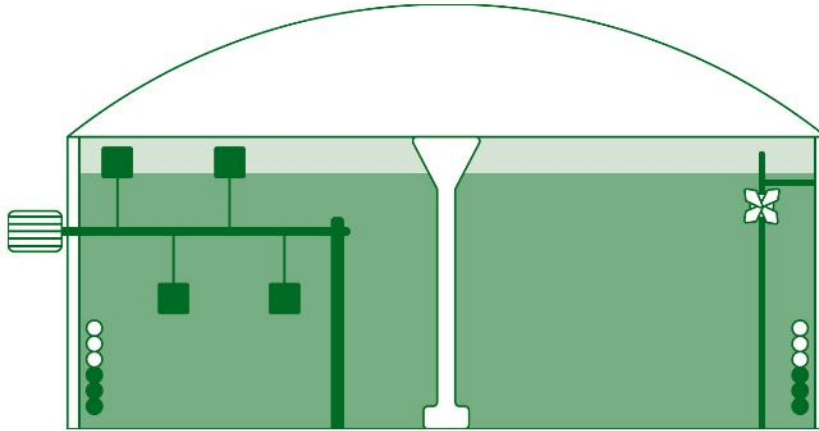
За типом реакційного середовища

- Вологого типу
- Сухого типу

За наявністю *in-situ* газгольдера

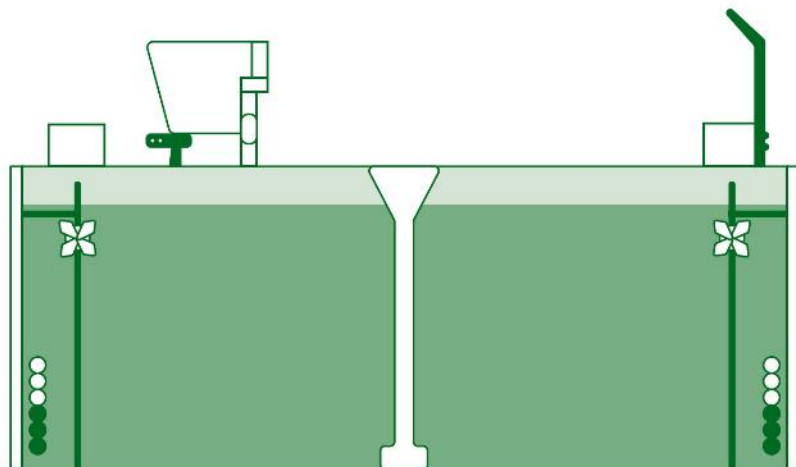
- З газгольдером
- Без газгольдера

Горизонтальний біореактор типу CSTR з гнучким газгольдером



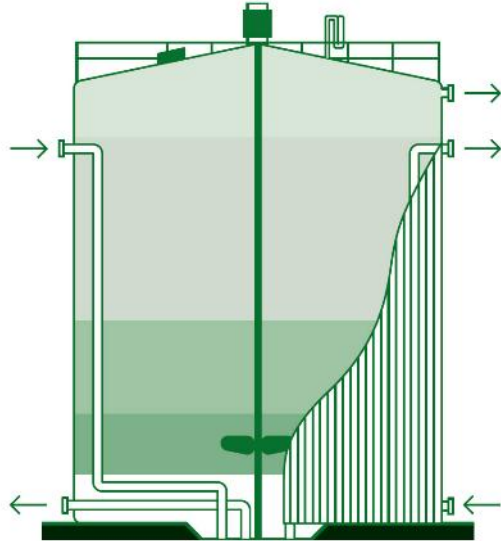
- Найбільш поширені типи реакторів для біогазових станцій з використанням сировини аграрного походження
- Можливість накопичення/усереднення біогазу
- Можливість попередньої десульфуризації біогазу
- Більший можливий діаметр і об'єм реактора
- Менша герметичність, що призводить до викидів CH_4
- Біологічна десульфуризація біогазу може обмежувати подальше використання біогазу для виробництва біометану
- Необхідність розгерметизації реактора (деконструкція газгольдера) для проведення операцій із заміни внутрішнього обладнання та очистки ферментера

