

4. Burdo O.G., Terzsiev S.G., Peretyaka S.N. Energy-saving Food Technologies on Heat Pipe Exchanger Basis /Proc. 9-th Int. Heat Pipes. Conf. – Albuquerque (New Mexico, USA). – 1995. – P.7–14.

УДК 631.22.018:631.95

## ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Халіман І.О., к.б.н., доцент, Бойко О.В., к.т.н., доцент, Бойко Т.Ю. аспірант  
Таврійський державний агротехнологічний університет,  
м. Мелітополь

*Проаналізовано особливості процесу метанового бродіння сільськогосподарських відходів як екологічного заходу з охорони навколишнього середовища.*

*The features of process of methane fermentation of agro wastes are analysed as an ecological measure on the guard of environment.*

**Ключові слова:** метанове бродіння, відходи, біореактор, біогаз.

Роль метанового бродіння сільськогосподарських відходів з ферм в цілях захисту навколишнього середовища від забруднення має велике значення. Концентрація на обмежених площах тварин, використання гідравлічних систем видалення гною привели до виникнення та накопичення рідких відходів. На практиці об'єм стічних вод від одного тваринного комплексу в залежності від його виду і потужності складає від 100 до 1700 тис. м<sup>3</sup> на рік.

Комплекси по зрощуванню великої рогатої худоби на 800-1000 корів по п'ятидобовому біохімічному вживанню кисню еквівалентні місту з населенням 14 – 20 тис. чоловік, а по виділенню грубодисперсних домішок – з населенням до 80 – 120 тис. чоловік. Комплекс по вирощуванню й годівлі 108 тис. свиней також забруднює навколишнє середовище, як місто з населенням більш ніж 250 тис. чоловік. Концентрація забруднень у гнійних стоках велика та змінюється у значних межах і залежить від складу посліду на які, в свою чергу, впливають вид, рід та вік тварин, спосіб їх утримання та раціон годування, а також від кількості води, яка використовується на видалення посліду [1]. Гнійні стоки є сприятливою середою для мешкання різних мікроорганізмів, в тому числі і патогенних та відрізняються високим змістом яєць гельмінтів. Наприклад, рідкий гній, який потрапляє з тваринних комплексів по зрощуванню та годівлі свиней і який подається на очисні споруди, в різні пори року містить в 1л від 5 до 28-42 екз. яєць гельмінтів. Гнійні стоки промислових комплексів є потенційним джерелом зараження навколишнього середовища. Витривалість хвороботворних мікроорганізмів – збудників різних хвороб – в гнійній масі може скласти від 40 до 500 діб. Неприємні запахи поширюються в радіусі 5-17 км. і далі. В атмосферному повітрі знаходиться аміак в концентраціях, що перевищують ГДК в 5-6 разів, мікробне та спільне органічне забруднення в 8-10 раз перевищує фон.

Процес метанового бродіння сільськогосподарських відходів – складний мікробіологічний процес, для вдалого протікання якого у біоенергетичних установках важливо забезпечити певні умови їх експлуатації. Велике значення має правильний пуск біореактору. Процес пуску біореактору – це період, коли в установці утворюється асоціація мікроорганізмів, що здатні до постійного здійснення конверсії органічної речовини з утворенням біогазу.

Існують основні методи пуску установки:

- введення у біореактор активної закваски із нормально діючого біореактору;
- додавання реагентів;
- заповнення біореакторів свіжими стоками посліду;
- заповнення біореакторів теплою водою і поступове додавання у неї стоків посліду тощо;
- заповнення біореактору гарячими газами і послідовне завантаження стоків посліду тощо;
- заповнення певної частини об'єму біореактору стоками посліду, підтримка неглибокого вакууму і послідовне додавання свіжих стоків посліду тощо.

Спільними для всіх методів пуску є підтримка оптимальних умов життєдіяльності метаноутворюючих мікроорганізмів.

Самий простий і ефективний метод – додавання у біореактор закваски з інших діючих біореакторів. Кількість закваски, яку додають може бути різною в залежності від складу сировини [5]. Для пуску біо-

реакторів зі свиним послідом у термофільному режимі у біореактор додавали закваску з діючого біореактору при 54°C, яка складала 5, 10, 20, 25, 30, 50% від вмісту свіжого посліду.

Виділення біогазу починається в першу добу при всіх дозах закваски, тільки при великих дозах воно відбувається більш інтенсивно вже на початку бродіння порівняно з такимим при малих дозах закваски.

