

УДК 631.333.92:631.22.018

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕТАНОГЕНЕРАЦІЇ ПТАШИНОГО ПОСЛІДУ

Скляр Р.В., к.т.н.

Григоренко С.М., асистент

*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

У сучасному світі велика увага приділяється проблемі поновлюваних і альтернативних джерел електричної і теплової енергії [1-3]. При цьому проекти, що вирішують завдання поліпшення екологічної обстановки і одночасно отримання електричної та теплової енергії, є в даний час унікальними.

Переробка гною з отриманням біогазу, добрив та інших супутніх продуктів вирішує проблеми захисту навколишнього середовища, підвищення родючості земель, отримання екологічно чистого виду енергії [3,4]. По даній проблемі проведені численні дослідження [4-7], особливо з питання визначення потенціалу виходу метану з різних сільськогосподарських відходів, за оцінкою і оптимізацією умов виробництва біогазу. Розроблені численні моделі, що враховують біологічні та фізико-хімічні основи анаеробного бродіння, а також кінетику росту метанотвірних мікроорганізмів. При оцінці загальної швидкості виробництва біогазу в анаеробних реакторах лімітуючою стадією виступає метаногенна стадія, незважаючи на те, що метанотвірні бактерії мають більш низьку швидкість росту, ніж кислототвірні бактерії [4,5]. Кінетичні параметри виробництва метану полегшують розуміння процесу метаногенезу і оптимізацію роботи біогазових установок.

Технологічне рішення переробки в реакторі біогазової установки чистого пташиного посліду являє собою складну задачу, до сих пір серйозно не вирішуване європейськими виробниками подібних установок [3,4]. Складність полягає в тому, що при переробці пташиного посліду всередині реактора підвищується концентрація іонів амонію (NH_4), зростає кислотність (рН), і реакція гасне частково або повністю [5].

Розповсюдженими способами вирішення цієї проблеми є підмішування ко-субстратів, багатих вуглецем (наприклад, силосних трав), або додавання реагентів, які пов'язують амоній. У першому випадку складність полягає в доступності інших видів сировини, а в другому випадку зброджувану сировину складно буде класифікувати як біодобрива і застосовувати для органічного землеробства, так як при виготовленні шламу використовуються неорганічні реагенти.

Для анаеробного бродіння в реакторі біогазової установки оптимальним вважається співвідношення вуглецю і азоту (C:N) у вихідній суміші сировини 15:1. Для пташиного посліду це співвідношення становить 8:1 [5]. Секрет полягає в особливостях травлення птиці. На відміну від жуйних тварин, птиця перетравлює лише малу частину поживних речовин корму, тому послід виходить багатим неперетравленими білками і протеїнами, з яких в процесі гідролізу і виділяються іони амонію. Подібними ж властивостями, хоча і в меншій мірі, володіють травні тракти свиней і навіть людей. І тільки коров'ячий гній ідеально підходить для реакції анаеробного бродіння, але через малий вміст поживних речовин вихід біогазу з гною великої рогатої худоби невисокий.

Процес анаеробного бродіння з виділенням біогазу умовно поділяють на чотири фази по типу процесів, що відбуваються [6,8]. Це фаза гідролізу, ацидогенезу, ацетогенезу і метаногенезу. У кожній фазі працює свій тип бактерій. На фазі гідролізу бактерії розщеплюють жири, білки і вуглеводи на більш прості молекули, типу цукрів, амінокислот і т.п. Бактерії, що працюють в цій фазі, ефективніше функціонують при температурах психрофільного режиму. Тому існує технологія двостадійного анаеробного бродіння, коли реакція відбувається в двох послідовно з'єднаних ємностях [4,7]. У першій ємності відбуваються дві перші фази анаеробного бродіння при температурі 25 °С. У другій ємності відбуваються третя і четверта фази при температурі 37...38 °С. Таке рішення дозволяє оптимізувати і стабілізувати протікання процесу для деяких типів сировини. На фазі ацидогенезу утворюються різні органічні кислоти. На фазі ацетогенезу утворюється оцтова кислота. І на фазі метаногенезу утворюється біогаз.

Для забезпечення можливості метаногенерації пташиного посліду необхідно запровадити наступні умови:

1. Фізичне відокремлення двох перших фаз анаеробного бродіння, що дозволить зосередитися на створенні найсприятливіших умов саме для бактерій 3 і 4 фази, а також використовувати реактор гідролізу в якості місця приготування оптимальної поживної суміші для бактерій 3 і 4 фази.

2. Імобілізація бактерій, яка відбудеться за рахунок зміни конструкції реактора, і дозволить домогтися високої стійкості і живучості всієї спільноти бактерій ферментатора. Це особливо важливо у зв'язку з тим, що бактерії цих фаз мають дуже низьку швидкість ділення. Тим самим знизиться вплив несприятливих факторів на загальну виживаність біологічного середовища ферментатора.

