



УДК 631. 333.92 : 631. 22. 018

## МЕТОДИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ МЕТАНОВОГО ЗБРОДЖУВАННЯ

Скляр О.Г., к.т.н.,

Скляр Р.В., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-05-70

**Анотація** – проаналізовані існуючі методи інтенсифікації процесів метанового збродження для застосування їх в розробленій експериментальній біогазовій установці.

**Ключові слова** – біогаз, метаногенеруючі бактерії, зброджувана маса, інтенсифікація, коферментація, реактор, мікроорганізми.

*Постановка проблеми.* Застосування технології метанізації органічних відходів на основі анаеробної їх переробки в сільськогосподарському виробництві дозволяє вирішити не тільки екологічні проблеми, які встають перед тваринницькими підприємствами, але і збільшити його рентабельність за рахунок отримання високоякісних органічних добрив і біогазу, придатного для отримання електричної або теплової енергії.

Проте, не дивлячись на перераховані переваги, технологія анаеробної переробки органічних ресурсів тваринницького підприємства ще не знайшла широкого застосування. Це обумовлено наступними чинниками: низькою продуктивністю процесу метаногенерації і, як слід, високою вартістю біогазового обладнання. При цьому низька продуктивність процесу збродження обумовлена недостатньою енергетичною насиченістю субстрату із-за недосконалого технологічного процесу видалення і зберігання цінного органічного ресурсу. Разом з тим, а це є головним, на сьогодні не вирішена проблема визначення енергетичного балансу між органічною сировиною, біогазом і органічними добривами.

*Аналіз останніх досліджень.* Лабораторні дослідження процесу метаногенерації проведені з метою визначення параметрів живильного і температурного режимів середовища зростання, розвитку і ефективного функціонування метаногенеруючих бактерій, що створюється шляхом композиції в різному співвідношенні рослинної сировини, гною великої рогатої худоби і води, показали, що кращою композицією є перша при співвідношенні зеленої маси трави, гною і води - 300 г, 800 г і 500 мл, що забезпечило якнайкраще співвідношення вуглецю і азоту (16,74) і енергетичну цінність в 0,83 МДж.[1]



*Формулювання цілей статті.* Підвищення ефективності використання органічних ресурсів тваринницьких об'єктів на основі анаеробної переробки органічної сировини шляхом інтенсифікації процесу метанового зброджування субстрату за рахунок оптимізації його структури.

*Основна частина.* Необхідність впровадження біоенергетичних установок в агропромисловий комплекс привела до вирішення завдання інтенсифікації процесів метанового зброджування. Можна виділити дві групи методів інтенсифікації: група мікробіологічних методів і група конструктивно - технологічних методів.

*1. Мікробіологічні методи інтенсифікації процесу метанового зброджування.*

#### 1.1 Коферментація.

Рослинний субстрат дає значно більший вихід біогазу в порівнянні з відходами тваринного походження, що пояснюється більш високим вмістом різних факторів росту (таких як, амінокислоти і редуруючі цукри). [1]

У зв'язку з цим одним із сучасних напрямків підвищення виходу біогазу є коферментація, тобто спільне зброджування відходів рослинного і тваринного походження. При цьому вихід біогазу визначається експериментально і є індивідуальним для різних господарств.

#### 1.2 Нові штами мікроорганізмів.

Перспективним є отримання нових штамів таких мікроорганізмів: р.р. Clostridium, Methanosarcina, Methanobacterium, Methanospirillum, Metanobrevibacter, Metanococcus, Metanogenium, що володіють підвищеною здатністю до метаноутворення. Наприклад, дослідниками японської фірми «Matsushita Electric Industrial Co» отримана масова культура виявленої ними бактерії Methanobacterium kadomensis St.23, яка завершує процес зброджування не за 15-20 днів, а за 8 діб.

#### 1.3 Добавки, що стимулюють процеси окислення.

У вихідну масу додаються органічні каталізатори, які змінюють співвідношення вуглецю і азоту (оптимальне співвідношення C / N = 20/1-30/1) з метою інтенсифікації процесу анаеробного зброджування. Також використовуються різні фактори росту, ферменти, ензими.

Переваги використання стимулюючих добавок:

- збільшення виходу біогазу на 30-40 %;
- зменшення періоду бродіння;
- запобігання утворення кірки на поверхні перероблюваної в реакторі маси;
- поліпшення якісного складу біогазу;
- зниження енергетичних витрат на технологічні потреби установки.



#### 1.4 Імобілізація мікроорганізмів на носії.

Одним з найбільш ефективних способів збільшення окисної здатності традиційних біоенергетичних установок є застосування адгезійної і адсорбційної імобілізації біомаси на поверхні інертних твердих матеріалів. При цьому відбувається не тільки збільшення концентрації біомаси в одиниці об'єму реактора, але і підвищується стійкість мікроорганізмів до негативних факторів навколишнього середовища, що, насамперед, пов'язано із збагаченням видового складу біоценозів, як наслідок, підвищується стабільність до збурюючих дій всієї системи анаеробного зброджування.

