

DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2019-3-67-44>

УДК 621.181.7

Козлова А.М., Кочетов М.С., Гринь С.О.

Харківський технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

БІОЛОГІЧНА ОЧИСТКА СТІЧНИХ ВОД В АНАЕРОБНИХ УМОВАХ. ВИРОБНИЦТВО БІОГАЗУ

Анотація. В статті було розглянуто проблеми: нераціональне використання водних ресурсів промисловістю та населенням; недостатня ефективність сучасних методів очистки стічних вод. Було порівняно сучасні біологічні методи очистки стічних вод. Розглянуто технологію очистки стічних вод в анаеробних умовах. Наведено етапи та особливості протікання процесу очистки в метантенках. В процесі дослідження даної теми було встановлено кінцеві продукти метанового бродіння та шляхи їх використання в енергетиці та виробництві добрив. Встановлено пригідні органічні відходи для процесу бродіння з найбільшою теплотворною здатністю. Проаналізовано сучасний стан та перспективу розвитку в Україні анаеробної очистки стічних вод з отриманням альтернативного джерела енергії.

Ключові слова: біологічна очистка, анаеробний метод, аеробний метод, метанове бродіння, біомаса, шлам, осад, мул, альтернативне джерело енергії.

Kozlova Anna, Kochetov Mykyta, Gryn Svitlana
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»

BIOLOGICAL CLEANING OF WASTE WATER IN ANAEROBIC CONDITIONS. PRODUCTION OF BIOGAS

Summary. The article considered the problems: irrational use of water resources by industry and population; insufficient efficiency of modern methods of wastewater treatment. Annual water consumption in the globe for all types of water supply is 3300-3500 km³. Most of the water after its use for household needs is returned to the rivers in the form of sewage. Today the following directions of rational use of water resources are defined: more full use; the development of new technological processes that prevent the pollution of water bodies and minimize the consumption of fresh water. Modern biological methods of wastewater treatment were compared. The technology of sewage treatment in anaerobic conditions is considered. The process of anaerobic sewage treatment has found its widespread use in industry, the runoff of which is rich in organic pollutants. An anaerobic method of purification can be considered as one of the most promising in the presence of high concentrations in wastewater of organic compounds or for cleaning domestic wastewater. The stages and features of the process of cleaning in the methane tanks are presented. In the process of research on this topic, final products of methane fermentation and ways of their use in energy and fertilizer production were established. The main components of biogas are methane and carbon dioxide, the ratio of which depends on the substrate and the characteristics of the fermentation process. The other end product of methane fermentation is the fermented mass (sludge) containing the same useful substances as manure. The forgotten mass is well separated mechanically on centrifuges and separators. The products of division are fugat (liquid fraction) and sediment (dehydrated sludge). Appropriate organic waste for the fermentation process with the greatest calorific value is established. The current state and prospects of development of anaerobic sewage treatment in Ukraine with the obtaining of an alternative energy source have been analyzed.

Keywords: biological treatment, anaerobic method, aerobic method, methane fermentation, biomass, sediment, sludge, alternative energy source.

Постановка проблеми. Вода являється найціннішим природним ресурсом. Вона відіграє ключову роль в процесах обміну речовин, які складають основу життя. Велике значення вода має в промисловому та сільськогосподарському виробництві. Потреби в воді величезні та щорічно зростають. Щорічні витрати води на земній кулі по всім видам водопостачання складає 3300-3500 км³. Багато води споживають хімічна та целюлозно-паперова промисловості, чорна та кольорова металургія. Значна кількість води витрачається для потреб галузі тваринництва, а також на побутові потреби населення. Більша частина води після її використання для господарсько-побутових потреб повертається в ріки у вигляді стічних вод. На сьогоднішній день визначаються такі напрями раціонального використання водних ресурсів: більш повне використання; розробка нових технологічних процесів, які дозволяють попередити забруднення водою та звести до мінімуму споживання свіжої води.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема чистої води являється актуальною проблемою ХХІ століття. Найбільший інтерес та перспективу розвитку мають природні біологічні методи очистки стічних вод, що представляють собою інтенсифікацію природних процесів розкладання органічних сполук мікроорганізмами в аеробних або анаеробних умовах [1]. Процес анаеробної очистки стічних вод знайшов своє широке застосування в промисловості, стоки яких багаті органічними забруднювачами. Анаеробний метод очистки може розглядатися в якості одного з найбільш перспективних при наявності високої концентрації в стічних водах органічних сполук або для очистки побутових стоків. Його перевага перед аеробним методом полягає в різкому зниженні експлуатаційних витрат (анаеробні мікроорганізми не потребують додаткової аерації води) і відсутності проблем, пов'язаних з утилізацією надлишкової біомаси. В процесі очистки спеціальні гранули бактерій

