

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ МІСЬКИХ СТИЧНИХ ВОД ВІД СПОЛУК АЗОТУ

Прокопенко С.В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, prokopens@gmail.com

Abstract

The article reviews modern biological wastewater treatment technologies, focusing on nitrogen compound removal. It covers the A/O, A2/O, and Bardenpho processes, analyzing their design, efficiency, and nitrogen removal capabilities. The comparative analysis helps identify their advantages, limitations, and suitable application conditions for optimal wastewater management and environmental protection.

Keywords: biotechnology, wastewater, nitrogen removal, A/O, A2/O, Bardenpho.

Вступ. Біологічне очищення стічних вод є ключовим елементом сучасних водоочисних технологій, спрямованих на зменшення антропогенного впливу на водні екосистеми. Оскільки забруднення води органічними та біогенними елементами, зокрема сполуками азоту, є однією з основних причин евтрофікації річок, озер, водосховищ тощо, вибір ефективного методу очищення стічних вод від цих сполук є критично важливим для забезпечення екологічної рівноваги в водоймах. Сучасні технології біологічного очищення дають змогу не лише видаляти органічні забруднення, а й досягати низьких концентрацій азоту у стічній воді для її безпечного скиду у природні водойми. До найпоширеніших методів належать технології A/O, A2/O та Bardenpho, кожна з яких має свої особливості та ефективність залежно від складу забруднювальних речовин та умов експлуатації [1, 3].

Метою цієї роботи є порівняння ефективності цих технологій щодо видалення азотистих сполук зі стічних вод, а також визначення оптимальних умов їх застосування для забезпечення високої ефективності очищення.

Матеріали та методи. У роботі використано аналітичний метод дослідження, який включає порівняльний аналіз сучасних біологічних технологій очищення міських стічних вод від сполук азоту: A/O, A2/O та Bardenpho. Основою для аналізу слугували дані, наведені в наукових статтях та монографіях, що висвітлюють конструктивні особливості, механізми видалення азоту та фосфору, ефективність та умови застосування кожної з технологій.

З метою систематизації знань були розглянуті схеми очисних процесів, принципи роботи анаеробної, аноксидної та аеробної зон, внутрішню рециркуляцію азоту та їх вплив на кінцеву якість очищення [4].

Результати та обговорення. У ході дослідження було проаналізовано три сучасні біологічні технології очищення міських стічних вод від сполук азоту: A/O, A2/O та Bardenpho. Основна відмінність між ними полягає у кількості зон та ступені перетворення азотистих сполук у процесі очищення.

Технологія A/O (послідовно анаеробна/аеробна зони) дає змогу ефективно видаляти фосфор завдяки взаємодії фосфат-акумулюючих організмів у анаеробній та аеробній зонах. Однак, через відсутність аноксидної зони, система не забезпечує повний цикл денітрифікації, що обмежує можливості очищення від

азоту. Цей метод підходить для ситуацій, коли основним завданням є зниження вмісту фосфатів, а не комплексне очищення від азоту.

Технологія А2/О (анаеробна/аноксидна/аеробна зони) доповнює систему А/О додаванням аноксидної зони, що дає змогу здійснювати денітрифікацію, відновлюючи нітрати до молекулярного азоту. Це дає змогу одночасно видаляти як фосфор, так і азот, що робить цей процес більш універсальним і ефективним для очисних споруд з високими екологічними вимогами. Технологія забезпечує комбіноване біологічне очищення, яке відповідає більш строгим стандартам.

Технологія Bardenpho є найбільш ефективною серед розглянутих технологій завдяки багатоступеневій схемі очищення, що включає до п'яти стадій. Система забезпечує повну нітрифікацію і денітрифікацію, а також глибоке видалення фосфору. Висока ефективність досягається за рахунок внутрішньої рециркуляції, послідовної зміни умов в анаеробних, аноксидних та аеробних зонах, а також стабілізації стоку в реаераційній камері. Цей підхід є найбільш комплексним і підходить для складних умов очищення. Видалення амонійного азоту в класичних схемах досягає не більше ніж 20–30%, тоді як у багатоступеневих технологіях типу Bardenpho — до 95% [2, 5, 6].

Висновки. Результати досліджень показали, що кожна з розглянутих технологій має свої переваги та обмеження. Технологія А/О ефективна для видалення фосфору, але не забезпечує повного видалення азоту через відсутність аноксидної зони. Технологія А2/О, завдяки додаванню аноксидної зони, ефективно очищає як від фосфору, так і від азоту, що робить її більш універсальною. Найбільш ефективною є технологія Bardenpho, що забезпечує повну нітрифікацію та денітрифікацію, а також глибоке видалення фосфору завдяки багатоступеневому процесу. Видалення амонійного азоту в Bardenpho може досягати до 95%, що перевищує результати класичних схем. Вибір оптимальної технології залежить від умов експлуатації та екологічних вимог.

Подяка: д. т. н. Саблій Ларисі Андріївні, професору, професору кафедри біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології ФБТ за наукове керівництво.

Список використаної літератури:

1. Кононцев С. В., Саблій Л. А., Гроховська Ю. Р. Екологічна біотехнологія очищення стічних вод та культивування кормових організмів : монографія. Рівне : НУВГП, 2011. 151 с.
2. Саблій Л. А. Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод : монографія. Рівне : НУВГП, 2013. 292 с.
3. Шевченко І. В., Тимошук О. М. Технології очищення стічних вод від азоту та фосфору // Екологічний вісник. 2014. № 3. С. 110–116.
4. Chen G., Cheng W. Biological nitrogen removal technologies in wastewater treatment: A review // Environmental Science and Pollution Research. 2018. Vol. 25, No. 16. P. 15975–15988.
5. Sabliy L. A., Zhukova V. S. Efficient treatment of industrial wastewater using immobilized microorganisms // Water Supply and Wastewater Disposal. Designing, Construction, Operation and Monitoring : monografie / ed. by Beata Kowalska, Dariusz Kowalski. Lublin : Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, 2022. P. 248–262.
6. Kim J., Park K. Biological nutrient removal processes in wastewater treatment systems // Bioresource Technology. 2018. Vol. 260. P. 444–453.