Продукція біогазу і розпад органічної речовини залежать від рівномірності завантаження. По деяким даним, при разовому завантаженні свіжої сировини і вмісту у ньому 7-8% органічної речовини за 48 годин розкладалося від 29 до 34 % посліду великої рогатої худоби.

Максимальний вихід біогазу з 1л реактору складає 5л<sup>3</sup>, розпад органічної речовини – 16,6 г на 1л посліду, що завантажується. Кількість виділення біогазу в цих умовах має змінні показники, що може пояснюватись нерівномірним розподілом свіжого посліду при кожному новому завантаженні. При дрібній подачі сировини максимальна добова доза завантаження склала 46 – 50%, вихід біогазу з 1 л – 7,5-8 л<sup>3</sup>

Стійкість процесу метанового бродіння сільськогосподарських відходів залежить від балансу стадій процесу та оптимальної взаємодії всіх груп мікроорганізмів.

Кожна мікробіологічна культура має свою максимальну швидкість росту [2]. Кількість бактерій в 1 мл. при мікробіологічному процесі, обумовлюється швидкістю розбавлення культури, тобто дозою завантаження.

Якщо швидкість розбавлення культури підвищує швидкість росту бактерій, то рівновага між ними не настає і культура буде поступово вимиватись. Анаеробне бродіння ефективно перебігає при постійному рості мікроорганізмів в умовах тісного контакту їх з сировиною.

Для здійснення оптимального процесу анаеробного бродіння необхідно знайти діапазон концентрацій органічної речовини у завантаженій сировині, при якому відбувається інтенсивне виділення біогазу. Для стабільності процесу важливо підтримувати оптимальне значення співвідношення C: N. Це співвідношення у процесі метанового бродіння постійно змінюється, оскільки вуглець „йде“ з біогазом. Поширений спосіб підтримки оптимальних значень – безперервне завантаження сировини з оптимальним співвідношенням C:N.

Встановлено, що додавання деяких речовин позитивно впливає на процес анаеробного бродіння. Відомо, що додавання активованого вугілля у біореактор збільшує швидкість розпаду сировини, підвищує температуру у біореакторі, викликає адсорбцію деяких речовин. Додавання глюкози і ацетату до вихідної сировини при завантаженні у біореактор прискорює метаногенез [4].

Контроль за процесом метанового бродіння необхідно вести постійно за допомогою контрольно-вимірвальних приборів, а також шляхом аналізу проб. Управління повинно бути автоматизованим. При визначенні оптимальності процесу важливо враховувати багато параметрів, однак на практиці встановлення всіх параметрів, які характеризують процес, складно, тому вибирають основні: рН сировини, яку завантажують і вивантажують; доза завантаження; вміст сухої речовини, сухої органічної речовини, азоту аміаку; бікарбонатну лужність; температуру процесу. Крім того, слід розрахувати хімічне споживання кисню і біохімічне споживання кисню у вихідній і перебродженій сировині. Необхідно визначити кількість біогазу, який виділився і його склад.

Прикладом біоенергетичної установки є велика біогазова установка, що будується на свинофермі компанії «Агро-Овен». Установка призначена для переробки до 80 т/добу гнойових стоків зі свиноферм. Вміст сухої речовини в стоках становить 11,6%. Установка складається з двох метантенків, двох когенераційних установок (по 80 кВт електричних та 160 кВт теплових кожна) та системи зневоднення збродженого гною. Загальний об'єм реактора (анаеробного метантенку) становить близько 1200 м<sup>3</sup>, 1000 м<sup>3</sup> з яких займатиме гній і близько 200 м<sup>3</sup> – біогаз. Площа основи котлованів, у яких розміщуються реактори, становить 177 м<sup>2</sup>; глибина реактору – 2,5 м; повна висота конструкції – 3,6 м.

У реакторі підтримується температура близько 35 °С, що є оптимальною для мезофільного бактеріального процесу.

Гній надходить у метантенки зі свиноферми крізь змішувальну ємність. Зброджений гній виходить з реактору до сепаратору. Для запобігання поділові гною в метантенку на фракції його періодично перемишують за допомогою автоматичної мішалки.

Газові бульбашки, що виходять з гнойової суспензії на поверхню зароджуваного гною, збираються газгольдером із гнучкою пластиковою плівки, спорудженим над поверхнею метантенка як одне ціле з останнім. Газгольдер матиме два шари плівки: зовнішній, здатний витримувати механічні навантаження, і внутрішній, що стійкий до дії біогазу. У простір між шарами плівки вентилятор накачуватиме повітря. Надлишковий тиск (10-15 мілібар), що створюватиметься на додачу до захисного механічного ефекту, запобігатиме деформації купола метантенка від снігу, вітру тощо. Готовий біогаз очищуватиметься від сірководню системою десульфізації, що ґрунтується на аеробному принципі очищення.

