ISSN 2786-4588 (Print)
ISSN 2786-4596 (Online)

Міністерство освіти і науки України
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Таврійський науковий вісник

Технічні науки

Випуск 4
Частина 2

Видавничий дім
«Гельветика»
2025

Соломон А. М., Козлов О. В. Антиоксидантний потенціал молочних продуктів та молока 170

Стукальська Н. М., Ткаченко В. В. Розширення асортименту борошняних кулінарних виробів категорії Free from з використанням автентичних прянощів 178

Тараймович І. В., Логвиненко Д., Кривохижа Є. М. Енергоефективні технології в харчовій промисловості 187

Ткаченко О. Б., Ткаченко Д. П., Алексович В. В. Аналіз впливу дубової витримки на органолептичні показники моносортових вин з різних винних регіонів України 198

Цуман-Петрова Б. В., Мамченко Л. Є., Нєміріч О. В., Кузьмін О. В., Наконечна А. С., Ройко О. М. Розширення асортименту інноваційного млинчикового напівфабрикату для закладів ресторанного господарства з українською кухнею 216

Юхно В. М., Калашник О. В., Кайнаш А. П., Тюрікова І. С., Ліб Ю. С. Дослідження якості та безпечності крафтового пива, виготовленого на міні-підприємстві 226

ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО, ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ 236

Кравченко В. І. Застосування осадів стічних вод для підвищення енергоефективності роботи комунальних очисних споруд 236

Литвиненко В. М. Дослідження низькотемпературних методів гетерування 243

БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ 250

Біда С. В., Муравльов В. В., Попович Н. М., Яхін С. В. Досвід підсилення лесових основ (на прикладі Полтавського лесового плато) 250

Гасенко А. В., Гасенко Л. В. Математична модель самонапруженої власною вагою нерозрізної сталезалізобетонної плити перекриття захисних споруд цивільного захисту 260

Гасенко А. В., Кудінова А. О., Гасенко Л. В., Пігуль О. В. Управління територіальним плануванням житлових масивів із визначенням потреб у спорудах цивільного захисту в контексті сталого розвитку 268

Голик Й. М. Факторно-аналітичне моделювання розвитку агломерацій у системі територіального планування 276

Завальний О. В., Кондращенко О. В., Панкеєва А. М. Планувально-економічні аспекти розвитку агломерацій у контексті післявоєнної відбудови: виклики та можливості 286

Клімченко Н. О. Необхідність оновлення нормативної бази у сфері топографо-геодезичної діяльності України в умовах цифрової трансформації 294

Овсій Д. М., Река А. В. Підвищення міцності на вигин сталевих двутаврових балок, посилених додатковим поздовжнім армуванням під навантаженням 302

УДК 628.356
DOI https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.4.2.25

ЗАСТОСУВАННЯ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ КОМУНАЛЬНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД

Кравченко В. І. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-2245-7194

Осади стічних вод, які у великих кількостях утворюються і переробляються за аеробною технологією на очисних станціях міст України залишаються гострою проблемою їх утилізації. Разом з тим системи водовідведення і очищення комунальних стоків характеризуються високими показниками питомого енергоспоживання. Завдяки здатності значно зменшувати вміст органічних речовин мулових осадів у 6 разів і більше, технологія анаеробного зброджування може оптимізувати процес їх очистки і обробки та ліквідувати великі площі земель, призначені під мулові майданчики.. У такому процесі продукується біогаз, що складається з 60–70 % метану. Застосування метантенка у технологічному процесі переробки осадів для виробництва біогазу забезпечить підвищення енергоефективності комунальних очисних споруд. Проведеними дослідженнями встановлено, що на сьогодні продуктивність комунальних очисних споруд обласних центрів України достатнє для впровадження анаеробної технології, а обладнання дозволяє ефективно виробляти біогаз з подальшою його утилізацією. Одержаний за технологією зброджування осадів стічних вод горючий газ можна використовувати для виробництва теплової, механічної і електричної енергії шляхом спалювання у котлах, газових двигунах і турбінах для підтримки відповідної температури у метантенках та забезпечення різноманітних виробничих процесів. Також, одержаний після переробки осадів у метантенку дигестат, може бути замінником поживних органо-мінеральних добрив і за своїми властивостями здатен підвищувати родючість грунтів. Рентабельність і перспективність впровадження на комунальних очисних спорудах обласних центрів України анаеробної технології переробки осадів обґрунтовано виробництвом від 100 млн. м^3/газу на рік, що еквівалентно 200 млн. кВт/год. електроенергії або 70 тис. т умовного палива.