Горизонтальний біореактор типу CSTR з монолітним перекриттям



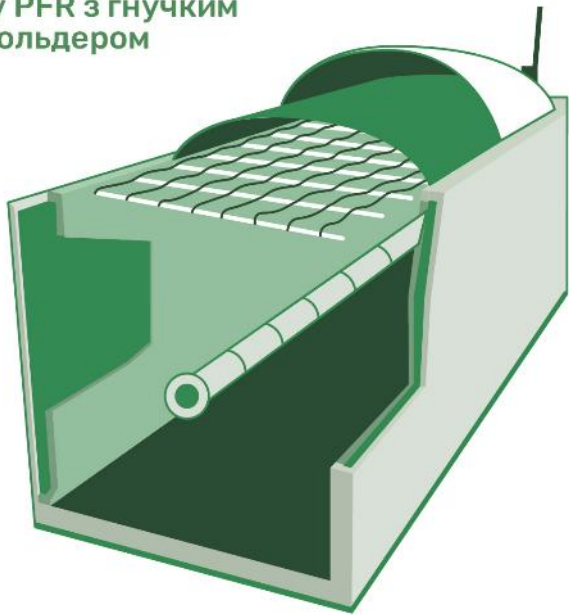
- Контрольоване середовище
- Здатні підтримувати певний тиск біогазу
- Простіше обслуговування системи перемішування
- Якісна теплоізоляція, що призводить до менших втрат тепла
- Захист від дії вітру
- Обмежені в діаметрі через несучу здатність прольотів (по ширині)
- Немає вбудованого газгольдера
- Складність внутрішнього ремонту та очистки ферментера
- Бетон не є абсолютно газонепроникним
- Складність фіксації витоків газу

Вертикальний біореактор типу CSTR з центральним осьовим міксером

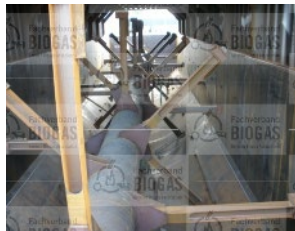


- Дуже якісно теплоізольовані, що означає малі тепловтрати та рівномірну температуру
- Мінімальні втрати біогазу крізь перекриття
- Більш рівномірне змішування сировини
- Не сприйнятливі до погодних умов
- Деталі, що спрацюються розташовані за межами реактора, що забезпечує простоту технічних оглядів та ремонтів
- Менша необхідна площа під реактор
- Більш ефективні при боротьбі з піноутворенням
- Можливий байпас ефект
- Складність очистки дна від осаду
- Відсутність газгольдера
- Зняття міксера можливе лише спецтехнікою

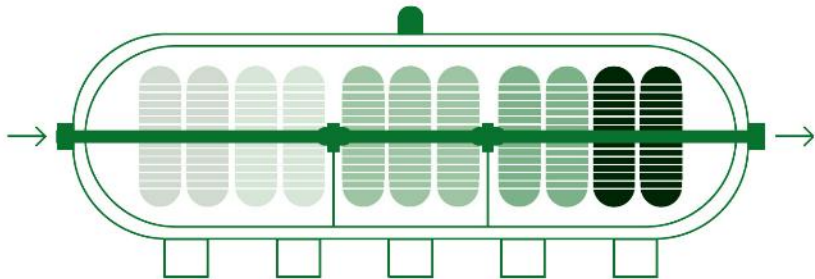
Горизонтальний біореактор типу PFR з гнучким газгольдером



- Можуть працювати при високих концентраціях сухої речовини (15-35% СР)
-
- Можливість використання для досить гетерогенної та волокнистої сировини (часто використовують для переробки силосу кукурудзи або оТПВ)
-
- Як правило використовується як 1 стадія перед подачею в CSTR реактор
-
- Більша середня швидкість виходу біогазу
- Дешевше будівництво за рахунок прямокутної форми
-
- Можливе утворення застійних зон в нижніх кутах прямокутного реактора і зменшення ефективного об'єму реактора в процесі експлуатації
-
- Складність очищення днища від накопиченого осаду
-
- Складність заміни міксера чи його елементів всередині реактора



Секційний біореактор типу PFR з іммобілізованою мікрофлорою



- Суттєво менша тривалість процесу (8 діб)
- Більш повний розпад органіки
- Зменшене енергоспоживання
- Можливість розміщувати в приміщенні
- Можливість масштабування за рахунок модульної конструкції
- Відсутність будівельних робіт за рахунок поставки префабрикованих реакторів
- Потребує ретельної підготовки сировини (гомогенізації)
- Більш складна система

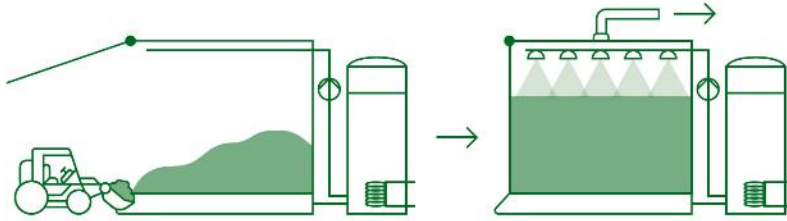


Реактор пасивного типу (лагуна)