В даний час існує велика різноманітність споруд, які використовують природну здатність мікроорганізмів до імобілізації на носії. Вирішальним чинником, що визначає утворення і розвиток біоплівки, є ефективна вагопередача субстрату до клітин мікроорганізмів, які знаходяться в прикріпленому стані. Встановлено, що імобілізація робить істотний вплив на параметри ферментативних реакцій в залежності від природи і властивостей матеріалів - носіїв. Відзначається, що фіксовані на поверхні мікроорганізми володіють високою фізіологічною активністю і незначною чутливістю до залпових скидах і токсичного впливу компонентів субстрату. Більше того, для імобілізованих клітин показано, що висока активність забезпечується при незначній швидкості росту. У ряді випадків спостерігаються зміни проникності клітинної стінки, які призводять до підвищення ферментативної активності імобілізованих клітин.

*2. Конструктивно - технологічні методи інтенсифікації процесу метанового зброджування.*

Значні резерви інтенсифікації процесів отримання біогазу приховані в застосуванні різного роду конструктивно - технологічних методів інтенсифікації процесу метанового бродіння біовідходів.

##### 2.1 Підготовка сировини.

На ефективність роботи БГУ великий вплив робить попередня підготовка вихідного субстрату. Чим менше розміри частинок органічних компонентів вихідної сировини, тим більше їх питома поверхня і відповідно інтенсивніше відбуваються процеси зброджування.

В даний час для надання біомасі однорідної і гомогенної консистенції використовуються ультразвукові та гідродинамічні кавітаційні деструктори. Завдяки керованому процесу кавітації вони знайшли широке застосування у виробництві біогазу. Спеціально спроектована конструкція деструктора дозволяє використовувати руйнівний ефект кавітації для надання вихідній сировині однорідної і гомогенної консистенції.

Результати попередньої обробки біологічної сировини: висока ступінь подрібнення і гомогенізації сировини; зменшення періоду зброджування біомаси та, як наслідок, можливість будівництва БГУ менших розмірів, що призводить до значної економії капітальних витрат; вивільнення природних ен-

зимів, які є біологічними каталізаторами процесу зброджування біомаси; стабілізація біологічних процесів, що призводить до відсутності піноутворення і плаваючою кірки у верхній частині біореактора; процентний вміст метану в біогазі збільшується до 70-75 %.

## 2.2 Перемішування.

Перемішування сприяє усуненню плаваючої кірки, також рівномірному розподілу температури і кислотності в біомасі, яка знаходиться в камері зброджування. При постійному перемішуванні субстрату здійснюється рівномірний розподіл в рідині твердих речовин, що знаходяться в ній, які розрізняються за розміром, формою і щільністю. Це служить передумовою безперешкодного і ефективного перебігу процесу бродіння.

Механічні мішалки досить ефективні в невеликих реакторах при переробці важких субстратів (рис. 1). Застосовуються в індивідуальних біогазових установках малого розміру.

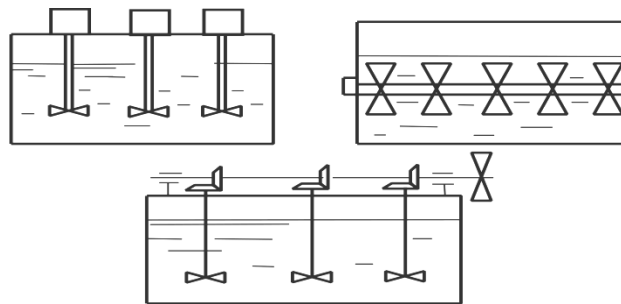


Рис. 1. Механічні перемішувачі пристрої.

Гідравлічні перемішувачі системи. Вміст великих реакторів, особливо циліндричної форми, часто перемішують гідравлічним способом, тобто за допомогою потоків (струменів) рідини, що надходить в метантенк (рис. 2).

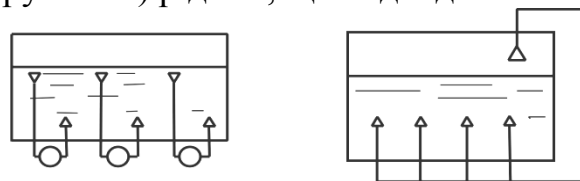


Рис. 2. Гідравлічні і барботажні перемішувачі системи.

Перемішування за допомогою газу. Хорошу якість перемішування отримують нагнітаючи в рідкий субстрат біогаз. При цьому субстрат не повинен бути занадто в'язким і схильним до утворення плаваючої кірки (рис. 2).

## 2.3 Розподіл процесу метанового бродіння на стадії.

Процес виробництва біогазу може бути заснований на розподілі природного біологічного процесу метаногенерації на 3 стадії: гідроліз, кислото- та метаноутворення.



## 2.4 Температура.

На процеси анаеробного зброджування в значній мірі впливає температура. При зниженні температури в реакторі знижується інтенсивність утворення біогазу, оскільки мікробіологічні процеси в органічній масі сповільнюються, тому надійна теплоізоляція реактора - одна з найбільш важливих умов її нормальної роботи. Забезпечення необхідної для процесу бродіння температури і підтримка її на постійному рівні вимагає, щоб субстрат, який подається в реактор, підігрівався до потрібної температури, що залежить від обраного режиму зброджування.

