

АНАЛІЗ ДОСВІДУ АНАЕРОБНОГО ЗБРОДЖУВАННЯ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД У КОНТЕКСТІ ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ НА ЛЬВІВСЬКИХ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ОЧИСНИХ СПОРУДАХ

Наведено аналіз перспектив будівництва метантенків на Львівських каналізаційних очисних спорудах згідно з проектом, виконаним шведською компанією "Абанор АВ". Проаналізовано закладені в проєкті технічні показники та виконано їх порівняння зі сучасними аналогами. Окреслено ризики реалізації проєкту з урахуванням місцевих умов. Для перевірки ефективності процесу термофільного анаеробного збродження осадів стічних вод на Львівських КОС запропоновано виконати натурні експериментальні дослідження на пілотній установці – фізичній моделі метантенка.

Ключові слова: осади стічних вод, анаеробне збродження, метантенк.

Вступ. У багатьох країнах світу важливим елементом схеми утилізації осадів стічних вод на каналізаційних очисних спорудах (КОС) є їх анаеробне збродження у метантенках. Основними перевагами використання метантенків є забезпечення високого ступеня стабілізації осаду, зменшення після збродження масової витрати сухої речовини осаду та отримання корисного кінцевого продукту – біогазу з високим вмістом метану. Позитивними особливостями процесу анаеробного бродіння осадів стічних вод є низька потреба в біогенних елементах та повна відсутність подачі кисню [1, 6, 7].

Разом з тим, для ефективної роботи метантенків потрібні істотні затрати енергії для підігріву осадів до робочої температури бродіння, перемішування осадів і на компенсацію тепловтрат від споруди. Процеси анаеробного бродіння відбуваються значно повільніше за аеробну стабілізацію, що потребує значних об'ємів споруд. Негативний вплив на роботу метантенків мають підвищені концентрації в осадах катіонів лужних і лужноземельних металів, іонів амонію, сульфідів, іонів важких металів і токсичних органічних речовин. Зазначені вище особливості процесів анаеробного збродження осадів вимагають перед впровадженням цього методу детального вивчення та аналізу складу осадів стічних вод на конкретних КОС, ретельної перевірки енергетичного балансу з урахуванням характеристик осадів, прийнятої технології збродження, конструктивних параметрів метантенків і місцевих кліматичних умов.

Сьогодні на більшості КОС в Україні основним методом оброблення осадів стічних вод є їх зневоднення на мулових майданчиках. Досвід експлуатації мулових майданчиків свідчить, що здебільшого вони функціонують недостатньо ефективно. Незалежно від типу ґрунту, його пори швидко колюматуються і не можуть фільтрувати мулову воду, внаслідок чого підсушування забезпечується переважно поверхневим випаровуванням. Мулові майданчики потребують виділення великих площ землі та спричиняють негативний вплив як на ґрунтові води, так і на відкриті водойми та повітряний басейн. Перегниваючи,

осад виділяє гази і леткі речовини неприємного запаху, він містить багато патогенної мікрофлори, поверхнево-активних речовин, важких металів тощо.

За результатами аналізу, проблеми з впровадженням біогазових технологій на КОС в Україні були зумовлені передусім економічними факторами: високою капітальною вартістю цих споруд та відносно низькою вартістю природного газу та інших енергоносіїв. Чинний нормативний документ у галузі каналізації [2] рекомендує розглядати анаеробне збродження осадів стічних вод як один з найдодільніших з екологічного погляду методів оброблення, особливо для КОС великих міст з навантаженням понад 300 тис. еквівалентних мешканців.

Мета роботи – проаналізувати світовий досвід використання анаеробного збродження осадів стічних вод у контексті перспективи застосування цього методу на Львівських каналізаційних очисних спорудах.

Виклад основного матеріалу. У Львові функціонують міські КОС повного механічного та біологічного очищення із загальною проєктною продуктивністю 490 тис. м³/добу. Особливістю технологічної схеми на Львівських КОС є те, що надлишковий активний мул із вторинних відстійників направляється в первинні відстійники для покращення в них процесу осадження. Суміш сирого осаду та надлишкового активного мулу, що відділяється у первинних відстійниках, подається в мулоущільнювач, і далі – на центрифуги. Механічно зневоднений осад періодично вивозиться автотранспортом на існуючі мулові майданчики. Площа мулових майданчиків на Львівських КОС на початок 2015 р. перевищувала 22 га. Враховуючи вологий клімат Львова, переповнення мулових майданчиків, а також відсутність вільних площ для їх розширення, підсушування осаду на мулових майданчиках є низько ефективним, що вимагає зміни підходів до утилізації осадів на Львівських КОС.