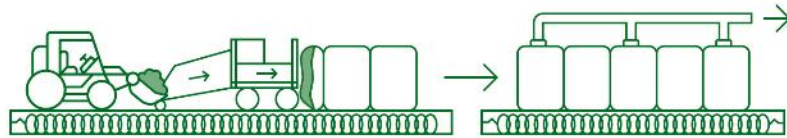


- Дешевизна та простота технології
- Простота проектування
- Низька швидкість виходу біогазу
- Висока нерівномірність виходу та складу біогазу
- Значна необхідна площа під реактором
- Складно забезпечити герметичність покриття
- Не пристосовані до зон з високим рівнем ґрунтових вод
- Важко виявити зону витікання (субстрату) при пошкодженні ізолюючого покриття
- Перемішування можливо шляхом вприскування газу, у зв'язку з чим відкладення можуть заважати
- Відсутність обігріву, ізоляція тільки зі сторони землі, а отже технологія не пристосована для країн з холодним кліматом

Реактори періодичної дії



Реактор періодичної дії гаражного типу

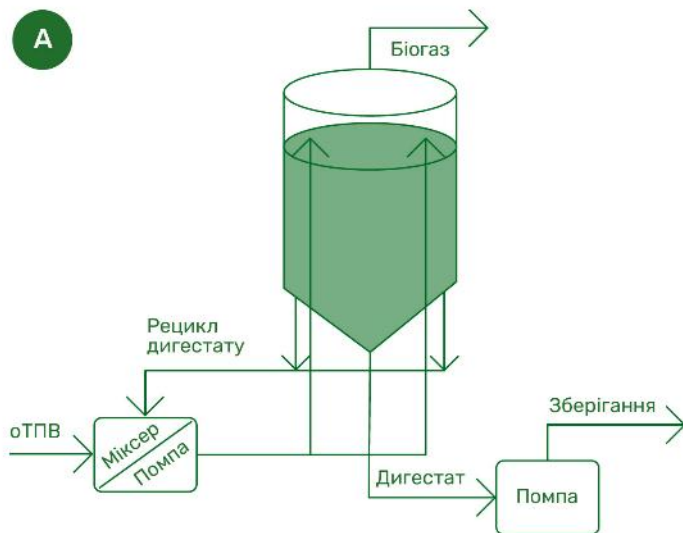


Реактор періодичної дії тунельного типу

- Придатні для зброджування штабельованих твердих типів сировини
- Менш чутливі до домішок в сировині
- Менш чутливі до параметрів середовища
- Менше споживають електричної енергії
- Мінімальний вихід рідкої фракції дигестату
- Потребують попереднього змішування свіжої сировини зі зброженою масою
- Викиди метану при завантаженні сировини
- Нестабільний склад та обсяг біогазу



Приклади технологій
з високонавантажуваними
біореакторами «сухого» типу:
а) – схема з реактором DRANCO;
б) схема з реактором VALORGA

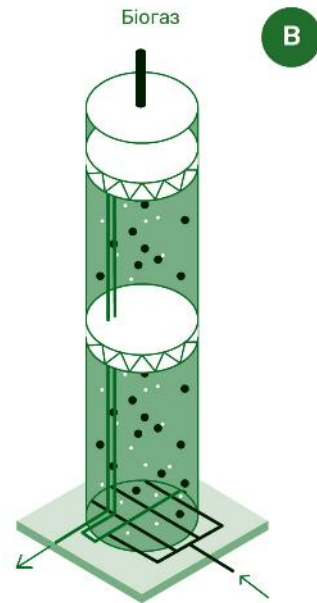
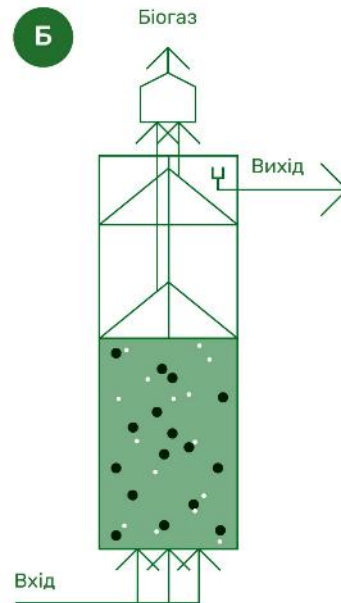
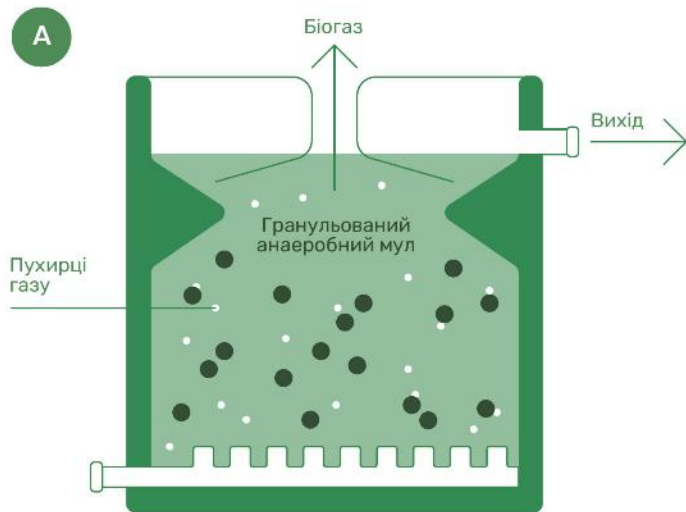


