

2. Susana Ramírez, Graciela Torrealba, Eudimar Lameda-Cuicas et al. Investigation of pilot-scale constructed wetlands treating simulated pre-treated tannery wastewater under tropical climate. (2019), *Chemosphere*, 234, pp. 495-504.
3. Vijayalakshmi, P.; Raju, G. Bhaskar; Gnanamani, A. Advanced Oxidation and Electrooxidation As Tertiary Treatment Techniques to Improve the Purity of Tannery Wastewater. (2011), *Industrial & engineering chemistry research*, 50(17), pp. 10194-10200.
4. Sneha Korpea, Bhaskar Bethib, Shirish H. Sonawaneb, K.V. Jayakumara. Tannery wastewater treatment by cavitation combined with advanced oxidation process (AOP). (2019), *Ultrasonics Sonochemistry*, 59. p. 104723.
5. Bouzid, Jalel; Aydi, Walid; Ksibi, Mohamed. Use of Ozonation Process for the Oxidation of Liming Float Wastewater Stream. (2008), *Environmental Engineering science*, 25(8), pp. 1139-1148.

АДСОРБЦІЙНЕ ВИЛУЧЕННЯ ФОСФОРУ ЗІ СТІЧНИХ ВОД ТА УТИЛІЗАЦІЯ ОСАДІВ У ДОБРИВА

Іванченко А.В., Воронов В.В.
Науковий керівник Іванченко А.В.

Дніпровський державний технічний університет, Україна, місто Кам'янське,
ivanchenkodgtu@gmail.com

Фосфор є головним чинником евтрофікації водойм, спричиняючи надмірний ріст водоростей та ціанобактерій, що призводить до дефіциту кисню та загибелі водних організмів. Видалення фосфатів зі стічних вод є критично важливим для захисту водних екосистем. Одночасно з цим, фосфор є обмеженим і невідновлюваним ресурсом, незамінним для сільського господарства.

Для вилучення фосфатів зі стічних вод перспективним вбачається застосування адсорбційних матеріалів, таких як активоване вугілля, цеоліти, силікагель або природних сорбентів. Метод адсорбції може використовуватися для очищення як побутових, так і промислових стічних вод різного складу. Установка адсорбційного очищення є відносно простою в експлуатації, не потребує складного обладнання та може бути легко інтегрована в існуючі системи очищення. Процес не утворює токсичних побічних продуктів, а відпрацьовані сорбенти можуть піддаватися утилізації або регенерації без шкоди для довкілля. На відміну від деяких інших методів, адсорбція не потребує нагрівання розчинів чи проведення складних хімічних реакцій.

В результаті виконання експериментальних досліджень встановлено особливості вилучення фосфатів із модельних розчинів із безпечною утилізацією цеолітових осадів у добрива. Порівняно ефективність природних сорбентів (шкарлупи волоського горіха, глауконіту, цеоліту) та активованого вугілля. Для проведення експериментальних досліджень у якості вихідних модельних стічних вод використано розчин натрій гідрофосфату концентрацією 100 та 25 мг/дм³. Результати дослідів в динамічних умовах із використанням адсорбційних колонок показали, що цеоліт є найбільш ефективним 94,5% в порівнянні з іншими сорбентами (зниження концентрації фосфатів з 100 мг/дм³ до 5,5 мг/дм³). Результати в періодичних умовах (реактор з мішалкою): активоване вугілля найбільший ступінь вилучення фосфат-іонів 98 % за 2 години адсорбції (зниження з

25 мг/дм³ до 0,5 мг/дм³). Серед усіх досліджених алюмосилікатів цеоліт продемонстрував найвищу ефективність очищення – 87 % за дві години, що забезпечило зниження концентрації забруднювача до 3,25 мг/дм³.

Цеоліти є природними мінералами з високорозвиненою пористою структурою. Їх унікальна кристалічна решітка має численні мікро- та мезопори, здатні вибірково поглинати іони та молекули різних забруднювачів із водного середовища. Однією з головних переваг цеолітів є їхня висока іоннообмінна здатність. Цеоліти також проявляють високу хімічну та термічну стабільність, що робить їх довговічними й економічно вигідними. Їх можна регенерувати за допомогою промивання розчинами солей або кислот, після чого вони зберігають свою адсорбційну активність.

Таким чином, природний цеоліт рекомендовано для промислового впровадження на очисних спорудах через високу ефективність та потенціал утилізації. Запропоновано технологічну схему, що включає доочищення стічних вод після біологічної обробки у контактних відстійниках, де використовується цеоліт (1 г/дм³ при 60 хв контакту). Осад, насичений фосфатами після адсорбції на цеоліті, рекомендовано використовувати як сировину для одержання мінеральних та органо-мінеральних добрив пролонгованої дії.

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ З ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД ТА ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ НА КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ОЧИСНИХ СПОРУДАХ

Кізеєв М.Д., Проценко С.Б., Новицька О.С., Кравченко Н.В.

*Національний університет водного господарства та природокористування
Україна, Рівне m.d.kiziev@nuwm.edu.ua*

Повномасштабна війна в Україні та глобальна енергетична криза актуалізували питання енергетичної незалежності об'єктів критичної інфраструктури, до яких належать каналізаційні очисні споруди (КОС), що є великими споживачами електричної енергії (1–3% від загального споживання в країні) та теплової енергії. Проте зміна парадигми – від споживача до виробника енергії – дозволяє перетворити традиційні КОС на енергопозитивні комплексні підприємства з переробки стічних вод (СВ) та органічних відходів. СВ мають значний енергетичний потенціал у вигляді органічних речовин, низькопотенційного тепла та біогенних елементів. Анаеробне зброджування осадів КОС з виробництвом біогазу когенерацією енергії є ключовою технологією для реалізації цього потенціалу. Додаткове залучення органічних відходів (побутового, промислового або сільськогосподарського походження) у процес спільного зброджування з осадами КОС дозволяє значно підвищити вихід біогазу, зробити КОС енергонезалежними та одночасно вирішити проблему утилізації органічних відходів міста.

Європейський Союз встановив амбітні цілі щодо досягнення енергетичної нейтральності КОС з популяційним еквівалентом (РЕ) понад 10 000 осіб до 2045 року згідно з новою Директивою про очищення міських СВ. Багато європейських КОС вже перевищили цю мету та досягли енергопозитивності.

КОС «Марселісборг» в Орхусі (Данія) є взірцем енергоефективності. Завдяки комплексній модернізації вони виробляють 150–192% енергії, необхідної для їх експлуатації. Основні заходи, що були реалізовані на цих КОС, включали: оптимізацію процесу видалення азоту з контролем в режимі реального часу, заміну повітродувки на високошвидкісні турбоагнітаци, контроль віку активного мулу з використанням частотних