3. Гідравлічна багатоканальна і багатоточна система перемішування субстрату в реакторі [9]. Сучасні реактори стандартної європейської конструкції не дозволяють застосовувати метод імобілізації бактерій, оскільки цьому заважають механічні системи перемішування, що застосовуються. Гідравлічна система перемішування субстрату в

реакторі дозволить якісно і рівномірно перемішати вміст ферментатора при будь-якій геометричній конфігурації засобів іммобілізації бактерій, а також направляти рух субстрату в реакторі по заданій траєкторії.

4. Для анаеробних бактерій дуже важливо не тільки правильне витримання температури реакції, але і першої похідної температури по часу в вузьких жорстких рамках. Сучасна європейська методика обігріву субстрату стінками реактора або зовнішнім теплообмінником дозволяє підтримувати ці параметри досить грубо [6,7]. Оптимальним способом підігріву є «тепла підлога». Дана система забезпечить максимальну рівномірність прогріву субстрату в реакторі, а також не загромаджує внутрішній простір в реакторі. А система гідравлічного перемішування з забиранням субстрату з днища реактора позбавить від скупчення на днище осаду, що перешкоджає рівномірному і ефективному прогріванню субстрату.

5. Загальний утеплений купол дозволить помітно зменшити загальну вартість установки за рахунок утилізації вторинного тепла, «втраченого» реакторами, для цілей обігріву всіх комунікацій, допоміжних блоків і приміщень установки. Тим самим купол позбавить від впливу на реакцію великих коливань зовнішньої температури і вологості [8], дозволяючи створювати як конструкції для особливо холодного клімату, так і для жарких тропічних країн. У жаркому кліматі купол дозволить підтримувати зовні реакторів і в службових приміщеннях комфортну температуру методом кондиціонування.

У запропонованій установці використовуються всі три режими. Реактор гідролізу і гомогенізатор - психрофільний режим; основний ферментатор (метантенк) - мезофільний режим; доброджувач (додатковий метантенк періодичної дії) - термофільний режим. Основна патогенна мікрофлора гине в ферментаторі (через неприйнятні для їх існування умови), а особливе стійкі патогенні мікроорганізми гинуть в доброджувачі за рахунок підвищеної температури.

Для отримання можливості максимально ефективного використання біогазової установки [10] в її розробці використовують наступні унікальні технічні рішення:

1. Наявність укриття-ковпака з сучасного матеріалу забезпечить постійну температуру всього комплексу і таким чином зведе нанівець ризику негативного кліматичного впливу (різкі перепади температур і вологості) і підвищить енергоефективність комплексу шляхом мінімізації втрат енергії в атмосферу.

2. Передбачити можливість адаптації біогазової установки під особливості конкретного підприємства. Встановлення оптимальних силових показників, чітке дотримання яких суворо обмовляється, і є гарантією успішності роботи біогазової установки. Тільки після цього виготовлюється біогазова установка в реальному масштабі, запускається

на місці виробництва, проходить випробування і далі транспортується на місце свого цільового базування.

3. Стіни ємностей, їх кришки і стіни купола виготовити з панелей 1,2*4 м - багатошаровий пластик. Плановий термін експлуатації панелей - 50 років.

4. Передбачити двостадійну переробку з використанням попереднього реактора гідролізу.

5. Бактерії ацетогенів і метаногенів мобілізуються в основному ферментаторі.

6. Багатоканальна багатоточна система гідравлічного перемішування - перерозподілу субстрату функціонує всередині ферментатора.

7. Спеціальна конструкція фундаменту реакторів дозволить термоізулювати днище реактора від підстильної поверхні землі.

8. Передбачити систему обігріву субстрату методом «тепла підлога».

9. Додатковий загальний утеплений купол покриває всі реактори та інші функціональні блоки і комунікації біогазової установки.

Завантаження в приймальну ємність проводиться за фактичним надходженням посліду. З приймальної ємності, в міру її заповнення, послід надходить в гомогенізатор [10,11]. Об'єм гомогенізатора - не менше дводобового об'єму сировини, що поступає, з урахуванням об'єму води, необхідної до доведення вологості субстрату до 90%. Кількість води, що додається, залежить від вологості посліду, щільності сухої речовини, щільності субстрату. Суха речовина сировини складається з органічних і неорганічних речовин. Їх співвідношення характеризується таким параметром як зольність. Ці параметри визначаються експериментально в процесі роботи лабораторної технологічної установки [10], а також в лабораторних умовах. З гомогенізатора розбавлений субстрат надходить в гідроліз порціями, рівними 1/12 загального об'єму камери гідролізу. Періодичність надходження визначається програмою і коригується автоматикою виходячи з даних датчиків по PH, NH₃ тощо [8,10]. В гомогенізатор частково надходить віджатий і спеціально підготовлений фільтрат. Об'єм води і субстрату весь час коригуються таким чином, щоб вологість вихідного субстрату була 90...92%. Відсоток заповнення реакторів стабільний і дорівнює 80%. Час надходження субстрату в біогазову установку становить 12 діб.