Реактори для анаеробної очистки
стічних вод з виробництвом біогазу:

а) реактор типу UASB;

б) реактор типу IC;

в) реактор типу EGSB



Обладнання біогазових станцій

Системи подачі сировини



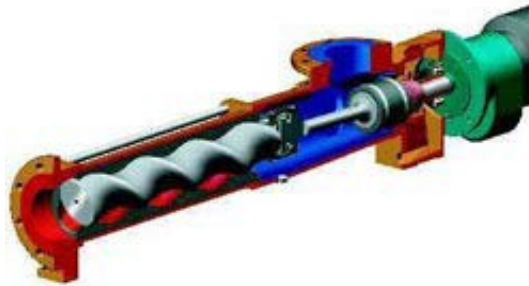
Системи подачі сировини у стані суспензій

**Помпа
коловоротного типу**

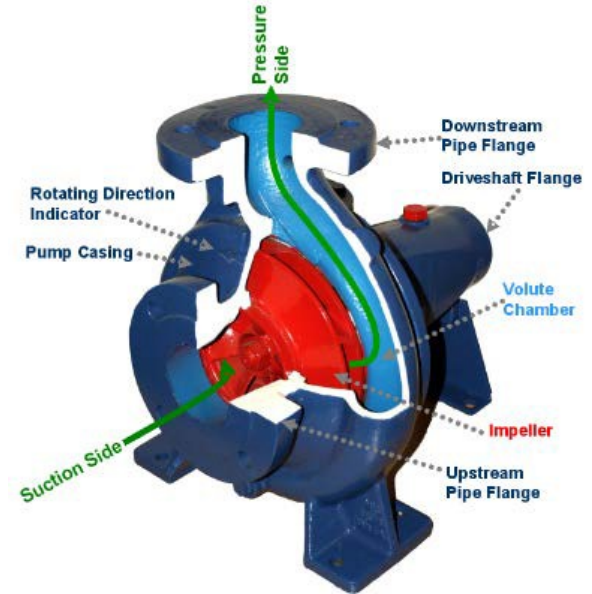


Використовуються як правило для подачі гною, сумішей рідких та твердих видів сировини з вмістом СР до 12-14% (наприклад, рідка гноївка свиней з силосом кукурудзи)

**Помпа шнекового
типу**



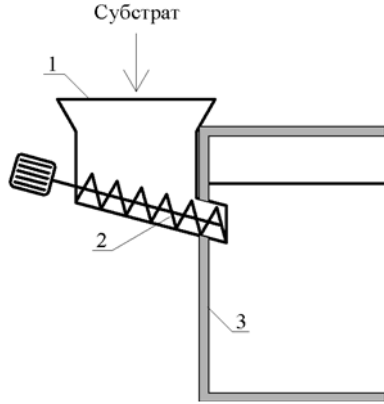
Відцентрова помпа



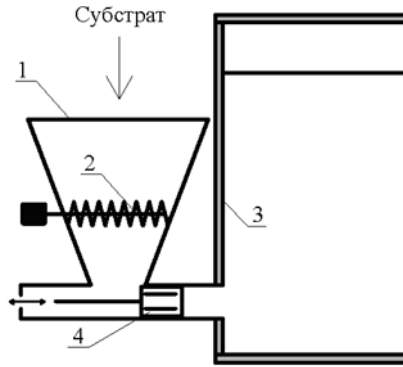
Використовується як правило для подачі досить гомогенних суспензій з вмістом СР < 8% (наприклад, осади стічних вод, рідка фракція дигестату)

