

УДК 621.3.08:537.2

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ЧИННИКІВ АНАЕРОБНОГО МЕТАНОВОГО ЗБРОДЖЕННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ

Куценко Ю.М., к.т.н.,

Коломицев В.М., магістр.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619)42-31-59

Анотація – визначені основні чинники, які впливають на процес анаеробного збродження з метою отримання біогазу, розглянуті етапи газоутворення в залежності від температурного режиму у біореакторі

Ключові слова – біомаса, біогаз, мікроорганізми, температура, субстрат, час збродження

Постановка проблеми. Постійне зростання цін на енергоносії – лише зовнішній прояв факторів, які об'єктивно існують і не зникають з переходом від однієї суспільно-політичної формації до іншої, бо мають більш глибокий і глобальний характер. Добре відомо, що нинішній рівень споживання енергії став розмірним із запасами органічного палива – базою сучасної енергетики.

Підвищення рівня енергонезалежності – це один з головних чинників, які направлені на підтримання стабільності та подальшого розвитку народного господарства України.

З цією метою необхідно провести якісний енергетичний менеджмент, сприяти подальшому впровадженню енергоощадних технологій у сільськогосподарському виробництві, як одному із важливих гравців розвитку потенціалу держави.

Аналіз останніх досліджень. У нинішній ситуації головними чинниками ефективного розвитку сільськогосподарського виробництва повинна бути розробка і впровадження енергоощадних технологій виробництва сільськогосподарської продукції і широке використання поновлюваних джерел енергії (ПДЕ) в технологічних процесах і, в першу чергу – біомаси [1, 2].

Отримання газоподібного палива з біомаси, а саме біогазу – є більш привабливим та актуальним в умовах сільськогосподарського регіону. Найбільш привабливими у напрямку утилізації біомаси є тваринництво та птахівництво. Економічно привабливими проектами з

отримання біогазу є утилізація газу на полігонах твердих побутових відходів. Підприємства харчової промисловості та підприємства аграрного сектору (галузь переробки) мають змогу отримувати біогаз під час очистки стічних вод [3, 4].

Основним представником газоподібного палива при переробці біомаси є біогаз. Енергія, що отримується при спалюванні біогазу, може досягати від 60 до 90% тієї, якою володіє вихідний матеріал. Інша, – і дуже важливе, – гідність процесу переробки біомаси полягає в тому, що в його відходах міститься значно менше хвороботворних мікроорганізмів, ніж у вихідному матеріалі. Отримання біогазу економічно виправдано і є кращим при переробці постійного потоку відходів (стоки тваринницьких ферм, боєнь, рослинних відходів і т.д.). Економічність полягає в тому, що немає потреби в попередньому збиранні відходів, в організації та управлінні їх подачею; при цьому відомо, скільки і коли буде отримано відходів [5].

Формування цілей статті. У зв'язку з проведеним аналізом, необхідно визначити основні чинники та умови найбільш раціонального отримання біогазу.

Основна частина. Метанове зброджування представляє собою процес розкладання органічних сполук до кінцевих продуктів, в основному метану та вуглецю, у результаті життєдіяльності складного комплексу мікроорганізмів у анаеробних умовах. При оптимальних умовах ці гази можуть утворюватися у кількості приблизно рівній 90...95% біологічно розкладених сполук. Відповідно 5...10% речовини, використовуються на відтворення бактеріальних кліток.

Біогаз отримують шляхом метанового бродіння (анаеробного – без доступу повітря) біомаси органічного походження. Хімічний склад біогазу складається з метану CH_4 60...80%, вуглекислого газу CO_2 18...35% та не більш 2...5% інших хімічних сполук. Отриманий 1 м^3 біогазу еквівалентний 3...4 кВт електричної енергії або 1,5 кг кам'яного вугілля. Викид у повітря 1 м^3 газу за своїми згубними наслідками для зміни клімату еквівалентна викиду у атмосферу приблизно 12 м^3 вуглекислого газу, а викид 1 тони метану еквівалентний 21 тоні вуглекислого газу. З однієї тони біомаси отримується $350...400 \text{ м}^3$ біогазу з теплотою згорання $23...25 \text{ МДж/м}^3$ [6, 7].