Ключові слова: *осади стічних вод, очисні споруди, анаеробне зброджування, метантенк, енергоефективність.*

© Кравченко В. І., 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Kravchenko V. I. Use of sewage sludge to improve energy efficiency of municipal wastewater treatment plants

Sewage sludge, which is formed in large quantities and processed using aerobic technology at treatment plants in Ukrainian cities, remains an acute problem of their disposal. At the same time, municipal wastewater treatment and drainage systems are characterized by high specific energy consumption. Due to the ability to significantly reduce the organic matter content of sludge by 6 times or more, anaerobic digestion technology can optimize the process of their cleaning and processing and eliminate large areas of land intended for sludge sites. In this process, biogas is produced, consisting of 60–70 % methane. The use of a methane tank in the technological process of sludge processing for biogas production will ensure increased energy efficiency of municipal treatment facilities. The conducted studies have established that today the productivity of municipal treatment facilities in regional centers of Ukraine is sufficient for the implementation of anaerobic technology, and the equipment allows for the effective production of biogas with its subsequent utilization. The combustible gas obtained by the technology of sewage sludge digestion can be used to produce thermal, mechanical and electrical energy by burning in boilers, gas engines and turbines to maintain the appropriate temperature in methane tanks and to ensure various production processes. Also, the digestate obtained after processing sludge in a methane tank can be a substitute for nutritious organic and mineral fertilizers and, by its properties, is able to increase soil fertility. The profitability and prospects of implementing anaerobic sludge processing technology at municipal treatment plants in regional centers of Ukraine are justified by the production of 100 million m3/gas per year, which is equivalent to 200 million kWh. electricity or 70 thousand tons of conventional fuel.

Key words: *sewage sludge, treatment plants, anaerobic digestion, methane tank, energy efficiency.*

Вступ. Очисні споруди міст є обов'язковою компонентою комунальної системи. Вони характеризуються утворенням великої кількості міських осадів стічних вод (МОСВ), що відбувається при очищенні господарсько-побутових стічних вод. Обсяг МОСВ становить приблизно 30 % від обсягу стічних вод, що надходять на очищення [1], тому потребують значних територій для їхнього зберігання, що погіршує екологічний стан прилеглих територій [2].

Для ведення технологічних процесів комунальні очисні споруди (КОС) потребують великих витрат електроенергії. У середньому до 30 % електроенергії, яку споживає комунальне підприємство водоканалу, може припадати саме на каналізацію та водовідведення [3].

В той же час міські стічні води та їх осад можуть бути одним з найкращих джерелом енергії. Так, переробка стічних вод у кількості 4–7 м^3 потенційно дозволяє виробляти 1,2 кВт електроенергії [4]. Тому підвищення енергоефективності каналізаційної інфраструктури населених пунктів вимагає рішень, що сприяють виробництву на КОС електричної і теплової енергії шляхом впровадження інноваційних технологій з використанням стічних вод та їх осадів.

Метою роботи є аналіз зміни у підходах до осаду стічних вод на комунальних очисних спорудах міст у зв'язку зі зростанням цін на енергію та обґрунтування впровадження анаеробної технології переробки мулових осадів.

Виклад основного матеріалу. Сучасні Системи водовідведення і очищення стоків міст через застарілість і невисоку ефективність характеризуються значними (до 1,904 кВт-год/м^3) показниками питомого енергоспоживання [5]. Така ситуація типова для більшості міст, які мають у складі систем водовідведення КОС повної біологічної очистки.

Потенційно КОС можуть бути енергонезалежними і навіть здатні забезпечити продаж енергії зовнішнім споживачам. Одним з доцільних напрямків підвищення енергоефективності очисних споруд може стати застосування анаеробної технології очистки і обробки МОСВ.

