Практична робота 7-8

ВИРОБНИЦТВО БІОГАЗУ, БІОМЕТАНУ ТА БІОЕТАНОЛУ

Теоретична частина

Біогаз — це суміш газів, переважно метану (CH4, 50–75%) та вуглекислого газу (СO2), що утворюється внаслідок анаеробного зброджування (ферментації) органічної сировини під дією мікроорганізмів без доступу кисню.

1. Сировина:

* Сільськогосподарські відходи: гній, послід, силос (кукурудзяний, трав'яний), солома, жом.
* Промислові відходи: відходи боєнь, молочних, цукрових заводів (меляса, жом), пивоварних, спиртових виробництв (барда – див. розділ про біоетанол).
* Побутові/Комунальні відходи: органічна частина твердих побутових відходів (ТПВ), стічні води.

2. Технологічні Етапи (процес відбувається у спеціальних герметичних ємностях — біореакторах (метантенках)):

* Збір та попередня підготовка сировини: подрібнення (для великих матеріалів), гомогенізація, змішування з водою до потрібної вологості.

Анаеробне зброджування (Ферментація): чотири основні фази, що відбуваються послідовно:

Гідроліз: складні органічні речовини (білки, жири, вуглеводи) розкладаються до простих розчинних сполук.

Ацидогенез: прості сполуки перетворюються на жирні кислоти (оцтову, пропіонову, масляну), спирти, CO2 та водень.

Ацетогенез: отримані кислоти та спирти перетворюються на оцтову кислоту, CO2та водень.

Метаногенез: метаногенні бактерії використовують оцтову кислоту, CO2 та водень для утворення метану та CO2.

* Збір та очищення біогазу: Отриманий газ очищають від домішок ( сірководню (H2S), вологи, надлишку CO2), щоб підвищити його теплотворну здатність. Очищений біогаз, доведений до якості природного газу, називають біометаном.
* Використання біогазу/біометану: Виробництво електроенергії та тепла (когенерація), використання як палива, закачування в газові мережі (біометан).
* Переробка дигестату: Залишок після ферментації ( дигестат ) використовується як органічне добриво .

Біоетанол (C2H5OH) — це етиловий спирт, вироблений з біомаси, який використовується як паливна добавка або самостійне моторне паливо.

1. Сировина для біоетанолу класифікується за вмістом поживних речовин:

* Цукровмісна: цукровий буряк, цукрова тростина, меляса (відходи цукрового виробництва).
* Крохмалевмісна (1-ше покоління): зернові (кукурудза, пшениця, тритикале), картопля.
* Целюлозовмісна (2-ге покоління): солома, деревина, лушпиння, відходи лісопильної та паперової промисловості.

2. Технологічні Етапи (для крохмалевмісної сировини). Процес, як правило, ґрунтується на спиртовому бродінні:

1. Підготовка сировини: Очищення та подрібнення зерна (помел).

2. Приготування замісу (розварювання): Змішування подрібненої сировини з водою.

3. Розрідження та оцукрювання (Гідроліз): Крохмаль під дією ферментів (амілаз) та температури перетворюється на прості цукри (глюкозу).

4. Спиртове бродіння (Ферментація): Дріжджі (Saccharomyces) перетворюють глюкозу на етиловий спирт та вуглекислий газ (CO2) в анаеробних умовах:

C6H12O6 →2C2H5OH + 2CO2

5. Вилучення спирту: дистиляція (ректифікація): Спирт-сирець відокремлюється від барди та очищається.

6. Зневоднення (дегідратація): очищений спирт зневоднюється (до 99,5% чистоти) для використання як моторне паливо (за допомогою молекулярних сит або азеотропної перегонки).

7. Денатурація: додавання невеликої кількості речовин, що роблять спирт непридатним для пиття, для цілей палива.