перетворюють вуглець забруднюючих речовин в біогаз, який в основному складається з метану [2]. В останні роки значно зросла зацікавленість до процесів виробництва біогазу – це проявляється не тільки в зростаючій кількості біогазових установок, що плануються та будуються, а й в зацікавленості все більшого числа фермерів, комунальних господарств, підприємств та приватних господарств, які уважно спостерігають за розвитком цього сектора [3].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Даний метод не підійде для очистки стічних вод, в яких багато органічних речовин. Так як це буде сповільнювати окислення і в значній мірі гальмує увесь процес очистки. Метод придатний тільки для попередньої очистки стічних вод і забезпечує зниження БПК на 80-90%. Анаеробні бактерії ростуть дуже повільно. Це уповільнює пуск біореактора, якщо відсутній активний мул з інших аналогічних установок [2].

Мета статті. Метою даного дослідження є аналіз сучасного біологічного анаеробного методу очистки стічних вод, виробництво біогазу, як альтернативного джерела енергії.

Виклад основного матеріалу дослідження. Анаеробна біохімічна очистка (метанове бродиння або ферментація) – це мінералізація органічної речовини промислових або побутових стоків в результаті його окиснення при сприятливих анаеробних мікроорганізмів в процесі використання ними цієї речовини в якості джерела харчування.

Анаеробні методи очистки протікають без доступу кисню (процес бродиння), їх використовують для знешкодження осаду. Анаеробні процеси відбуваються в, так званих, метантенках. Цей метод очистки може розглядатися в якості одного з найбільш перспективного при наявності високої концентрації в стічних водах органічних речовин або очистки побутових стоків. Його перевага над аеробним методом полягає в різкому зниженні експлуатаційних витрат (анаеробні мікроорганізми не потребують додаткової аерації води) і відсутності проблем, пов'язаних з утилізацією надлишкової біомаси.

На процес анаеробної очистки стічних вод впливає фазовий та хімічний склад субстрату, значення рН середовища та його стабільність, наявність токсичних речовин, гідродинамічний (визначається швидкістю течії забруднених стічних вод) та температурний режими.

До недавнього часу доцільним являлось використання метанового бродиння лише для обробки осаду стічних вод, так як тривалість процесу (декілька днів) передбачала наявність значних об'ємів реакторів. В 80-х роках ХХ століття були проведені численні дослідження та показано, що при певних умовах в біореакторах можливо формування гранульованого мулу, і процес біодеструкції забруднень стічних вод таким мулом забезпечується протягом декількох годин (6-14), що дозволяє використовувати цей метод очистки стічних вод [1].

Біогаз являється продуктом обміну речовин бактерій, що утворюється в результаті розкладу ними органічного субстрату. Процес розкладу можна розділити на 4 етапи (рис. 1) в кожній з яких приймають багато різних груп бактерій. Окремі групи органічних забруднювачів (вуглеводи, протеїни, жири) в процесі гідролізу перетворюються спочатку в відповідні мономери (вуглеводи, амінокислоти, жирні кислоти). Далі ці мономери в ході ферментативного розпаду перетворюються в органічні кислоти, спирти і альдегіди, які потім окислюються до оцтової кислоти, що пов'язано з отриманням водню. Тільки після цього доходить черга до утворення метану на етапі метаногенезу. В якості побічного продукту поряд з метаном утворюється також і вуглекислий газ. Всі процеси перетворення тісно пов'язані один з одним і повинні протікати в ємності анаеробного реактора в строго установленому порядку.

Основні компоненти біогазу – це метан та вуглекислий газ, співвідношення яких залежить від субстрату та характеристик процесу бродиння (температури, часу перебування маси в реакторі, рН та ін.). Поряд з цими компонентами міститься незначна кількість водню, сірководню та азоту. Результати різних досліджень, що наводяться в українських та зарубіжних публікаціях, відрізняються. Усереднені показники складу біогазів наведені в таблиці 1.