Анаеробне зброджування є перевіреною технологія обробки осаду стічних вод, яка дозволяє генерувати відновлювану енергію у тому ж процесі. На відміну від

аеробної технології, анаеробна обробка стічної води і осаду дозволяє виробляти енергію завдяки виробництву біогазу з подальшою рекуперацією електроенергії та теплоти. Біогаз складається з 60–70 % метану, 30–33 % вуглекислого газу, 1–2 % водню і 0–3 % азоту. В залежності від вмісту метану у біогазі його теплотворна здатність складає приблизно 23,4 МДж/м^3, а при вилученні двоокису вуглецю та інших забруднюючих речовин, це значення підвищується [6].

При порівнянні аеробного та анаеробного процесу очистки води і осаду, перший наочно демонструє значне споживання електроенергії на аерацію, а другий – виділення енергії у вигляді біогазу в анаеробному процесі (рис. 1). Іншим позитивним моментом анаеробного процесу є значно менший приріст мулового осаду.

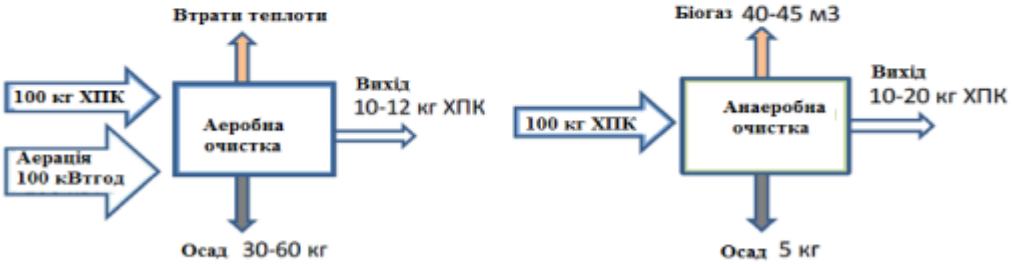

Рис. 1. Порівняння аеробної та анаеробної очистки [7]

При аеробній стабілізації осаду енергія не виробляється, а тільки споживається, тому енергодостатність таких споруд дорівнює 0 %. При анаеробній переробці первинний осад і надлишковий мул зброджуються у метантенках біогазових установок. Процес може бути термофільним, при якому осади ферментується в резервуарах при температурі 50–55 °С, або мезофільним при температурі 35–38 °С.

На практиці застосовуються два типи процесу анаеробного зброджування МОСВ: низькошвидкісне, що використовувався переважно у минулому столітті і високошвидкісне зброджування, що включає попереднє згущення сирого мулу, повне перемішування, нагрівання і рівномірну подачу.

Застосування анаеробної технології для обробки осадів стічних вод ще у часи СРСР з використанням метантенків було малоенергоефективним і призводило до утворення осадів, які характеризувалися високою вологістю. Малоефективне застосування метантенків було викликано кількома основними причинами:

– переважно термофільним режимом зброджування, який характеризується коротким часом перебування осаду у метантенку, що вимагає значних витрат енергії;

– неефективним перемішуванням субстрату у метантенках;

– нагріванням субстрату гострою парою, що знижувало швидкість біохімічної реакції;

– недостатньою концентрацією мулового осаду, який надходить у метантенки.

Сьогодні у світовій практиці у зв'язку зі зростанням цін на енергію застосування метанового зброджування є одним з основних напрямків не тільки обробки осаду, але й продукування зеленої енергії [8]. Приклади і досвід використання технології анаеробної переробки МОСВ свідчить про рентабельність та перспективність її впровадження.

Другою важливою особливістю такої технології переробки осадів є те, що при зброджені вирішується проблема їх знезараження від патогенної мікрофлори

та інших полютантів. При цьому дигестат, що є вихідним продуктом процесу зброджения, може використовуватися як цінне органо-мінеральне добриво.

В Україні, враховуючи масштаб очисних споруд, установками для проведення анаеробного зброджения МОСВ обладнане тільки місто Київ, а у Львові така технологія реалізована тільки частково [9]. Разом з тим, проведений аналіз показав, що зазначену технологію доцільно застосовувати і на КОС інших обласних центрів. Так, наприклад, деякі джерела рекомендують впроваджувати анаеробну переробку осадів з потоком стічних вод 25–30 тис. м^3/добу [10], інші вважають економічно доцільним застосовувати технологію при продуктивності від 8000 м^3/добу [11], а деякі навіть від 4000 м^3/добу [12].

