

УДК 502.3:556

**Мокроусова О.Р.**, д.т.н., професор,  
**Майстренко Л.А.**, к.т.н., доцент,  
Київський національний університет  
технологій та дизайну, Київ, Україна  
**Сакалова Г.В.**, д.т.н., професор,  
Вінницький національний технічний  
університет, Вінниця, Україна

## **РОЛЬ МЕТАНОГЕННОГО ПОТЕНЦІАЛУ БІОМАСИ У ВИРОБНИЦТВІ БІОГАЗУ**

Останніми роками джерела біоенергії набули особливої важливості через зростаючу увагу до екологічних проблем і постійне підвищення цін на невідновлювальні енергоносії. У зв'язку з цим у багатьох країнах, зокрема в державах Європейського Союзу, значний акцент робиться на застосуванні відновлюваних джерел енергії, таких як біомаса, яка дедалі більше покриває енергетичні потреби [1].

Сучасні технології виробництва біогазу є досить складними, а також довготривалими та витратними, як і всі інші біотехнологічні процеси. Проте використання порівняно дешевої біомаси й біовідходів дає змогу суттєво інтенсифікувати процес метаногенезу, отримуючи кінцевий продукт із меншими економічними затратами. Це також сприяє екологічно безпечній та ефективній утилізації відходів і побічних продуктів. Тому дослідження структури та складу такої біомаси, а також пошук стимулювальних добавок рослинного й тваринного походження, які можуть підвищити вихід метану, залишаються актуальними та мають значний практичний інтерес [2].

Переробка органічних відходів у біогаз здійснюється через складний комплекс біохімічних перетворень, відомий як ферментація біомаси (метаногенез). Цей процес стає можливим завдяки діяльності бактерій і відбувається у спеціально призначеному обладнанні – ферментаторах. Біогазові установки слугують ключовими технічними засобами для утилізації різноманітних органічних відходів, включаючи агропромислові та комунальні.

Метаногенез дозволяє переробляти широкий спектр органічних сполук, здебільшого відходів, що сприяє вирішенню нагальної екологічної проблеми їхньої безпечної утилізації. Матеріали, які входять у процес ферментації, представлені різними видами органічних субстратів, які можуть

використовуватися як окремо, так і в складі змішаних складів.

Для ефективного здійснення метаногенезу необхідно оцінювати метаногенний потенціал біомаси, а також щоб біологічні субстрати відповідали певним вимогам (рис. 1):

<p><b>Вологість та вміст сухої речовини</b></p> <p>Оптимальна вологість субстрату – 92-94%, мінімально допустима межа – 90%. Низький вміст сухої речовини (менше 10%) ускладнює процеси перемішування та транспортування, високий вміст (понад 40%) ускладнює «переробку» органічної речовини мікроорганізмами викликає блокування системи.</p>	<p><b>Температура процесу і рівень рН у біореакторі</b></p> <p>Для мезофільної метанізації оптимальна температура – 35-37°C, а для термофільної – 55-60°C. Оптимальний рівень рН – 6,8 до 7,5. Відхилення уповільнюють активність мікроорганізмів.</p>
<p><b>ВИМОГИ ДО БІОМАСИ</b></p>	
<p><b>Структура відходів</b></p> <p>Визначає ступінь біологічного розкладу органічної сировини та ефективність метаногенезу. Основні показники – вміст загального та розчиненого карбону, концентрація хімічних сполук, співвідношення біогенних елементів, мікронутрієнти, розмір частинок субстрату, температура.</p>	<p><b>Вміст у субстраті твердих домішок, що не підлягають біорозкладу</b></p> <p>Впливає на час утримання субстратів у реакторі, ступінь зношування обладнання, якість утвореного дигестату, як добрива. Також наявність домішок впливає негативно на ряд економічних показників.</p>

Рис. 1. Характеристика вимог до показників біомаси

Метаногенний потенціал субстратів, також відомий як потенціал продукції метану (Biochemical Methane Potential, BMP), визначають здебільшого на основі показників структури відходів. Ключовими параметрами для визначення цього потенціалу є: питомий вихід біогаз, співвідношення вмісту вуглецю до азоту (C:N), де оптимальним вважається діапазон C:N у межах 20–30 за масою для сировини чи суміші на вході в біореактор.

У процесі метанової ферментації, яка здійснюється у контрольованих умовах ферментаційної камери в межах біогазової установки, відбувається розкладання органічних матеріалів з утворенням біогазу, основним компонентом якого є метан (CH<sub>4</sub>). Цей процес опосередкований діяльністю мікроорганізмів і залежить від низки факторів навколишнього середовища, що суттєво впливають на їх активність і темпи біохімічних перетворень.

Ефективність процесу ферментації забезпечується завдяки бактеріям, діяльність яких можлива лише за дотримання оптимальних умов: забезпечення достатнього доступу до поживних речовин, підтримання відповідного температурного режиму, а також усунення чинників, які можуть сповільнювати перебіг ферментаційних реакцій [3].

Слід зауважити, що ферментаційні мікроорганізми є надзвичайно

чутливими до хімічних речовин, які можуть надходити з органічною сировиною або утворюватися як проміжні продукти її розкладу. Таким чином, оцінка потенціалу сировини до метаногенезу повинна базуватись не лише на вмісті легко ферментованих органічних сполук (таких як цукри, жири та білки), але й на відповідності характеристик біомаси умовам функціонування ферментів та активності мікроорганізмів-метаногенів.

Придатність органічної речовини до метаногенезу завжди оцінюється разом із показником перманганатної окиснюваності (ОП). Лише за високих або хоча б помірних значень ОП субстрат вважається біодоступним для процесу. Визначення ОП здійснюється за стандартною методикою [4], яка є простою і швидкою, що робить цей показник особливо зручним для попереднього аналізу. Окрім цього, важливим є аналіз непрямих показників, які виступають опосередкованими індикаторами біодоступності сировини. Вони дають змогу оцінити фактори, які впливають на підтримання або загальмування процесу метаногенезу. Серед таких показників варто відзначити рН, температуру, вміст сухої речовини, а також такі властивості як жорсткість, електропровідність, забарвлення, мутність та загальна мінералізація. Ці параметри визначаються у випадках, коли сировина має специфічні особливості або коли необхідно прийняти рішення щодо попередньої обробки субстрату.

Загалом, оцінка метаногенного потенціалу біомаси забезпечує розуміння оптимального та економічного вигідного шляху отримання біогазу.

### Література

1. Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Драгнєв С.В., Кучерук П.П. Перспективи виробництва передових біопалив в Україні. Енерготехнології та ресурсозбереження. 2023. №3. С. 71-82.

2. Жалдак М.П., Полюга В.О., Мокроусова О.Р. Запровадження принципів сталої біоекономіки у переробці сировини біогенного походження. Зелена трансформація та стала біоекономіка: моногр. Київ: КНУТД. 2024. С. 383-415..

3. Tymchuk I., Malovanyu M., Shkvirko O., Yatsukh K. Sewage Sludge as a Component to Create a Substrate for Biological Reclamation. Ecol. Eng. Environ. Technol. 2021. Vol.22, № 4. P. 229–237.

4. Ramiro J. Espinheira Martins, Juliana M. T. De A. Pietrobelli, Andressa Mazur. Effluent Characterization and Waterbody Monitoring from An Olive Pomace Oil Extractor Industry. International journal of engineering research & technology. 2022. Vol. 11, Issue 05. P. 120-123.