Біогаз транспортуватиметься трубопроводом від реактора до газового двигуна, при цьому проходить систему видалення водяного конденсату з боку метантенка і з боку когенераційної установки. Газо-

вий двигун з електрогенератором вироблятиме з біогазу електроенергію, а вихлопні гази прохідимуть крізь теплообмінник і нагріватимуть воду циркуляційного контуру. Газовий двигун з електрогенератором матиме встановлену потужність 80 кВт. Приймаючи, що протягом року агрегат працюватиме близько 8000 годин з навантаженням 85 %, – він зможе виробити електроенергії 544 МВт/р [5].

До основних компонентів біогазу відносяться  $\text{CH}_4$  і  $\text{CO}_2$ . Простіший спосіб використання біогазу є перетворення його у джерело теплової, механічної і електричної енергії. Біогаз можна використовувати і в якості палива для автомобільних двигунів. При неповному згоранні метану залишається 3-7% високоякісного попелу, який застосовується як фарба. Метан реагує з хлором, утворюючи хлористий метан, метилен, хлороформ. Ці речовини широко використовуються у синтетичних барвниках, виготовленні холодильників тощо. При конверсії із одного об'єму метану можна отримати два об'єми водню.

Для одержання високої рентабельності вміст сухої речовини у гнойових стоках має становити понад 8-10%, склад органіки в сухій речовині – 85 %.

Шлам, що утворився після процесу метанового бродіння сільськогосподарських відходів містить значну кількість споживних речовин і може бути використаний у якості добрив або кормових добавок.

Склад шламу, який перебродив, залежить від хімічного складу вихідної сировини, що завантажена у біореактор. В умовах, що сприятливі для метанового бродіння, звичайно розкладається біля 70 % органічної речовини і 30 % міститься у залишку. Ця органічна частина збродженого залишку включає речовини трьох видів: речовини, які містяться у вихідних відходах і які захищені від бактеріального розкладу лігніном і кутином; нові бактеріальні клітини і невелика кількість летких жирних кислот.

Основна перевага метанового бродіння полягає у збереженні в органічній або амонійній формі практично всього азоту, який міститься у вихідній сировині. Це дає можливість застосовувати шлам, який перебродив, як добриво. Гумусні матеріали, які утворюються покращують фізичні властивості ґрунту. Покращується аерація, підвищується водоутримувальна і інфільтраційна здатність ґрунту, та швидкість катіонного обміну. Залишки слугують джерелом енергії і харчовими ресурсами для діяльності бактерій, що сприяє підвищенню розчинності важливих хімічних речовин, які містяться у ґрунті [3].

Шлам, що містить цінні поживні речовини, переробляють на кормові добавки, які використовують при відкормі великої рогатої худоби, птахів, овець. Осад, який перебродив використовують для вирощування водоростей. У мікробіологічній біомасі перебродженого гною містяться всі незамінні амінокислоти і вітаміни групи В. Це обумовлює можливість його застосування для отримання білково-вітамінних добавок.

#### **Висновки**

Відходи сільського господарства придатні для анаеробного зброджування з метою отримання біогазу як альтернативного джерела енергії.

Біогазові установки можуть виконувати роль „очисної споруди”, яка знижує хімічне та бактеріологічне забруднення навколишнього середовища та переробляти органічні відходи на високоякісні, екологічно чисті біологічні добрива, при використанні яких підвищується урожайність.

#### **Література**

1. Норми технологічного проектування систем видалення, обробки, знезараження, зберігання, підготовки і використання гною і посліду. ОНТП 17-20. – М., 1981. – С.23-25.
2. Латола П. Механізми утворення біогазу – М., – 1992. – с.55
3. Лур'є Ю.Ю. Аналітична хімія промислових стічних вод. – М., 1984. – с. 448
4. Мельник В.Н. Вивчення хіміко – технологічних основ інтенсифікації процесу метанового бродіння гною // Вивчення, проектування і спорудження систем споруд метанового бродіння гною. – М., 1982. – с. 16 – 17
5. Киргофф Б. Біогаз один із варіантів на перспективу // Агровісник науково – виробничий журнал. – 2007 – с. 74 – 77