

## АНАЛІЗ ФАКТОРІВ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ АНАЕРОБНОГО МІКРОБІОЛОГІЧНОГО БРОДІННЯ У БІОГАЗОВИХ УСТАНОВКАХ

Дехтяр І.В.

*Тернопільський національний економічний університет, здобувач*

Сам процес утворення газу — це так зване метанове бродіння. Його суть полягає в анаеробному бродінні (без доступу повітря), яке відбувається внаслідок життєдіяльності мікроорганізмів і супроводжується рядом біохімічних реакцій. Власне сам процес утворення біогазу (метаногенез) складається з трьох етапів.

На першому етапі метаногенезу шляхом гідролізу відбувається розкладання високомолекулярних сполук (жири, білки, вуглеводи) на низькомолекулярні органічні сполуки.

На другому етапі за участю кислотоутворюючих бактерій відбувається подальше розкладання з утворенням органічних кислот і їх солей, а також спиртів,  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2$ , а потім  $\text{H}_2\text{S}$  і  $\text{NH}_3$ . Ці кислоти окислюються переважно до ацетату і діоксиду вуглецю. Утворюються також водень, аміак, сірководень.

На третьому етапі за участю ферментів, що їх продукують спорові і неспороутворюючі сарцинові і сарциноподібні мікроорганізми, органічні речовини перетворюються на метан ( $\text{CH}_4$ ) і діоксид вуглецю ( $\text{CO}_2$ ). Крім того, з  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2$  утворюється в подальшому додаткова кількість  $\text{CH}_4$  і  $\text{H}_2\text{O}$ .

Ці реакції протікають одночасно, причому умови існування метаноутворюючих бактерій значно вищі, ніж кислотоутворюючі. Швидкість і масштаби анаеробного бродіння метаноутворюючих бактерій залежать від їх метаболічної активності.

Вихід газу у біогазовій установці залежить від численних факторів, вплив яких, обумовлений конструкцією установки і виробничими умовами.

Одним з основних факторів, що впливає на процес бродіння є температура. Вона впливає на обсяг газу, який можна отримати з певної кількості органічної речовини протягом заданого часу, а також на технологічний час процесу бродіння, необхідний для вивільнення при відповідній температурі певної кількості газу. Крім того, температура впливає на якість газу. Метаболічна активність і репродуктивна здатність мікроорганізмів знаходяться у функціональній залежності від температури.

Лужність, рН, вміст кислот. Завдяки буферним властивостям(лужності) субстрату рН підтримується на постійному рівні. Ці властивості виявляються шляхом утворення карбонатів у кількостях, що перевищують кількість  $\text{CO}_2$ , що виділився при бродінні. Як тільки значення рН опуститься нижче 6,5 може вийти надлишок летючих кислот, який знижує активність метанових бактерій. Отже, в якості оптимальних значень можуть бути названі:

- Лужність 1500 ... 5000 мг  $\text{CaCO}_3$  на 1 л субстрату;
- рН 6,5 ... 7,5;
- вміст летючих кислот 600...1500 мг на 1 л субстрату.

Інгібітори. До речовин, які в занадто великій концентрації перешкоджають життєдіяльності мікроорганізмів, відносяться перш за все важкі метали та їх солі, лужні метали, лужноземельні метали, аміак, нітрати, сульфіді, детергенти, органічні розчинники, антибіотики.

Поживне середовище. Передумовою безперешкодного розмноження бактерій служить наявність поживного середовища, яке містить як вуглець і кисень для забезпечення цього процесу енергією, водень, азот, сірку і фосфор - для утворення білка, так і лужні метали, залізо і мікроелементи. Якщо у вихідному субстраті вуглеводів більше, ніж білкових речовин, то утворюється мало амонійного азоту. Внаслідок цього виділяється менше  $\text{CH}_4$  і більше  $\text{H}_2$  і  $\text{CO}_2$ , що веде до збільшення виходу кислот, зниження рН і тим самим до подальшого зменшення інтенсивності метанового бродіння. З іншого боку, надлишок білка і амінокислот обумовлює збільшення значення рН (більше 8), що також призводить до загасання процесу метаноутворення.