Біогаз метантенків очисних каналізаційних споруд характеризується більш стабільним складом. Об'ємна частка горючого компонента (метану) різних очисних споруд змінюється в інтервалі 60-65%. Більші коливання складу газу спостерігається при переробці відходів сільськогосподарства, в яких об'ємна частина метану складає 50-75%. Потрібно зазначити, що при зброджуванні сільськогосподарських відходів утворюється до 3% сірководню, тому газ підлягає обов'язковій очистці [4].

Другим кінцевим продуктом метанового бродиння являється зброжена маса (шлам), яка містить такі ж корисні речовини, що і гній. Під час бродиння розкладається в середньому близько 40% органічної речовини сировини. При цьому

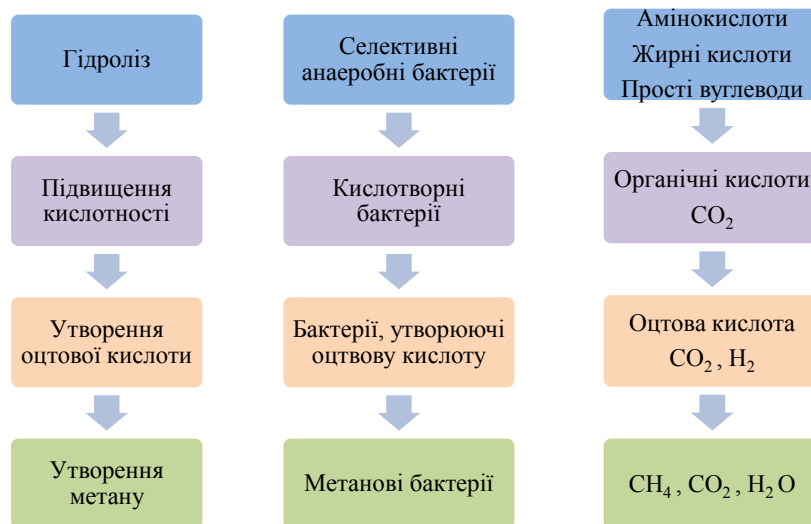


Рис. 1. Фази процесу бродиння

Таблиця 1

Склад біогазів, отриманих в метантенках

Джерело сировини	Компоненти біогазу, %	
	CH ₄	CO ₂
Комунальні стічні води	62,5	25,5
Стічні води тваринницьких комплексів	62,5	35,5
Стічні води птахофабрик	65	30

Джерело: [2]

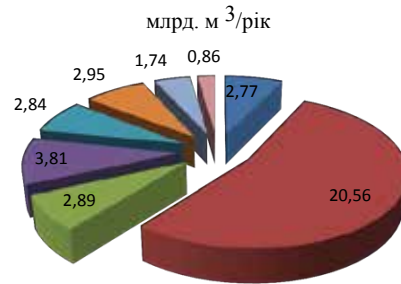
зменшується тільки вміст вуглецю, так як він частково переходить в CH₄ та CO₂ біогазу, а фосфор, калій та азот повністю зберігається в шлам. Заброджена маса добре розділяється механічно на центрифугах та сепараторах. Продуктами поділу являється фугат (рідка фракція) та осад (зневоднений шлам). Осад з вмістом вологи 65-75% може використовуватися в якості добрив або для приготування кормових добавок. Фугат, з вмістом зважених часток 0,8-1%, може безпосередньо використовуватися для поливу та підкормки рослин.

Для виробництва біогазу в Україні можуть бути використані різні органічні відходи (рис. 2) тваринництва й м'ясопереробки, гній та пташиний послід, відходи цукрової, пивної та зернової промисловості, відходи та продукти лісового господарства, які спеціально вирощують енергетичні рослини, мул стічних вод, газ при дегазації звалищ сміття і багато іншого. Об'єми виробництва біогазу в Європі, як і в інших регіонах світу, стійко зростають: за 10 років вони збільшилися в 3,2 разів [6].

В Україні помітно недооцінюють потенціал важливого джерела альтернативної енергії – біогазу. За три квартали минулого року в країні ввели 430 МВт потужностей зеленої енергетики. Але лише 4% з них працюють на біомасі.

Хоча в цілому тенденція позитивна: з 2014 року потужності біогазових установок в Україні зростає втричі – до 46 МВт. В Київській області в 2015 році відкрили потужний біогазовий завод, який забезпечує енергією 800 домогосподарств. В Вінницькій області будують одну з найбільших в Європі біогазових станцій на базі місцевої птахофабрики. Там планують регенерувати 26 МВт електроенергії з 800 тонн відходів. Німецькі інвестори організують видобування газу на полігоні в м. Вінниця. Із свердловини газ будуть качати на міні-електростанцію, потужності якої достатньо для забезпечення електроенергією 700 квартир [7].