Фактори, що можуть впливають на доцільність впровадження анаеробної технології переробки МОСВ можуть бути наступними:

– економічна доцільність;
– обсяг осаду, що утворюється;
– вміст органічних речовин у ньому;
– наявність інфраструктури для зброджування та утилізації біогазу.

Проведений аналіз обсягів стічних вод на КОС обласних центрів України підтверджує можливість їх застосування для виробництва біогазу як додаткового, поновлюваного і екологічно чистого джерела енергії. Так, найменше значення продуктивності МОСВ є у місті Ужгород (20 000 м^3/добу), а найбільше – у місті Харків (300 000 м^3/добу) [13]. Виробництво біогазу для міст України з населенням більше 200 тис. чоловік зі стічних вод калорійністю 23,0 МДж/м^3 може скласти не менше 100 млн. м^3/рік, що еквівалентне 200 млн. кВт/год. за рік електроенергії, або 70 тис. т умовного палива [14]. Тому в Україні на КОС обласних центрів існує величезний потенціал для використання анаеробного зброджування МОСВ.

На підставі одержаних даних, можна зробити висновок, що на сьогодні на КОС обласних центрів доцільно впровадити анаеробну переробку МОСВ з відновленням та модернізацією старих або будівництвом нових метантенків. Принципова технологічна схема очистки і обробки стічних вод та їх осадів з використанням анаеробного зброджування у метантенку біогазової установки показана на рисунку 3.

Рис. 2. Принципова схема очистки і обробки стічних вод та їх осадів з використанням анаеробного зброджения осадів у метантенку

Біогаз, що отримується з метантенків, можна використовувати для виробництва теплової, механічної і електричної енергії. Так при спалюванні біогазу у газових двигунах може вироблятися механічна енергія для приводу у дію насосів, а при спалюванні у газових турбінах, у сполученні з електрогенераторами, вироблятися електроенергія для живлення обладнання.

Теплова енергію може бути використана для підтримки відповідної температури у метантенках, для підігріву гарячої води, інших технологічних процесів з передачею надлишків енергії іншим споживачам.

Висновки. На сьогодні аеробна технологія очистки і обробки очисних вод та їх осадів на комунальних очисних спорудах у містах України характеризується значними показниками питомого енергоспоживання.

Доведено, що продуктивність стічних вод на комунальних очисних спорудах обласних центрів України дозволяє застосовувати метантенки для анаеробної переробки мулових осадів та продукувати біогаз, який можна утилізувати в енергетичному обладнанні підприємства, а надлишки передавати у розподільчу мережу. Впровадження такої технології забезпечить підвищення енергоефективності виробничи процесів і одночасно дозволить одержувати якісне добриво для підвищення родючості ґрунтів.

Економічний ефект на рівні держави від використання біогазу буде полягати у збереженні значної кількості викопних видів палива і скороченні забруднення довкілля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. ДСТУ 8727:2017. Осад стічних вод. Підготування органо-мінеральної суміші з осаду стічних вод. [Чинний від 2017-07-31]. Київ, 2017. 13 с. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71895

2. Кравченко В. І., Білоус Ю. В., Кравченко В. П. Створення та обґрунтування композитного палива на основі осаду стічних вод. *Технічні науки*. Херсон : ХДАЕУ. 2023. № 3. С. 88–94. URL: http://journals.ksauniv.ks.ua/index.php/tech/article/view/403

3. Дані про споживання комунальних ресурсів комунальними підприємствами, установами та організаціями / Портал відкритих даних України. URL: https://data.gov.ua/dataset/kp_poslygu

4. Курис Ю. В. Енергетичні аспекти біогазових технологій. *Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит*. Харків. 2013, № 3. – С. 33–38. URI: https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/7607

5. Гіпп Т.Р. Технічний стан систем централізованого водопостачання та водовідведення. *Український центр водно-екологічних проблем, Інститут місцевого розвитку. Київ. 2018*. URL: https://cleanwater.org.ua/tehnichnyj-stan-system-tsentralizovanoho-vodopostachannya-ta-vodovidvedennya/