Вологість суміші, що завантажується в біореактор, змінюється в залежності від співвідношення між кількостями осаду та надлишкового мулу. При цьому 60... 65% біогазу утворюється від розпаду жирів, решта 40...35% припадають приблизно порівну на частку вуглеводів і білків. Всі три зазначених компонента органічної речовини опадів зброджуються не повністю: межі їх зброджування складають 70% для жирів, 62,5% – для вуглеводів і 48% – для білків. Межі зброджування не залежать від температури, але швидкості розпаду кожного компо-

нента в термофільних умовах в 1,6...1,7 рази вище, ніж у мезофільних. Максимальною швидкістю розпаду мають білки, мінімальної - вуглеводи. Звідси випливає, що при зброджуванні опадів, що містять більше жирів, утворюється більша кількість газу, ніж при зброджуванні опадів, що містять більше білків (активний мул) і вуглеводів (гній та рослинні відходи).

Ферментація гною відбувається в анаеробних (без кисневих) умовах при температурі 30...55 °С (оптимально 40 °С). Загальна тривалість ферментації, що забезпечує знезараження гною, не менше 10 діб. ККД конверсії становить 90%. На практиці зброджування рідко ведуть до кінця, оскільки це сильно збільшує тривалість процесу. Звичайно зброджують приблизно 60% початкових продуктів. Вихід газу складає приблизно від 0,2 до 0,4 м³ на 1 кг зароджу вального сухого матеріалу при нормальних умовах і при витраті 5 кг сухої біомаси на 1 м³ води.

Метанові бактерії – які існують тільки у анаеробному середовищі впливають на швидкість протікання реакції. Швидкість анаеробного зброджування залежить від метаболічної активності метанових бактерій. На метаболічну активність впливає температура. За даними дослідів – найвища активність спостерігається при температурі біля 33 °С та 54 °С. Слід зазначити що з підвищенням температури до 54 °С – умови для утворення біогазу поліпшуються, а з пониженням до 13 °С – мікробіологічна активність майже припиняється.

Головними чинниками, які впливають на процес – є хімічний склад субстрату, температура у реакторі, вологість, час зброджування. Залежність, яка описує процес можна представити у наступному вигляді

$$B = f(\Theta, C_{жир}, C_{білк}, C_{вугл}, C_{ПАР}, W) \quad (1)$$

де Θ – температура бродіння;

$C_{жир}$ – вміст жирів, %;

$C_{білк}$ – вміст білків, %;

$C_{вугл}$ – вміст вуглеводів, %;

$C_{вугл}$ – вміст поверхнево-активних речовин (ПАР) в осаді;

W – вологість суміші, %.

Для визначення найбільш суттєвого фактора проведено аналіз чутливості кожного фактору. На рисунку 1 – приведена діаграма аналізу параметрів. У процесі зброджування мікроорганізми адаптуються до заданого температурного режиму. При перекладі мезофільного режиму на термофільний адаптація зазвичай закінчується за 10...20 діб завдяки тому, що мезофільне біологічне співтовариство завжди включає деяку кількість (більше 10%) термофільних мікроорганізмів.

З рис. 1 видно, що вихід біогазу найбільш впливовіший до зміни температури в реакторі (45%) [1, 4].

Аналізуючи графік представлений на рис. 2, бачимо, що найбільший вихід біогазу досягається при температурах 33...34 °С. З цією метою для підвищення ефективності отримання біогазу потрібно стабілізувати температуру на рівні плюс 34 °С в діапазоні регулювання ± 1 °С.

