

## АНАЛІЗ ОПТИМАЛЬНИХ УМОВ ФЕРМЕНТАЦІЇ В БІОГАЗОВИХ УСТАНОВКАХ

Ігнатенко Д.Г., бакалавр,

*Науковий керівник: Скляр Р.В., к.т.н.,*

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

Одним із шляхів утилізації сільськогосподарських відходів є біогазові технології, які дають змогу разом із розв'язанням екологічної проблеми отримувати високоефективні органічні добрива та енергію у вигляді біогазу [1-3]. Біогазова установка дає змогу переробляти різні види органічної сировини в добрива і енергію.

Аналіз існуючих досліджень [2,3] свідчить, що розвиток біогазових установок йде у двох напрямках.

Перший - це раціональне спрощення, а відповідно, і здешевлення тих установок, під час використання яких отримання біогазу не є головною метою порівняно з вимогами екологічної безпеки довкілля та отримання високоефективних органічних добрив. Ці розробки, зазвичай, пропонують для використання в невеликих фермерських господарствах.

Другий напрям - це створення сучасних високопродуктивних повнокомплектних біогазових установок на основі новітніх удосконалених конструкцій біореакторів, сучасних автоматизованих систем керування технологічним процесом, високоефективного теплотехнічного, електротехнічного і технологічного обладнання.

Оскільки розкладання органічних відходів відбувається за рахунок діяльності певних типів бактерій, то істотний вплив на нього робить навколишнє середовище [2]. Кількість виробленого газу значною мірою залежить від температури: чим тепліше, тим більші швидкість і ступінь ферментації органічної сировини. Однак, застосування надійної теплоізоляції, а іноді і підігрітої води, дозволяє освоїти застосування генераторів біогазу в районах, де температура зимку опускається до мінус 20°C.

Анаеробне бродіння в біореакторі процес складний і нестабільний, на нього впливають як зовнішні, так і внутрішні фактори: [2,5]:

- зовнішня температура;
- внутрішня температура середовища;
- лужність середовища, рН;
- наявність речовин інгібіторів;
- фракційний склад субстрату та його вологість і в'язкість;
- час бродіння;

- інтенсивність перемішування;
- вплив хімічного складу та типу вихідного матеріалу;
- термостабілізація процесу бродіння;
- тиск в системі;
- будова резервуара.

Вплив деяких із наведених чинників є досить значним і недотримання технологічних меж може зупинити процес. Інші мають не такий критичний вплив, але при сукупності дії всіх чинників їх ефект додається.

Окрім цього, існують певні вимоги і до сировини. Вона повинна бути придатна для розвитку бактерій, містити органічну речовину, що біологічно розкладається. Бажано, щоб середовище було нейтральним і без речовин, що заважають дії бактерій (інгібіторів) [3]. Такими речовинами є, наприклад, мило, пральні порошки, антибіотики тощо.

Для одержання біогазу можна використовувати рослинні і господарські відходи, гній, стічні води та інші відходи. У процесі ферментації суміш в резервуарі має тенденцію до поділу на три фракції. Верхня - кірка, що утворюється з великих часток, які захоплюється пухирцями газу, що піднімаються. Через якийсь час вона може стати досить твердою і буде заважати виділенню біогазу. У середній частині ферментатора накопичується рідина. В нижній частині фракція випадає в осад. Бактерії найактивніші в середній зоні. Тому вміст резервуара необхідно періодично перемішувати. Цей процес може здійснюватися за допомогою механічних пристосувань гідравлічними засобами (під дією насоса), під напором пневматичної системи (часткова рециркуляція біогазу) чи за допомогою різних методів самоперемішування [4]. Але перемішування хімічно активної маси всередині герметичного реактора - складне завдання. Перемішувачі деталі повинні бути зроблені з корозійностійкого матеріалу. Привід перемішувача повинен перебувати або всередині метантенку, або необхідно застосувати високоякісну перехідну муфту.

З усіх трьох способів найдешевшим і надійним для малих установок виходить [4] застосування перемішувача, що знаходиться всередині реактора. Спеціальні перехідні муфти не є стандартним виробом, тому застосування їх в малих і середніх біогазових установках доцільно при їх серійному випуску. Для пневматичного перемішування потрібен якісний пожежо- і вибухобезпечний компресор, а для гідравлічного перемішування - потужний фекальний насос. Тому два останні способи доцільніше застосовувати у великих установках.

Також, в наших дослідженнях приділено значну увагу підвищенню ефективності анаеробної переробки органічних речовин, а саме відходів тваринного і рослинного походження в біогаз. Ефективність метанового «бродіння» або біометаногенеза

підвищується при додаванні рослинної сировини, наприклад, амаранту [3], при цьому скорочується лаг-фаза зброджування відходів до 4-5 разів. При додаванні амаранту в умовах напівбезперервного режиму зброджування в пілотних реакторах ( $V=12$  л) закономірності газоутворення не змінюються; при цьому ступінь конверсії органічного субстрату збільшується з 65 до 83%.