Системи подачі твердих типів сировини

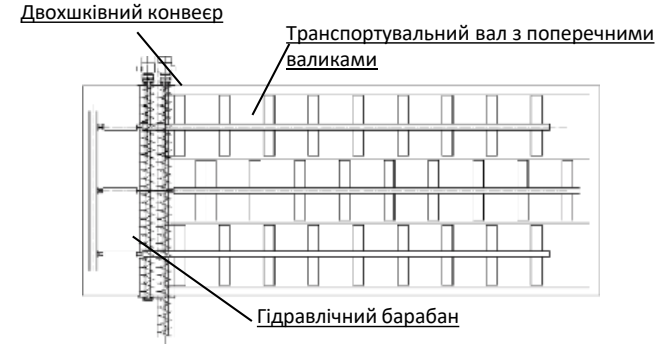
Шнекова прямого вводу



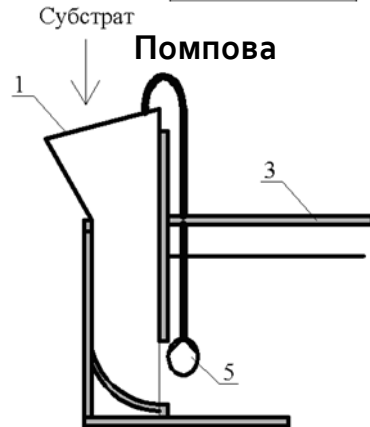
Поршнева



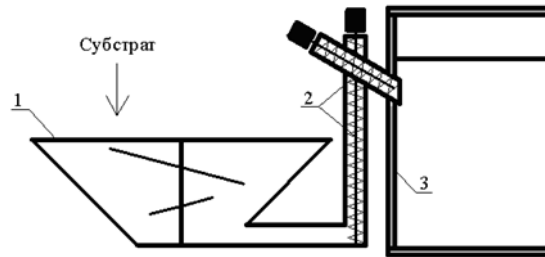
Система «рухома підлога»



Помпова



Шнеково-дозувальна



Системи подачі твердих типів сировини

Stationary feed mixer

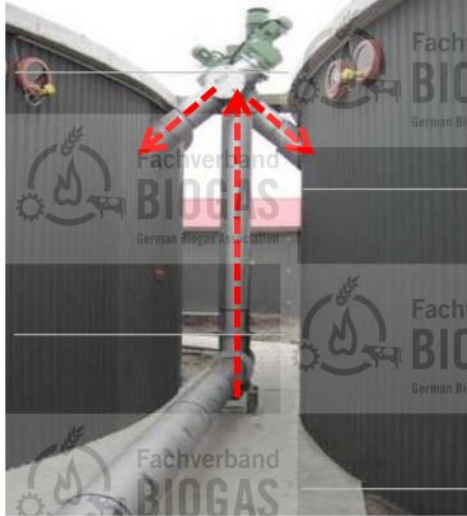


With transport belt



With conveyor screw

Системи подачі твердих типів сировини



Dosing station with conveyor screw



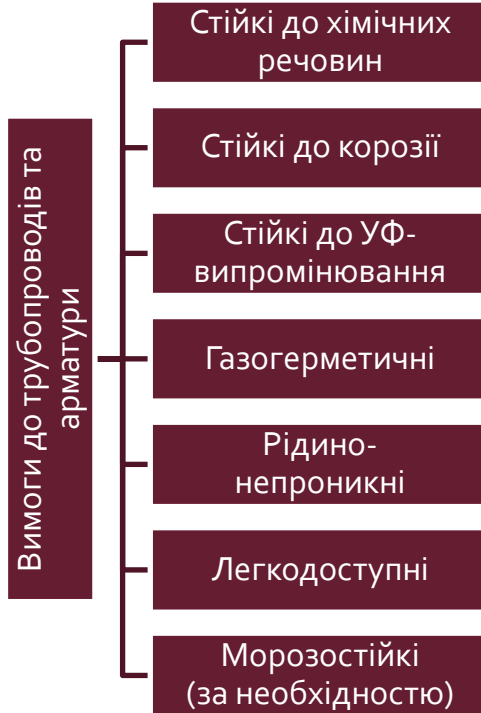
Dosing station with eccentric screw pump

Системи подачі твердих типів сировини



Scraping floor with conveyor screw

Трубопроводи та фітинги



- Повинні бути прокладені точно згідно з планом
- Слід використовувати відповідні з'єднання між різними матеріалами
- Газові труби повинні бути прокладені з постійним ухилом
- У найглибшій точці газопроводу має бути розміщений водозбірник
- Запірні пристрої повинні бути встановлені у місцях, щоб забезпечити можливість проведення будь-якого ремонту з монтажем та демонтажем
- Шахти та траншеї для прокладання труб повинні бути викопані з дотриманням необхідних вимог безпеки

Система опалення

- Постійна температура всередині біореактора має першорядне значення для бактерій і, отже, максимізує вихід біогазу.
- Розмір системи опалення залежить від місцевих кліматичних умов.
- Якщо біогаз використовується в когенераційній установці, тепло побічних продуктів може бути використане для нагрівання біореактора.
- Залежно від погодних умов та вхідного матеріалу, близько 3–20% тепла побічних продуктів використовується для нагрівання процесу.
- Гаряча вода циркулює по трубах, встановлених по внутрішньому колу біореактора.
- Ці труби можуть бути виготовлені з різних матеріалів, таких як: пластик, нержавіюча сталь або чорна сталь.

