



ГЛИБОКЕ ВИДАЛЕННЯ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗІ СТІЧНИХ ВОД

В. В. Шевченко

Запорізький національний університет
вул. Жуковського, 66, м. Запоріжжя, 69600, Україна
e-mail: shevchenkovladimir93@gmail.com

Біогенними елементами називаються елементи, які постійно входять до складу організмів та виконують певні біологічні функції. Найважливішими біогенними елементами є кисень, вуглець, водень, азот, фосфор, сірка, кальцій, калій, натрій, хлор.

Всі перераховані елементи відіграють важливу роль в біологічних процесах, що відбуваються у навколишньому середовищі, в том числі й у воді.

В практиці очищення стічних вод виділяють два основних біогенних елемента: азот (N) та фосфор (P).

При високій концентрації біогенних елементів у воді водойм (евтрофікації) відбувається порушення процесів саморегуляції в біоценозах. В них починають домінувати види, найбільш пристосовані до змінених умов, викликаючи «цвітіння» води. Біомаса бактеріо- і фітопланктону під час «цвітіння» піднімається до 200–500 г/м³, тоді як в оліготрофних водоймах вона в нормі складає 0,1–0,4 г/м³.

В період «цвітіння» у водоймі підвищується значення рН води, падає вміст розчиненого кисню. Ціанобактерії (*Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Nodularia*, *Oscillatoria*) продукують нейротоксини, що викликають захворювання центральної нервової системи, і гепатоксини, що призводять до руйнування печінки. Токсини ціанобактерій пригнічують безхребетних, риб та інших гідробіонтів, а також можуть викликають захворювання людей при використанні води з водойми в період «цвітіння» для пиття. Особливо небезпечний *Microcystis*, отрути якого в 10 000 разів токсичніше ціанідів [1].

В періоди масової загибелі ціанобактерій, в результаті досягнення граничної інтенсивності розвитку, в природних водоймах різко підвищується загальний вміст фенольних сполук, які можуть складати більше 53 мг/дм³.

Крім того, що азот і фосфор, накопичуючись у водоймі викликають «цвітіння», різноманітні сполуки азоту та фосфору негативно впливають на гідробіонтів і здоров'я людини.

В процесі традиційної біологічної очистки не вдається досягнути потрібної якості стічних вод за вмістом біогенних елементів, таких як азот та фосфор. Тому метою роботи було розглянути методи глибокого видалення біогенних елементів із стічних вод.

У світовій практиці існує кілька традиційних схем поєднання анаеробних і аеробних стадій, запропонованих для глибокого видалення біогенних елементів із стічних вод різного складу.

Найбільш проста схема розроблена в США для одночасного видалення сполук азоту та фосфору (найбільшою мірою фосфору) з стічних вод на високонавантажених очисних спорудах (табл. 1). Вона отримала назву А/О процесу (Анаеробіс/Охіс-процесу). За цією

схемою зворотний мул переміщується з стічними водами, що поступають, і подається в анаеробний реактор, потім стічні води проходять аеробне очищення і надходять у вторинні відстійники. Це найбільш проста і дешева схема видалення сполук азоту та фосфору, але її застосування можливе лише для стічних вод промислового складу з високими навантаженнями на активний мул по вуглецевмісній органіці, помірної нітрифікації і при великих концентраціях фосфорвмісних сполук. Для низьконавантажених споруд створюється додаткова аноксидна стадія з метою більш ефективного видалення нітратного і нітритного азоту.

Найбільш відома, широко застосовувана в Європі схема очистки, що дозволяє ефективно видаляти сполуки азоту і фосфору на низьконавантажених спорудах (табл. 1), отримала назву по імені розробника Bardenpho-процес. У цій схемі очищення стічних вод починається з аноксидної стадії, в якій здійснюється денітрифікація. У цю зону потрапляють стічні води, які використовуються для денітрифікації як джерела вуглецю, і мулова суміш після нітрифікаторів, яка містить нітриту та нітрата. Потім слідує аеробна стадія, де відбувається зниження утримання органічних забруднюючих речовин у стічних водах, що очищаються, і нітрифікація. Суміш мулу з цієї зони, що містить нітрата, подається в наступну аноксидну зону денітрифікації і одночасно в попередню аноксидну зону денітрифікації. Процес закінчується аеробною зоною, в якій відбувається нітрифікація і часткової дефосфатація.

Phoredox-процес являє собою модифікацію Bardenpho-процесу (п'ятистадійного Bardenpho). У цій схемі додано додаткову анаеробну стадію з коротким періодом перебування стічних вод (1-3 год), в якій і забезпечується зростання і функціонування фосфорнакопичуючих бактерій і стимулюється інтенсивне споживання фосфору в подальшій аеробній стадії. Вилучення загального фосфору може досягати 95% [2].