Взаємозв'язок та інші продукти:

1. Синергія Біоетанол-Біогаз – існує потужна синергія між цими виробництвами:

* Барда — рідкий відхід від дистиляції при виробництві біоетанолу (спирту) — є високоцінною сировиною для виробництва біогазу .
* Біогаз, отриманий з барди, може бути використаний як джерело енергії (тепло та електроенергія) для роботи біоетанольного заводу, значно знижуючи його енергетичні витрати (заміщення природного газу).

2. Інші продукти: виробництво біопалива є частиною концепції біорефайнері, де з сировини отримують не лише енергію, а й цінні ко-продукти:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Продукт | Походження | Призначення |
| Біометан | Глибоке очищення біогазу | Замінник природного газу, моторне паливо |
| Дигестат | Залишок від виробництва біогазу | Високоефективне, знезаражене органічне добриво |
| Вуглекислий газ (CO2) | Виділяється при бродінні (біоетанол) та метаногенезі (біогаз) | Зрідження та продаж для харчової (газування напоїв) та промисловості |
| Суха барда (DDGS) | Висушений залишок після виробництва біоетанолу | Високобілковий, поживний корм для тварин. |
| Біодизель | Естерифікація рослинних олій (наприклад, ріпакової, соняшникової) | Моторне паливо для дизельних двигунів. |

Ці технології є ключовими для розвитку циркулярної економіки та забезпечення енергетичної незалежності .

Біометан — це біогаз, який пройшов процес очищення (апгрейдингу), в результаті чого його якість доведена до стандартів природного газу, що дозволяє подавати його в газотранспортну систему.

Біометан є екологічним та універсальним джерелом енергії, повністю сумісним з існуючою газовою інфраструктурою:

* **Інжектування у газотранспортну мережу:** Найпоширеніший та економічно вигідний спосіб. Це дозволяє використовувати біометан на будь-якому кінцевому споживачі, підключеному до мережі.
* **Моторне паливо (транспорт):** Використовується як стиснений природний газ (CNG) або скраплений природний газ (LNG) для вантажного, міського та сільськогосподарського транспорту.
* **Промислове та побутове споживання:** Пряме використання в котельнях та газових приладах.

Контрольні запитання

1. Які **основні компоненти** входять до складу неочищеного біогазу, та який із них є цільовим енергоносієм?
2. Назвіть **чотири основні фази** анаеробного зброджування в біореакторі (метантенку) та поясніть роль метаногенних бактерій.
3. Наведіть мінімум **три приклади** різних груп сировини, придатних для виробництва біогазу.
4. Що таке **дигестат** і як він використовується у контексті циркулярної економіки?
5. Поясніть, чим **біометан** принципово відрізняється від **біогазу** з точки зору складу та використання.
6. Назвіть та опишіть функцію **двох ключових домішок**, які необхідно видалити з біогазу під час його перетворення на біометан, та поясніть, чому це необхідно.
7. Опишіть одну з **технологій апгрейдингу** (наприклад, водна скруберна система або мембранне розділення) і поясніть її принцип дії.
8. Які **дві основні сфери застосування** біометану, які роблять його стратегічним відновлюваним паливом?
9. Класифікуйте сировину для виробництва біоетанолу за її хімічним складом і наведіть приклад для кожного класу (**цукровмісна, крохмалевмісна, целюлозовмісна**).
10. Запишіть **хімічну реакцію** спиртового бродіння (перетворення глюкози) та назвіть ключовий мікроорганізм, який її здійснює.
11. Поясніть необхідність етапів **оцукрювання (гідролізу)** та **зневоднення (дегідратації)** в процесі виробництва біоетанолу із зерна.
12. Що таке **DDGS** і яка його цінність у сільськогосподарському секторі?
13. Поясніть термін **"біорефайнері"** (біопереробка) та наведіть приклади ко-продуктів (окрім основного палива), які отримують на таких комплексах.
14. Опишіть **синергію** між виробництвом біоетанолу та біогазу, пояснивши, як один процес живить інший. Який відхід від виробництва біоетанолу є цінною сировиною для біогазу?
15. У чому полягає екологічна та економічна перевага одночасного використання біогазу/біометану та біоетанолу порівняно з викопним паливом?