Система опалення

Wall-heating (plastic)



Wall-heating (black steel)



Wall-heating (stainless-steel)



External heat exchanger



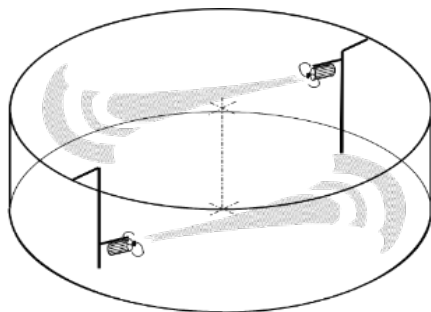
Системи перемішування

Мета перемішування:

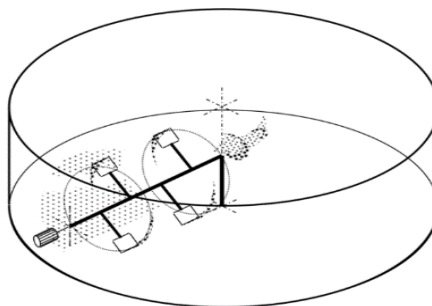
- Дотримання однорідності структури
 - запобігти появі кірки на поверхні субстрату
 - запобігти осаджуванню субстрату
- Однорідний розподіл свіжого субстрату по об'єму ферментера
 - Забезпечити наявність мікроорганізмів у свіжому субстраті
- Врівноваження температурного градієнту по об'єму ферментера
 - Нагрівальні елементи зазвичай вбудовуються в стінки реактора; також можливе встановлення нагрівальних елементів ззовні
- Підвищити швидкість виходу біогазу

Основні типи систем перемішування

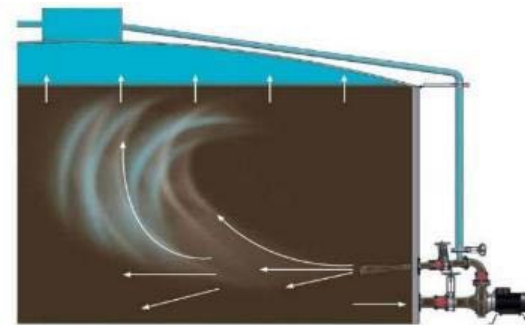
Занурювані пропелерні міксери



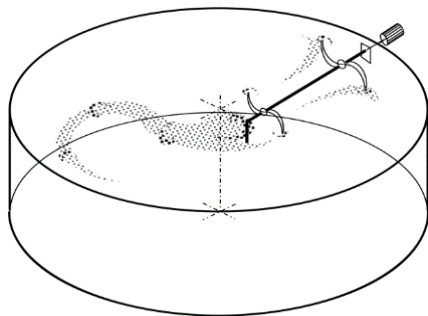
Горизонтальні міксери



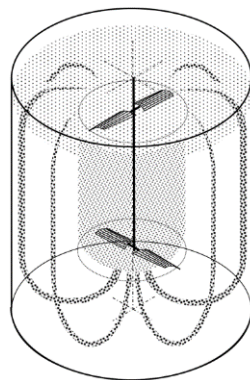
Газо-рідинні системи



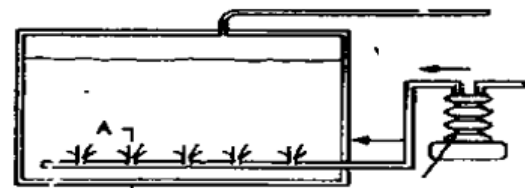
Бічні нахилені міксери



Вертикальні міксери



Газові системи



Зберігання біогазу

- Виробництво біогазу може мати коливання та піки. З іншого боку, споживання газу (робота КГУ) має бути гнучким.
- Газосховище (газгольдер) діє як буферний об'єм і компенсує нерегулярне виробництво біогазу або дозволяє працювати КГУ за потреби (у часи, коли потрібна електроенергія).
- Сховища повинні бути:
 - Газогерметичними
 - Стійкими до тиску
 - Стійкими до ультрафіолетового випромінювання
 - Стійкими до коливань температури та змін погодних умов
- Сховища також повинні бути оснащені системою захисту від надмірного та недостатнього тиску.
- Об'єм сховища визначається на основі наявності простору, бюджету та потреби в гнучкій роботі.
- **Як правило, об'єм сховища газу становить від 4 до 10 годин виробництва газу.**