Склад газу. Кількість і склад газу, що утворюється в результаті повного розкладання органічної речовини, залежить від співвідношення С: Н: О: N у вихідному матеріалі і від температури процесу бродіння. З найважливіших сполук, що входять до складу органічної речовини, жири обумовлюють

найбільший вихід газу з високим вмістом  $\text{CH}_4$ , білкові речовини — трохи менший, але теж з високим вмістом  $\text{CH}_4$ , і вуглеводи — відносно мало газу з найменшим вмістом  $\text{CH}_4$ .

Концентрація твердих частинок. Передумовою високої інтенсивності реакції служить безперешкодний обмін речовин на граничних поверхнях фаз, який повинен підтримуватися безперервним оновленням цих поверхонь завдяки перемішуванню субстрату. Однак це можна забезпечити тільки в тому випадку, якщо в'язкість субстрату допускає свободу переміщення рідини, зважених твердих частинок, особливо бактерій, і бульбашок газу. Верхня межа концентрації твердих частинок, при якій ще можливо вільне переміщення фаз, для субстрату з дрібнодисперсного суспензією твердих речовин відповідає 10...12%. При великих значеннях вихід значно зменшується. Шляхом інтенсивного перемішування і відповідного підведення енергії небажаний ефект можна істотно обмежити.

На вихід газу окрім факторів впливають також склад вихідного матеріалу та розміри твердих частинок.

Слід звертати особливу увагу на склад субстрату. При цьому перш за все потрібно враховувати характерне для певних умов високий вміст лігніну, який практично не розкладається мікробами і, отже, не бере участі у процесі газоутворення. Але шляхом механічного, хімічного або теплового впливу лігніну комплекси можна зробити доступними для біохімічного розкладання.

Активного обміну речовин і високої швидкості біохімічних обмінних процесів можна досягти, якщо підтримувати і безперервно оновлювати максимально можливу величину граничних поверхонь між твердою і рідкою фазами. Тому тверді матеріали, особливо рослинного походження, повинні бути попередньо підготовлені за допомогою ріжучих пристроїв, щоб в результаті ефективного механічного впливу отримати частинки меншого розміру.

На додаток до вже названих чинникам істотне значення також мають:

- завантаження робочого простору (кількість завантаженої органічної маси, що припадає на одиницю часу та одиницю чистого обсягу реактора);
- технологічний час циклу бродіння (час перебування в реакторі закладеної в нього органічної маси);
- інтенсивність перемішування (досягається контакт бактерій з субстратом внаслідок постійної зміни орієнтації та оновлення граничних поверхонь окремих фаз, а також ускладнюється накопичення проміжних і кінцевих продуктів процесу розкладання).

Таким чином, якщо процес анаеробного мікробіологічного бродіння у біогазовій установці описувати макромоделлю у вигляді «чорної скриньки», то на структурному рівні її можна зобразити у вигляді наведеному на рисунку 1.

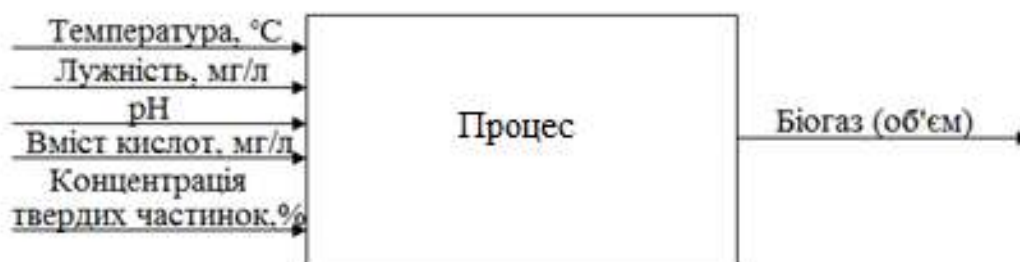


Рисунок 1 – Вхідні та вихідні змінні макромоделі процесу анаеробного мікробіологічного бродіння у вигляді «чорної скриньки»

#### Список використаних джерел

1. Баадер В., Доне Е., Бренндерфер М. Биогаз: Теория и практика (Пер. с нем. и предисловие инженера М. Серебряного) – М. Колос, 1982. – 148 с.