6. Silvestre, G.; Fernández, B.; Bonmatí, A. Significance of anaerobic digestion as a source of clean energy inwastewater treatment plants. Energy Conversion and Management. Volume 101, September 2015, Pages 255-262. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.05.033

7. Van Lier, J. B., Mahmoud, N. A., & Zeeman, G. (2008). Anaerobic Wastewater Treatment. In M. Henze, M. van Loosdrecht, G. A. Ekama, & D. Brdjanovic (Eds.), *Biological Wastewater Treatment: Principles, Modelling and Design* (pp. 415–457). IWA Publishing. London. URL: https://research.wur.nl/en/publications/anaerobic-wastewater-treatment

8. Nathalie Bachmann. Sustainable biogas production in municipal wastewater treatmentplants. *WebsiteIEABioenergy*,2015.p.18URL:https://task37.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/32/2022/02/Wastewater_biogas_grey_web-1.pdf

9. Біогазова станція на очисних спорудах «Львівводоканалу» має запрацювати у 2027 році. *Львівський портал*. URL: https://portal.lviv.ua/news/2025/03/06/biohazova-stantsiia-na-ochysnykh-sporudakh-lvivvodokanalu-maie-zapratsiuvaty-u-2027-rotsi

10. "Оцінка технологічних потреб України" для обговорення із зацікавленими сторонами. *Technology needs assessment*. URL: https://uabio.org/wp-content/uploads/2019/08/tna-ukraine-tfs-12w.pdf

11. Оліферчук В. П., Матвієнко М. Т. Отримання біогазу шляхом анаеробного зброджування осадів стічних вод на каналізаційних очисних спорудах. *Науковий вісник НЛТУ України – Екологія довкілля*. м. Львів. 2012. № 22. С. 114–118. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2012/22_11/114_Oli.pdf

12. Leonellha Barreto Dillon (2013) Anaerobic Digestion of Sewage Sludge. online platform NaWaKit. URL: https://sswm.info/index.php/step-nawatech/module-1-nawatech-basics/appropriate-technologies-0/anaerobic-digestion-of-sewage-sludge?utm_source=chatgpt.com

13. Міські та промислові очисні споруди: блог ЗІКО. URL: https://ziko.com.ua/ochischennya-promislovih-stokiv-article-miski-ta-promyslovi-ochysni-sporudy/

14. Козловська С. Б., Сорокіна К. Б. Обладнання анаеробного зброджування осадів стічних вод з метою отримання та утилізації біогазу на комунальних очисних спорудах водовідведення: веб-сайт core. URL: https://core.ac.uk/download/pdf/11336775.pdf

REFERENCES:

1. Pidhotuvannia orhano-mineralnoi sumishi z osadu stichnykh vod. Osad stichnykh vod. [Preparation of an organic-mineral mixture from sedimentary waters. Sewage sludge.] *DSTU 8727:2017* from 2017-07-31 Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukraine. Retrieved from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71895 [in Ukrainian].

2. Kravchenko V. I., Bilous Yu. V., Kravchenko V. P. (2023) Stvorennia ta obgruntuvannia kompozytnoho palyva na osnovi osadu stichnykh vod [Creation and justification of composite fuel based on sewage sludge] *Tekhnichni nauky. Kherson : KhDAEU – Technical Sciences. Kherson : KhSUAE*, № 3, 88–94. Retrieved from http://journals.ksauniv.ks.ua/index.php/tech/article/view/403 [in Ukrainian].

3. Dani pro spozhyvannia komunalnykh resursiv komunalnymy pidpryiemstvamy, ustanovamy ta orhanizatsiiamy [Data on the consumption of municipal resources by municipal enterprises, institutions and organizations] Open Data Portal of Ukraine. Retrieved from https://data.gov.ua/dataset/kp_poslygu [in Ukrainian].

4. Kuris Yu. V. (2013) Enerhetychni aspekty biohazovykh tekhnolohii. [Energy aspects of biogas technologies] *Enerhozberezhennia. Enerhetyka. Enerhoaudyt – Energy saving. Energy. Energy audit*, 3, 33–38. Retrieved from https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/7607 [in Ukrainian].