Висновки та перспективи. Анаеробний метод очистки одиниць, який дозволяє частково, а



■ Відходи тваринництва та птаховодства

■ Вирощування енергетичних рослин на перелогових та непридатних землях

■ Деревинна біомаса

■ Солома та стеблова маса олійних культур

■ Силосна маса та трава

■ Бадилка, обрізки цукрових буряків та відходи цукрових заводів

■ Дегазація полігонів твердих побутових відходів

■ Зброжування осаду очистних споруд стічних вод

Рис. 2. Потенціал виробництва біогазу в Україні

іноді повністю компенсувати затрати за рахунок біогазу, який використовується в якості енергоносія. За можливостями виробництва біогазу Україна входить в десятку найперспективніших країн. Наш потенціал оцінюють в 52 млрд. км³. Якщо рівень біогазової енергетики в країні досягне рівня сонячної та вітрової, зможемо щорічно замінити 4 млрд. кубів природного газу. А це – стратегічна інвестиція в енергонезалежність країни. Поширення цього методу очистки стримується малою ефективністю очистки стічних вод та отриманням великої кількості зродженої маси, для зберігання якої потрібні великі площадки [6].

Список літератури:

1. Курис Ю.В., Крючков Е.Н., Шинкаренко Л.М. Экономические и экологические области использования методов биотехнологий в окружающей среде. Сборник конференции «Понт Эвксинский III». № 1. Севастополь, 2003. С. 27–30.
2. Майстренко О.Ю. Біогазові установки та методи їх розрахунку : матеріали Міжнародної конференції «Nauka і Inowacja 2009» (24-27 травня 2009 р., Польща). Польща, 2009. С. 6–14.
3. Забарний Г.М., Шурчков А.В. Енергетичний потенціал нетрадиційних джерел енергії України. Київ : Інститут технічної теплофізики НАН України, 2002. 373 с.
4. Курис Ю.В. Преимущества биотехнологий в решении энергетических вопросов. Запорожье : Запорожсталь, 2003. С. 53–57.
5. Энергоимформ, № 1(235). 2004. Энергетическая стратегия Украины на период до 2030 года : Відомості Міненерго. Киев, 2006. 112 с.
6. Производство биогаза в Украине. URL: <http://biopro.com.ua/news-proizvodstvo-biogaza-v-ukraine-1.html>
7. Как Украине войти в ТОП-10 стран по добыче биогаза. URL: <https://blogs.korrespondent.net/blog/events/4076319/>

References:

1. Kurys Yu.V., Kriuchkov E.N., Shynkarenko L.M. (2003). Ekonomicheskie i ekologicheskie oblasti ispolzovaniya metodov biotekhnologiy v okruzhayuschey srede [Economic and environmental areas of biotechnology in the environment]. Proceedings of the Pont Evksinsky III (Ukraine, Sevastopol).
2. Maistrenko O.Yu. (2009). Biogazovi ustanovki ta metodi yih rozrahunku [Biogas installations and methods of their calculation]. Proceedings of the «Nauka i Inowacja».
3. Zabarnyi H.M., Shurchkov A.V. (2002). Energetichnyy potentsial netraditsyynih dzherel energiyi Ukrayini [Energy potential of nontraditional dzherel of energy of Ukraine]. Kyiv : Institut tehichnoyi teplofiziki NAN Ukraine. (in Ukrainian)
4. Kurys Yu.V. (2003). Preimuschestva biotekhnologiy v reshenii energeticheskikh voprosov [The advantages of biotechnology in solving energy issues]. Zaporizhia : Zaporozhstal. (in Ukrainian)
5. Energoinform (2006). Energeticheskaya strategiya Ukrainyi na period do 2030 goda [Energy strategy of Ukraine for the period up to 2030]. Kyiv : Minenergo.
6. Proizvodstvo biogaza v Ukraine. URL: <http://biopro.com.ua/news-proizvodstvo-biogaza-v-ukraine-1.html>
7. Kak Ukraine voyti v TOP-10 stran po dobyiche biogaza. URL: <https://blogs.korrespondent.net/blog/events/4076319/>