Багато БГУ малого розміру були побудовані без систем підігріву і без теплоізоляції. Відсутність системи підігріву дозволить установці працювати тільки в психофільному режимі. Для забезпечення більш високої продуктивності установки по біогазу використовуються два методи підігріву: прямий (за допомогою пари або гарячої води) і непрямий підігрів через теплообмінник.

**Прямий підігрів.** Для забезпечення необхідного режиму ферментації рекомендується змішувати субстрат з гарячою водою (35-40°C). З метою кращого обігріву метантенка можна використовувати «тепличний ефект», для цього над куполом встановлюють дерев'яний або легкий металевий каркас і покривають поліетиленовою плівкою. Найкращі результати досягаються при температурі сировини 30-32°C і вологості 90-95%.

Прямий підігрів паром має ряд недоліків: перегрів сировини, необхідність установки парогенеруючої системи, яка включає очищення води від солей, значні капітальні витрати, високий вміст вологи в біогазі.

**Непрямий підігрів.** Непрямий підігрів здійснюється теплообмінниками, розташованими всередині або зовні реактора. В якості нагрівальних елементів застосовують теплообмінники у вигляді змійовиків, секцій радіаторів, паралельно зварених труб, шлангів, плоских теплообмінників, де теплоносієм служить гаряча вода з температурою близько 60°C. Більш висока температура підвищує ризик налипання зважених часток на поверхні теплообмінника. Теплообмінники рекомендується розташовувати в зоні дії перемішування, що допомагає уникнути осадження твердих часток на їх поверхні.

Нагрівачі, вбудовані в стінки реактора, доцільні лише в тому випадку, якщо ці стінки будуть знаходитися всередині субстрату, як це відбувається в двокамерному реакторі з внутрішньою перегородкою.

Зовнішній обігрів слід застосовувати тільки у поєднанні з системою примусової циркуляції субстрату, що хоча і тягне за собою відповідне підвищення витрат, але дозволяє надійно підтримувати потрібну температуру бродіння. При цьому завдяки одночасному підігріву і перемішуванню свіжого і циркулюючого субстратів різниця між температурами субстрату, що надходить в камеру і вже наявного там, буде незначною. Розташування теплообмінників поза робочого простору реактора значно полегшує доступ до них



для обслуговування і ремонту.

*Висновки.*

1. Поширення технологій анаеробного зброджування в Україні в даний час обмежений. У зв'язку з необхідністю впровадження біоенергетичних установок в агропромисловий комплекс потрібно рішення задачі інтенсифікації процесів метанового бродіння. В даний час існують мікробіологічні конструктивно - технологічні методи інтенсифікації процесу отримання біогазу.

2. Підвищення ефективності процесу метанового бродіння може здійснюватися мікробіологічними способами за рахунок інтенсифікації життєдіяльності мікроорганізмів, зокрема, створення високоактивних штамів мікроорганізмів, які вирощують в спеціальних культиваторах і вносяться у вигляді закваски в реактор, створення стимулюючих добавок, іммобілізації мікроорганізмів на різних носіях і коферментації.

3. Інтенсифікація процесу отримання біогазу за рахунок конструктивно - технологічних рішень дозволить підвищити кількість і якість вироблюваного біогазу, а також одержуваних органічних добрив. Підвищення ефективності протікання процесу метанового бродіння забезпечується за рахунок створення в реакторі рівномірного температурного поля і підтримки однорідності зброженої маси в результаті використання апаратів для підготовки субстрату і модифікації окремих елементів реактора.

*Література.*

1. *Шацький В.В.* Вплив структури субстрату на вихід біогазу при метановому зброджуванні / *В.В. Шацький, О.Г. Скляр, Р.В. Скляр, О.О. Солодка* // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2013. – Вип. 13, том 3. – С. 3 – 12.
2. *Веденев А.Г.* Биогазовые технологии в Кыргызской Республике / *А.Г. Веденев, Т.А. Веденеева.* – Бишкек: Типография «Евро», 2006. – 90 с.
3. *Ратушняк Г. С.* Інтенсифікація теплообміну та термостабілізація біореакторів / *Г. С. Ратушняк, В. В. Джеджула* // Вісник ВПІ. – 2006. – № 2. – С. 26–31. – ISSN 1997 –9266.
4. *Паніхава Е. С.* Биоэнергетические установки по конверсии органических отходов в топливо и органические удобрения / *Е. С. Паніхава, Н. Л. Кошкин* // Теплоэнергетика. – 1993. – № 4. – С. 20–23.



## **МЕТОДЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ МЕТАНОВОГО СБРАЖИВАНИЯ**

Скляр А.Г., Скляр Р.В.

### *Аннотация*

**Проанализированы существующие методы интенсификации процессов метанового брожения для использования их в разработанной экспериментальной биогазовой установке.**

## **METHODS FOR IMPROVED PROCESSES METHANE FERMENTATION**

A. Skliar, R. Skliar

### *Summary*

**Analyzed the existing methods of intensification of methane fermentation processes for use in the developed experimental biogas plant.**