Доказано, що активація метаногенезу безпосередньо не пов'язана з високим вмістом білка в амаранті: додавання фітомаси кропиви з вищим вмістом білка в субстрат надає пригноблюючу дію на метаногенез. Найбільш ефективним компонентом амаранту, що активує газоутворення, є метиленхлоридний екстракт (266,1 мл газу / г сухої речовини), що містить хлорофіл, фітостерини, каротин і переважно ліпіди. Економічно доцільно використовувати жом амаранту після відділення практично цінних з'єднань (містяться в метиленхлоридному, водному і спиртному екстрактах), його застосування як ко-субстрата при зброджуванні відходів дозволяє досягти вмісту метану в біогазі 73% і вище [3]. Яблучний жом аналогічно жому амаранту може служити ко-субстратом в процесі отримання біогазу; питома продуктивність в експерименті з яблучним жомом на 11% вище, ніж в контролі [3].

Одним з найбільш важливих факторів, що впливають на виділення біогазу, є співвідношення вуглецю і азоту C/N в перероблюваній сировині. Недостатність азоту служить фактором, який обмежує процес метанового бродіння. Надлишки азоту у вигляді аміаку стають токсичними для метанопродукуючих бактерій [1,5]. Оптимальним співвідношенням C/N, яке досягається змішуванням початкової органічної сировини, є співвідношення вуглецю і азоту від 10 до 20 [1].

Отриманий в процесі біометанізації біогаз в ідеальному випадку є безбарвним, таким, який не має запаху горючий газ, що має наступний склад: метан ( $\text{CH}_4$ ) 55-70% ; двоокис вуглецю ( $\text{CO}_2$ ) 30-45%; сірководень ( $\text{H}_2\text{S}$ ) 1-2%; азот ( $\text{N}_2$ ) 0-1%; водень ( $\text{H}_2$ ) 0-1% [1].

З точки зору температурних умов протікання процесу ферментації можна назвати три основних види мікроорганізмів:

- психофільні, що активні за температури 0...25°C;
- термофіли, що активні за температури 45...70 °C;
- мезофіли, що активні за температури 20...40 °C.

Існують мікроорганізми *Methanosarcina*, які активні при температурі від 20 до 70 °C.

Вказані температурні режими суттєво впливають на якість технологічного процесу та продуктивність біогазової установки, оскільки коливання температур в межах 4...5 °C різко змінює мікробіологічну активність анаеробних організмів [2,3]. Особливістю процесу в біогазових реакторах є те, що за рахунок недостатнього та нерівномірного прогрівання суміші коливання температур в об'ємі

субстрату стають значними, що не відповідає технологічним вимогам. Це зменшує вихід біогазу порівняно з теоретичним [2]. Вирішення задач термостабілізації біогазових реакторів можливо за рахунок підвищення термічного опору матеріалу захисних конструкцій. Тому, використання теплоізоляційних матеріалів є необхідним заходом для підтримання температурного режиму, уникнення температурних перепадів та зменшення витрат енергоресурсів в біогазових установках.

Аналіз проведених досліджень [5,6] показує, що для цього найефективнішим є використання запропонованих теплоізоляційних багатошарових конструкцій із герметичним повітряним прошарком. Крім того, затрати на виготовлення запропонованих багатошарових конструкцій є мінімальними завдяки використанню вторинних ресурсів. Теплогідроізоляційна багатошарова конструкція містить утеплювальний шар, що включає гідроізолювальний шар, металеву сітку та шар пароізоляції, а також додатковий шар теплоізоляції (алюмінієва фольга). Поверх нього розташовано шар пластикових пляшок із сухим повітрям, а зверху встановлено захисний матеріал від механічних пошкоджень.

#### ***Список літератури.***

1. *Шацький В.В., Скляр О.Г., Скляр Р.В., Солодка О.О.* Вплив структури субстрату на вихід біогазу при метановому зброджуванні. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь: ТДАТУ, 2013. Вип. 13. Т.3. С. 3-12.

2. *Skliar A., Skliar R.* Justification of conditions for research on a laboratory biogas plant. MOTROL: Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa. Lublin, 2014. Vol.16. No2. b. P.183-188.

3. *Скляр О.Г., Скляр Р.В.* Методи інтенсифікації процесів метанового зброджування. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь, 2014. Вип.4. Т.1 С. 3-9: сайт. URL: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/pdf4t1/3.pdf>

4. *Скляр О.Г., Скляр Р.В.* Аналіз способів та засобів для перемішування субстрату в метантенках біогазових установок. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019, Vol. 10, No 4. 19-26.

5. *Скляр О.Г., Скляр Р.В., Григоренко С.М.* Програма та методика експериментальних досліджень на лабораторній біогазовій установці. Вісник Харківського національного університету с. г. ім. П. Василенка: наукове фахове видання. Харків, 2019. Вип.199. С. 267-275.

6. *Скляр О.Г., Скляр Р.В.* Аналіз існуючих багатошарових захисних конструкцій біогазових установок. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь, 2014. Вип.4. Т.1. С. 88-94. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/pdf4t1/14.pdf>