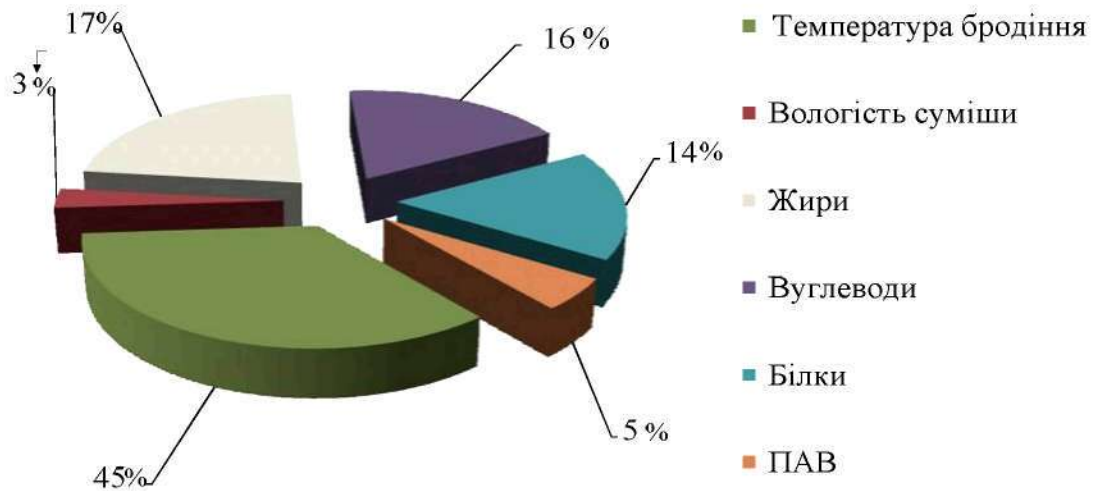


Рис.1. Діаграма впливу параметрів на вихід біогазу.

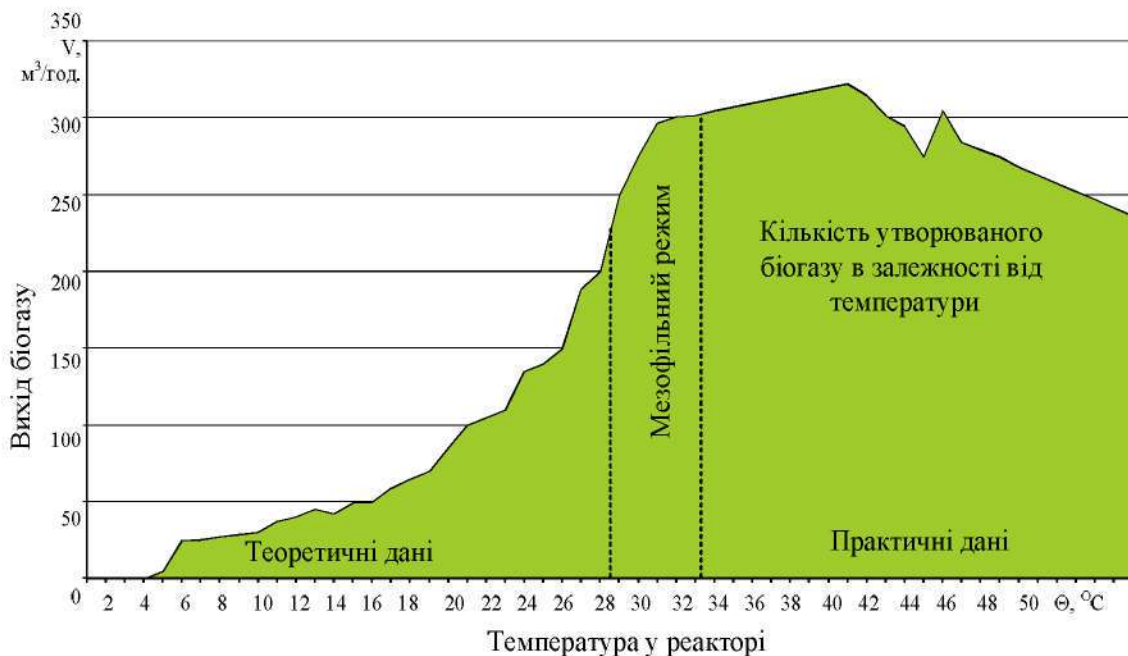


Рис. 2. Залежність виходу біогазу від температури.