Шведська компанія Abapor AB у 2014 р. від ім. ЄБРР підготувала техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) проєкту реконструкції Львівських КОС-І та будівництво станції виробництва біогазу у Львові [5], що ґрунтується на дослідженнях, які виконали шведська консультативна агенція SWECO (щодо біогазової станції) та українська компанія ТЕКОС (із реконструкції КОС-І).

Згідно з ТЕО, фактичний середній добовий притік стічних вод на Львівські КОС прийнято таким, що дорівнює 400 тис. м³/добу, середня витрата суміші осадів – 3 тис. м³/добу за їх середньої вологості 96 %, що становить 120 т сухої речовини осаду на добу. Передбачається будівництво двох метантенків об'ємом по 15 тис. м³ кожен. Застосовуватиметься термофільне збродження осадів за температури 53-57 °С; тривалість бродіння – 10 діб. Прогнозований об'єм утворення біогазу – 42 тис. м³/добу, із вмістом метану близько 65 %, що становить 27 тис. м³/добу. Внаслідок розрахунку енергетичного балансу біогазової станції, виконаного в ТЕО за розширеним методом, отримано, що в зимовий період кількість надлишкової теплової енергії відповідає потужності 1,2 МВт, а в літній період – 2,1 МВт. Згідно з ТЕО, це дасть змогу компенсувати всі затрати енергії, пов'язані з роботою біогазової станції, а також отримати додатково надлишкову електроенергію – приблизно 35 млн кВт/год на рік [5].

Літературний огляд засвідчив, що обґрунтовані до встановлення на Львівських КОС метантенки з робочим об'ємом 15 тис. м³ є одними з найбільших у світовій практиці. Для прикладу, на КОС Newtown Creek у Нью-Йорку, продуктивність яких за стічними водами становить близько 1170 тис. м³/добу, а за осадами – 5700 м³/добу, у 2008 р. було реалізовано проект біогазової станції у складі восьми сталевих метантенків об'ємом 11,4 тис. м³ кожний. Процес анаеробного зброджування осаду реалізується протягом 16 діб у мезофільному режимі за T= 36,7 °C.

Питомий вихід біогазу, а також вміст метану в біогазі, прийняті в ТЕО, є близькими до максимально досяжних на практиці значень [1, 5]. Питомий вихід біогазу у проекті прийнято 14 м³ (н.ум.) з 1 м³ осаду вологістю 96 %. Як показує досвід експлуатації метантенків у термофільному режимі, вихід біогазу становить у середньому 8-10 м³ (н.ум.) з 1 м³ осаду [5]. При цьому згідно з вимогами п. 10.7.7 чинного в Україні ДБН [2], вміст сухої речовини в осадах, що надходять на аеробне зброджування, повинен бути не менший ніж 5 %.

Потрібно зазначити, що перевагу віддано термофільному режиму з метою мінімізації робочого об'єму метантенків та, відповідно, капітальної вартості біогазової станції. З іншого боку, попереднє ущільнення осадів перед надходженням їх у метантенки, може дозволити реалізувати на біогазовій станції більш економічний з погляду експлуатаційних витрат мезофільний процес [9].

Перед виконанням робочого проекту потрібно максимально детально проаналізувати можливі ризики, пов'язані з реалізацією проекту біогазової станції на Львівських КОС. Враховуючи, що у Львові функціонує загальносплавна система водовідведення, добовий притік стічних вод на КОС істотно залежить від кількості та тривалості атмосферних опадів; відповідно змінюється концентрація забруднювальних речовин у стічних водах та в осадах, що може мати вплив на параметри роботи метантенків. Істотний вплив на перебіг процесу анаеробного бродіння може мати наявність в осадах нафтопродуктів, СПАР, іонів важких металів чи інших специфічних забруднень, характерних для виробничих стічних вод міста. Відкритим залишається питання щодо кінцевої утилізації осадів на Львівських КОС у схемі з їх анаеробною обробкою в метантенках. Це потребує виконання комплексу фізико-хімічних, теплофізичних та мікробіологічних характеристик зброджених осадів.