5. Hipp T.R. (2018) Tekhnichnyi stan system tsentralizovanoho vodopostachannia ta vodovidvedennia [Technical condition of centralized water supply and wastewater systems] *Ukrainskyi tsentr vodno-ekolohichnykh problem, Instytut mistsevoho rozvytku. Kyiv – Ukrainian Center for Water and Environmental Problems, Institute of Local Development. Kyiv*. Retrieved from https://cleanwater.org.ua/tehnichnyj-stan-system-tsentralizovanoho-vodopostachannya-ta-vodovidvedennya/ [in Ukrainian].

6. Silvestre, G., Fernández, B., Bonmatí, A. (2015) Significance of anaerobic digestion as a source of clean energy inwastewater treatment plants. Energy Conversion and Management. Volume 101, Pages 255–262. https://doi.org/10.1016/j.enconman.015.05.033

7. Van Lier, J. B., Mahmoud, N. A., & Zeeman, G. (2008). Anaerobic Wastewater Treatment. In M. Henze, M. van Loosdrecht, G. A. Ekama, & D. Brdjanovic (Eds.), *Biological Wastewater Treatment: Principles, Modelling and Design* (pp. 415–457).

IWA Publishing. London. https://research.wur.nl/en/publications/anaerobic-wastewater-treatment

8. Nathalie Bachmann. Sustainable biogas production in municipal wastewater treatmentplants. *WebsiteIEABioenergy*, 2015. p. 18URL: https://task37.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/32/2022/02/Wastewater_biogas_grey_web-1.pdf

9. Biohazova stantsiia na ochysnykh sporudakh "Lvivvodokanalu" maie zapratsiuvaty u 2027 rotsi [The biogas station at the Lvivvodokanal wastewater treatment plant is scheduled to be operational in 2027] *Lvivskyi portal – Lviv portal* Retrieved from https://portal.lviv.ua/news/2025/03/06/biohazova-stantsiia-na-ochysnykh-sporudakh-lvivvodokanalu-maie-zapratsiuvaty-u-2027-rotsi [in Ukrainian].

10. "Otsinka tekhnolohichnykh potreb Ukrainy" dlia obhovorennia iz zatsikavlenymy storonamy ["Ukraine Technology Needs Assessment" for discussion with stakeholders] *Technology needs assessment.* Retrieved from https://uabio.org/wp-content/uploads/2019/08/tna-ukraine-tfs-12w.pdf [in Ukrainian].

11. Oliferchuk V. P., Matviienko M. T. (2012) Otrymannia biohazu shliakhom anaerobnoho zbrodzhuvannia osadiv stichnykh vod na kanalizatsiinykh ochysnykh sporudakh [Biogas production by anaerobic digestion of sewage sludge at sewage treatment plants] *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy – Ekolohiia dovkillia. m. Lviv – Scientific Bulletin of the National Technical University of Ukraine – Environmental Ecology. Lviv, 22, 114–118.* Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2012/22_11/114_Oli.pdf [in Ukrainian].

12. Leonellha Barreto Dillon (2013) Anaerobic Digestion of Sewage Sludge. online platform NaWaKit. URL: https://sswm.info/index.php/step-nawatech/module-1-nawatech-basics/appropriate-technologies-0/anaerobic-digestion-of-sewage-sludge?utm_source=chatgpt.com

13. Miski ta promyslovi ochysni sporudy [Municipal and industrial wastewater treatment plants] *bloh ZIKO-ZICO's blog.* Retrieved from https://ziko.com.ua/ochischennya-promislovih-stokiv-article-miski-ta-promyslovi-ochysni-sporudy/ [in Ukrainian].

14. Kozlovska S. B., Sorokina K. B. Obladnannia anaerobnoho zbrodzhuvannia osadiv stichnykh vod z metoiu otrymannia ta utylizatsii biohazu na komunalnykh ochysnykh sporudakh vodovidvedennia [Equipment for anaerobic digestion of sewage sludge for the purpose of obtaining and utilizing biogas at municipal wastewater treatment plants] *veb-sait core – core website.* Retrieved from https://core.ac.uk/download/pdf/11336775.pdf [in Ukrainian].

Дата першого надходження рукопису до видання: 20.08.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 17.09.2025
Дата публікації: 30.10.2025