Зберігання біогазу



Gas storage with EPDM-membrane



Double layer tent roof gas storage



Double layer inflatable gas storage



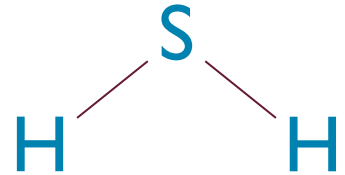
External gas storage

Sources: agriKomp,
Cenotec

Sources: Cenotec,
Sattler

Десульфуризація біогазу

- Залежно від складу сировини, сирий біогаз може містити до 10 000 мг/м³ сірководню (H₂S).
- Сірководень – це токсичний та корозійний газ.
- Щоб уникнути технічного пошкодження компонентів установки, деякі постачальники можуть встановлювати обмеження для H₂S:
 - Наприклад, для КГУ вміст H₂S зазвичай обмежується 50-200 ppm.
 - Важливо забезпечити дотримання цих значень, щоб у певному випадку можна було скористатися гарантією.
 - Інші компоненти установки можуть мати довший термін служби, якщо вміст H₂S зменшується.



Десульфуризація біогазу



Air injection blower



Sulphur deposits in the digester

Підготовка сировини

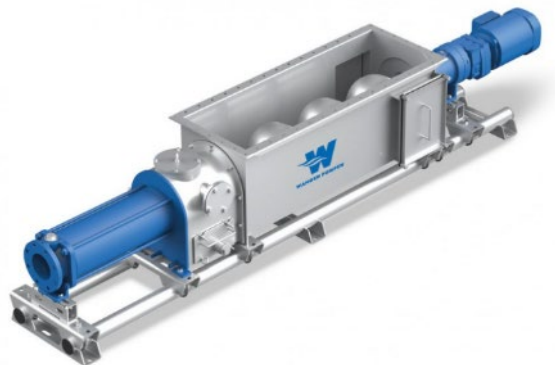
- Підготовка залежить від типу сировини та обраної технології ферментації.
- Цілі підготовки:



Обладнання компанії WANGEN



WANGEN BIO-MIX



BIO-ROXX



X-TRACT (видалення домішок) + X-CUT (різання).



<https://www.wangen.com/en/products/applications/biogas/>

Обладнання компанії VOGELSANG



Вибір конфігурації

Окремі агрегати:

XRipper



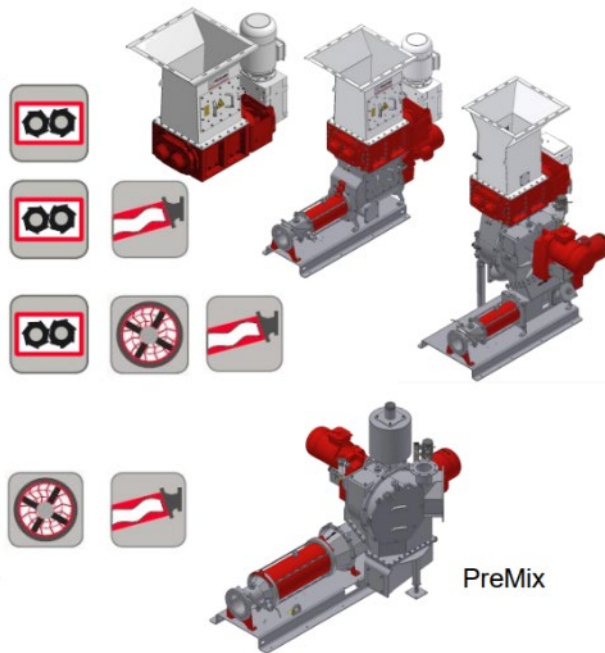
RotaCut



HiCone



Можливі
комбінації



© Vogelsang GmbH & Co. KG

- Можлива комбінація (дві стадії)

Перша стадія

XRipper



Друга стадія

RotaCut



Насос



https://www.vogelsang.info/fileadmin/media_processed/_vgs6597-industry-biogas-redunit-en.mp4

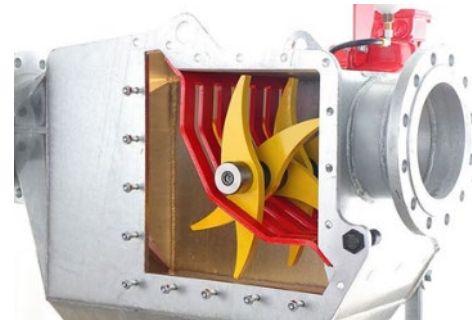
Обладнання компанії VOGELSANG



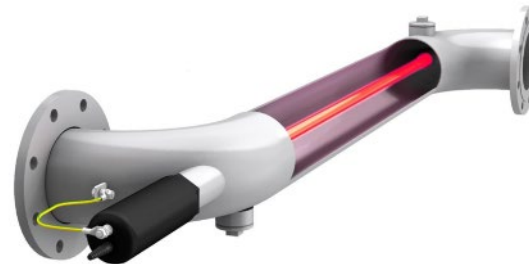
Агрегат DisRuptor – для тонкого спеціального впливу на компоненти біосубстрату