У світовій практиці біологічної очистки різних азотмістких стічних вод, широке застосування знайшли також біологічні реактори (аеротенки) циклічного типу наповнення (англ. SBR – Sequencing Batch Reactor). Очистка стічних вод за SBR-технологією здійснюється циклами і є однією з альтернатив загальноприйнятій очистці в реакторах проточного типу (в аеротенках).

Принцип роботи SBR заснований на циклічній зміні процесів очистки стічних вод, що відбуваються в одному реакторі. Кожний цикл очистки складається з певних фаз, тривалість і послідовність яких задається в залежності від необхідного ефекту біологічної очистки. Типовий SBR-цикл складається з наступних фаз: фаза наповнення; фаза перемішування; фаза аерації.; фаза седиментації; фаза декантування; фаза відстоювання (рис. 1).

Основною перевагою SBR є в те, що всі процеси біологічної очистки (окиснення органічних і біогенних речовин, а також седиментація) здійснюється в одному реакторі, що дає змогу регулювати тривалість і послідовність фаз очистки в залежності від концентрацій стічних вод, які поступають на очистку при використанні автоматизованих систем управління. В технологічній схемі з двома і більше реакторами під час низьких навантажень можливе відключення одного з реакторів. При цьому активність мулу відключеного реактору зберігається при умові його постійної аерації (ефект регенерації активного мулу). Наступною перевагою є забезпечення в SBR умовах абсолютного перемішування, які із-за недостатньої аераційної дифузії неможливо досягнути в реакторі проточного типу. Процес седиментації активного мулу є причиною багатьох проблем на очисних спорудах, призначених для видалення біогенних елементів.

В SBR процесі седиментація здійснюється в ідеальних гідравлічних умовах, так як під час осадження, а також декантування очищеної води відсутній притік стічної води і викликана

цим турбуленція. При підвищенні мулового індексу існує можливість подовження фази седиментації і запобігання виносу активного мулу із системи.

До недоліків відноситься складна система аерації, яка експлуатується в циклічному режимі і вимагає подачі кількості кисню в залежності від концентрації субстрату в реакторі [3].

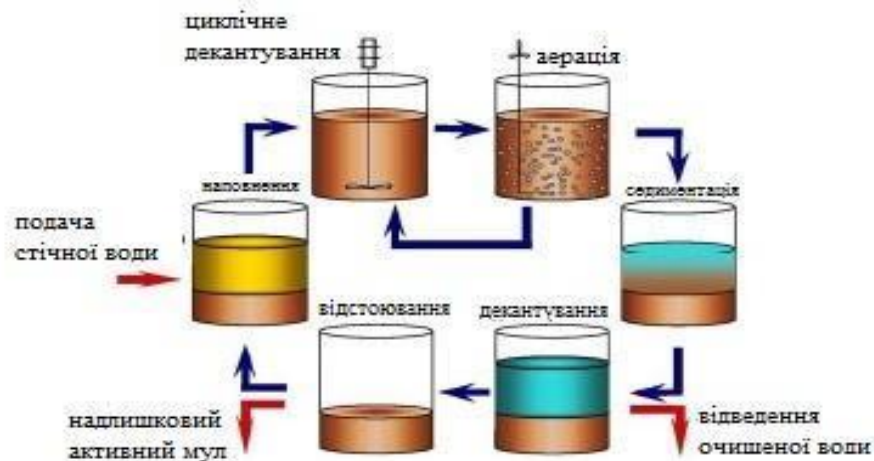


Рисунок. Схема процесів очистки протягом одного циклу SBR [2]

Таблиця.

Порівняння процесів глибокого видалення біогенних елементів

Процес	Навантаженість води біогенними елементами	Кількість стадій
Анаеробіс/Охіс-	Високонанвантажені	3
Bardenpho	Низьконанвантажені	5
Phoredox	Низьконанвантажені	6
SBR	Різконанвантажені	6

Отже, існує декілька схем вилучення біогенних елементів із стічних вод. Використання цих схем залежить від вмісту цих елементів у воді. Найпростішим і найдешевшим є А/О процес.

Література

1. Ручай Н. С. Экологическая биотехнология: учеб. пособие для студентов специальности «Биоэкология» / Н. С. Ручай, Р. М. Маркевич. – Минск: БГТУ, 2006. – 312 с.
2. Гогина Е.С. Удаление биогенных элементов из сточных вод: Монография / ГОУ ВПО Моск. гос. строит. ун-т. – М.: МГСУ, 2010. – 120 с.
3. Новикова О. К. Очистка сточных вод от биогенных элементов : учеб.-метод. пособие / О. К. Новикова ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 55 с.