Найоптимальнішим способом перевірки ефективності процесу анаеробного бродіння осадів стічних вод на конкретних КОС є виконання систематичних натурних експериментальних досліджень на пілотній установці – фізичній моделі метантенка. Це дасть змогу в режимі реального часу відслідковувати параметри роботи метантенка, моделювати вплив шкідливих факторів, відпрацьовувати оптимальні технологічні режими роботи метантенків з урахуванням наявних місцевих особливостей.

Натурне експериментальне дослідження процесу анаеробного бродіння на пілотній установці матиме істотне значення для успішної реалізації проекту біогазової станції на Львівських КОС, а також у контексті запровадження цієї технології на КОС інших великих міст України.

Література

1. Гюнтер Л.И. Метантенки / Л.И. Гюнтер, Гольдфарб Л.Л. – М. : Изд-во "Стройиздат", 1991. – 128 с.
2. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – К. : Вид-во "Мінрегіон України", 2013. – 128 с.
3. Кевбрина М.В. Опыт использования метантенков, генерации энергии и повышения энергоэффективности МУП "Мосводоканал" / М.В. Кевбрина // Энергосовет : электронный журнал. – М. : Изд-во "Меркури", 2013. – № 1 (26). – С. 26-29.
4. Курис Ю.В. Математична модель роботи біогазової установки / Ю.В. Курис // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит : сб. науч. тр. – 2010. – № 8. – С. 41-44.
5. Проект реконструкції очисних споруд та будівництво станції виробництва біогазу у м. Львові / Поновлення ТЕО. Номер контракту ЄБРР: С29880/SWUK-2014-09-04. – АБАНОР АБ, 2014. – 105 с.
6. Шаманський С.Й. Енергоефективна та екологічно безпечна технологія стабілізації осадів стічних вод авіапідприємств / С.Й. Шаманський, С.В. Бойченко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Сер.: Энергосберегающие технологии и оборудование. – 2015. – № 5/8 (77). – С. 39-45.
7. Яковлев С.В. Канализация : учебник [для студ. ВУЗов] / С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, А.И. Жуков, С.К. Колобанов. – М. : Изд-во "Стройиздат", 1975. – 632 с.
8. McCarty P.L. Anaerobic waste treatment fundamentals. Part one. / P.L. McCarty // Public Works. – 1964. – Vol. 95, No. 9. – Pp. 107-112.
9. Puchajda B. Impact of sludge thickening on energy recovery from anaerobic digestion / B. Puchajda, J. Oleszkiewicz // Water Sci Technology. – 2008. – Vol. 57(3). – Pp. 395-401.
10. [Electronic resource]. – Mode of access http://www.nyc.gov/html/dep/html/environmental_education/newtown_digesters.shtml

Жук В.М., Попадюк І.Ю., Вербовский О.В. Аналіз опыта анаеробно-го сбраживания осадков сточных вод в контексте его применения на Львовских канализационных очистных сооружениях

Приведен анализ перспектив строительства метантенков на Львовских канализационных очистных сооружениях согласно проекту, выполненному шведской компанией "Абанор АБ". Проанализированы заложенные в проекте технические показатели и выполнено их сравнение с современными аналогами. Определены риски реализации проекта с учетом местных условий. Для проверки эффективности процесса термофильного анаеробного сбраживания осадков сточных вод на Львовских КОС предложено выполнить натурные экспериментальные исследования на пилотной установке – физической модели метантенка.

Ключевые слова: осадки сточных вод, анаеробное сбраживание, метантенк.

Zhuk V.M., Popadyuk I.Y., Verbovsky O.V. The Analysis of the Experience of Anaerobic Digestion of Sewage Sludge in the Context of its Application at Lviv Wastewater Treatment Plants

The analysis of prospects for the construction of the sludge digesters at Lviv wastewater treatment plant according to the project, fulfilled by Swedish company "Abanor AB", is presented. Proposed design characteristics are analysed and compared with modern analogues. Some risks of the project implementation were evaluated, taking into account local conditions. Full-scale experimental studies at pilot plant – physical model of the sludge digester are substantiated to verify the effectiveness of thermophilic anaerobic digestion of sewage sludge at Lviv wastewater treatment plant.

Keywords: sewage sludge, anaerobic digestion, wastewater treatment plant.