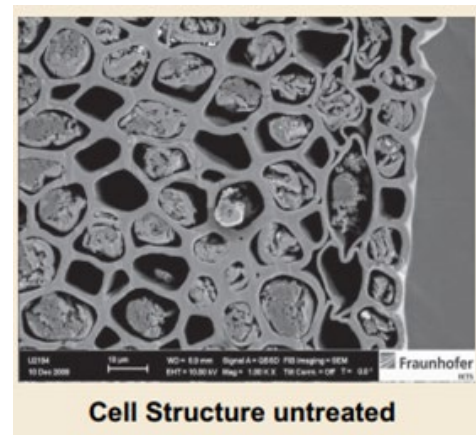
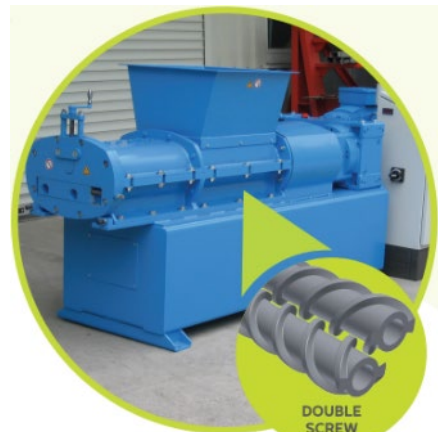
Debris Catcher, RotaCut – для відокремлення каменів та первинного подрібнення рослинних компонентів



Агрегат BioCrack – система електромагнітної дезінтеграції субстрата БГУ

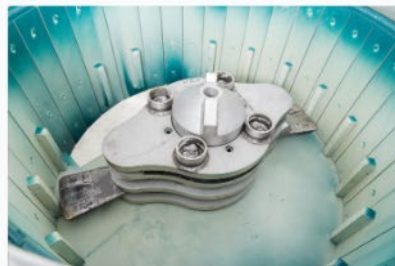


Обладнання компанії Bioextruder



http://www.lehmann-umt.de/umwelt_uk.htm

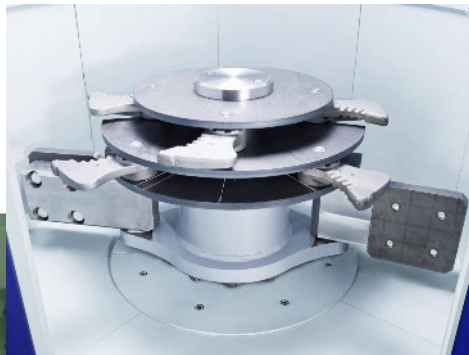
Обладнання компанії МЕВА



<https://meba-biogas.de/video/>

Обладнання компанії LINDNER і BHS

LINDNER



BHS
SONTHOFEN

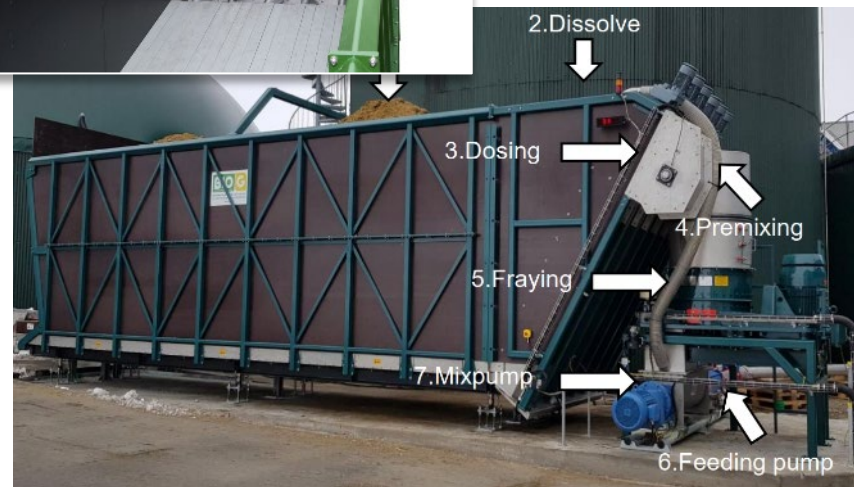


Обладнання компанії BIO-G



«Все в одном»:

- контейнер
- система змішування
- система подрібнення
- система подачі



UABIO

Дякую за увагу!

Біоенергетична асоціація України
uabio.org

e-mail: matveev@uabio.org