Температура є одним з найважливіших факторів, що впливають на швидкість росту мікроорганізмів і основні біохімічні реакції. Діа-

пазон температур, при якому можливе анаеробне зброджування, досить широкий: у природі метан утворюється при температурах від 0 до 97 °С [3]. Розрізняють три основні температурні зони життєдіяльності мікроорганізмів: психрофільні до 20 °С, мезофільних від 20 до 40 °С і вловлювача від 50 до 70 °С; в кожній зоні біохімічні процеси здійснює своя специфічна асоціація мікроорганізмів.

Були отримані криві залежності між температурою і тривалістю процесу, необхідної для досягнення глибокого ступеня зброджування (рис. 3) [2, 5].

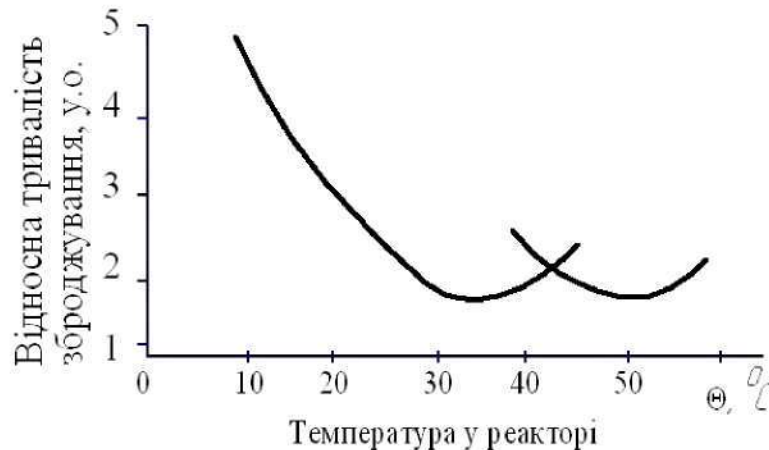


Рис. 3. Залежність відносної тривалості зброджування від температури.

Оптимальними температурами для анаеробного метанового зброджування вважаються в психрофільній зоні 15...17 °С, в мезофільній 30...35 °С і в термофільній 53...55 °С [4] (рис. 4). Однак є дані відкритого друку, що температурні оптимуми при зброджуванні різних органічних субстратів зсуваються на декілька градусів у бік зменшення чи збільшення, що потребує додаткових практичних досліджень.

Процес зброджування необхідно здійснювати при оптимальному температурному режимі, навіть короткочасне порушення якого, особливо в бік зниження температури, призводить до гальмування стадії метаногенеза, оскільки, як зазначалося вище, метанові бактерії є досить чутливими організмами. При цьому можуть активно проходити стадії гідролізу і кислотоутворення, здійснювані більш стійкими гідролітичними мікроорганізмами, що призводить до накопичення кислот та інших проміжних продуктів, порушення трофічних зв'язків у мікробному консорціумі та процесу в цілому.

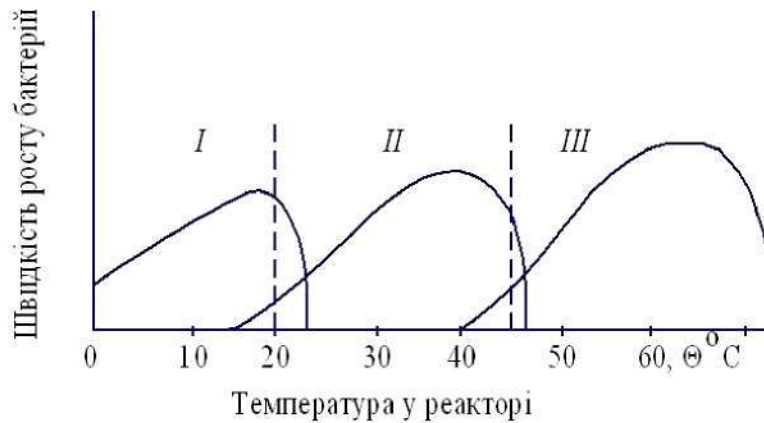


Рис. 4. Залежність швидкості росту бактерій при різних температурних режимах.