Пропонована біогазова установка із загальним утепленням куполом забезпечує максимальну незалежність технології виробництва біогазу від зовнішніх кліматичних умов [7,8]. Всі елементи біогазової установки знаходяться всередині легкого матерчатого купола, який, з одного боку, захищає від атмосферного впливу, з іншого боку, забезпечує відносно стабільну температуру всередині купола, що має важливе значення для проходження технологічних процесів. Каркас купола складається з вертикальних і похилих колон, а також кровляної системи, що

рівномірно спирається на всі колони. Другий продукт роботи біогазової установки - біогумус. В процесі роботи біогазової установки виділяється не тільки біогаз. Розкладанню піддається тільки органічна суха речовина [8,10]. Такі складові субстрату, як вода і неорганічні включення (пісок, зола і ін.) виходять з реактора в незмінному вигляді. У біогаз, воду і мінеральні солі перетворюється зазвичай 40...60% органічної речовини. Глибина розкладання рідко перевищує 80% [7]. Співвідношення органічної сухої речовини до загальної маси субстрату зазвичай становить не більше 10%, тому при додаванні свіжого субстрату в реактор біогазової установки з нього виливається майже стільки ж шламу (збродженого субстрату), скільки залилося. Шлам (метановий ефлюент) являє собою якісне добриво чисто органічного походження. В процесі бродіння субстрату в реакторі всі потенційно шкідливі для навколишнього середовища фактори, присутні у вихідній сировині, зникають, тому шлам зазвичай має слабкий запах печеного хліба.

Шлам біогазової установки [11] складається з води, неорганічних нерозчинних речовин, неорганічних розчинних солей (серед яких переважають солі, що містять азот, фосфор і калій), частково розкладених органічних сполук, серед яких є такі корисні речовини, як гумінові кислоти, фульвокислоти, різні вітаміни, і бактерій, які забезпечували процес анаеробного бродіння. Все це при внесенні в ґрунт забезпечує харчування для рослин, прискорює їх зростання, покращує їх опірність хворобам. Через здатність оздоровлювати ґрунт шлам біогазової установки часто називають біогумусом. Особливо часто цю назву застосовують для відсепарованого шламу, тобто віджатого до вологості 75%. Такий віджятий шлам за зовнішнім виглядом вже сам по собі нагадує шар плодорідного ґрунту. Крім інших переваг, біогумус є вкрай економічним добривом. Якщо виразити нормативи внесення шламу в кількостях азоту, фосфору і калію [11,12], то вони також будуть нижчими, ніж подібні нормативи для внесення штучно синтезованих мінеральних добрив. Таким чином, побічний продукт виробництва біогазу - шлам біогазової установки, або біогумус - ефективний і економічний відновник ґрунту, концентроване джерело ґрунтових мікроорганізмів, життєдіяльність яких повністю відновлює бідні і виснажені ґрунти [11]. Після внесення біогумусу ґрунт на кілька років набуває свою первісну силу і родючість.

Висновки. Реалізація концепції застосування біогазової установки для отримання біогазу і біогумусу дозволить підприємству при спалюванні отриманого біогазу на 25% задовольнити потребу в теплі, що використовується для вирощування птиці цілий рік. Продаж отриманого біодобрива дозволить додатково компенсувати ще 30% ...40% поточних витрат на тепло. Запропонована технологія переробки пташиного посліду підвищить соціальну відповідальність бізнесу в справі поліпшення екологічної обстановки в країні, частково вирішить проблеми

підвищення енергоефективності підприємства за рахунок зниження споживання зовнішніх енергетичних ресурсів. В цілому впровадження біогазової установки підвищить економічну ефективність роботи підприємства за рахунок зниження собівартості основного виробництва - продукції, що випускається.

Список використаних джерел

1. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник / Б.В. Болтянський та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.
2. Войтов В.А. Аналіз технологій утилізації відходів птахівництва за кордоном. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 4. С. 100-109. DOI: 10.31388/2078-0877-19-4-100-109.
3. Скляр Р.В. Дослідження способів утилізації відходів птахівництва і тваринництва. Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України: Зб. наукових-праць. Ніжин, 2019. Вип. 12. С. 298-304.
4. Болтянська Н.І. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. Міжн. ел. наук.-пр. журнал WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121.
5. Мілько Д.О. Особливості процесу метаногенерації пташиного посліду. Науковий вісник ТДАТУ: Електронне наукове фахове видання. – Вип.8. Т.2.- Мелітополь: ТДАТУ, 2018. (DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-6)
6. Скляр О.Г. Аналіз роботи біогазових установок. Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник. Вип. № 10 (109). ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2019. С. 132-138.
7. 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.
8. Скляр О.Г. Аналіз технологій підготовки залишків після анаеробного бродиння. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Харків, 2015. Вип. 156. С. 649-655.
9. Скляр Р.В., Скляр О.Г. Обґрунтування способу перемішування субстрату для експериментальної біогазової установки. Науковий вісник ТДАТУ [Електронний ресурс]. Мелітополь, 2020. Вип. 10. Т. 1. DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-6
10. Скляр О.Г. 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.
11. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Властивості біодобрих, що отримуються після анаеробної ферментації гною. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2013. Вип. 13. Т.3. С.110-118.
12. Boltianska N., Sklar R., Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Сб. научн. ст. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519-522.