Ступінь впливу короткочасного зниження або підвищення температури на показники процесу зброджування видно з наступних прикладів. За даними Родігера, зниження температури всього на $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ відбивається на показниках процесу. Чим вище температура зброджування, тим вже допустимі межі її коливань. При $\Theta = 38\text{ }^{\circ}\text{C}$ допустиме коливання температури складає $\pm 2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, а при $\Theta = 53 \dots 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ воно одно $\pm 0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Зниження температури з 50 до $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 2 діб з подальшим підвищенням на $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ призводить до зниження виходу біогазу на 11%, а якщо вказане зниження температури відбувається протягом 5 діб, то вихід газу повністю припиняється. Зниження температури з 50 до $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 2...5 діб призводить до повного припинення газовиділення. Є дані, що підвищення температури з 38 до $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 12 год. з подальшим відновленням початкової температури повністю зупинило газовиділення, яке знову почалося лише на 18 добу [3,5]. Найбільше практичне застосування знайшли два температурні режими, при яких зазвичай здійснюється процес зброджування: мезофільний ($32 \dots 35\text{ }^{\circ}\text{C}$) і термофільний ($52 \dots 55\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Висновок. Процес зброджування необхідно здійснювати при оптимальному температурному режимі, навіть короткочасне порушення якого, особливо в бік зниження температури, призводить до гальмування стадії метаногенеза, оскільки, як зазначалося вище, метанові бактерії є досить чутливими організмами.

Найбільше практичне застосування знайшли два температурні режими, при яких зазвичай здійснюється процес зброджування: мезофільний ($32 \dots 35\text{ }^{\circ}\text{C}$) і термофільний ($52 \dots 55\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Температура займає до 45% віз загальних чинників, які впливають на процес зародження і за нашою думкою являється найбільш впливовим фактором для ефективного отримання біогазу.

Література

1. Биогазгенератор и применение биогаза. [электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ecoinfo.ru/kyoto/terminy.htm.
2. Биоэнергетика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.combienergy.ru
3. Біогазові установки в Україні та Російській Федерації [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/27700.html>.
4. *Гелетуха Г.Г.* Обзор технологии добычи и использования биогаза на свалках и полигонах твердых бытовых отходов и перспективы их развития в Украине: учеб. пос./ З.А. Маценюк. – К.: Институт теплофизики НАН Украины, 1999. – 180 с.
5. Енергоощадні технології. Біогазові установки. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.sinus.org.ua/star/index.files/alt_biogaz_fermer.htm.
6. *Блюм Я.Б.* Новітні технології біоконверсії: Монографія / Я.Б. Блюм та інші. – К.: «Аграр Медіа Груп», 2010. – 326 с.

**АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ АНАЭРОБНОГО
МЕТАНОВОГО СБРАЖИВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ
БИОГАЗА**

Куценко Ю.Н., Коломыцев В.М.

Аннотация

Определены основные факторы, влияющие на процесс анаэробного сбраживания с целью получения биогаза, рассмотрены этапы газообразования в зависимости от температурного режима в биореакторе.

**ANALYSIS OF KEY FACTORS IN ANAEROBIC
METHANE FERMENTATION FOR PRODUCTION BIOGAS**

Yu. Kutsenko, V. Kolomytsev

Summary

The main factors influencing the process of anaerobic digestion to produce biogas, we consider the stages of gas generation as a function of temperature in the bioreactor.