

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ГОСПОДАРСЬКО-ПОБУТОВИХ СТІЧНИХ ВОД

*Національний університет водного господарства та природокористування,
Україна*

*В статті наведено порівняльний аналіз технологій біологічного очищення стічних вод, що містять етапи анаеробної, аеробної, аноксидної обробки мулової суміші, з метою досягнення мінімізації енергозатрат на реалізацію процесів водоочищення. Показано, що енергозберігаючою є технологія біологічного очищення стічних вод за модифікованою схемою *Vardenpho* із поділом рециркуляційного активного мулу між ступенями очищення.*

Постановка проблеми. Господарсько-побутові стічні води, що надходять на міські очисні споруди України містять завислі речовини концентрацією 147,3-468,2 мг/дм³, загальний фосфор – 0,21-15,8 мг/дм³, загальний азот – 13,2-63,68 мг/дм³, БСК₅ – 114,1-924,9 мгО₂/дм³ [1]. Гранично-допустимі концентрації на скид до водойм для завислих речовин складають 15 мг/дм³, загального фосфору – 1,5-6 мг/дм³, загального азоту – 2-10,9 мг/дм³, БСК₅ – 8,5-15 мгО₂/дм³.

Очищення господарсько-побутових стічних вод провадять на централізованих очисних спорудах населених пунктів. Основним етапом в загальній технології очищення господарсько-побутових стічних вод є їх біологічне очищення. Наявність в стічній воді забруднюючих домішок, сполук азоту, сполук фосфору в концентраціях, що перевищують встановлені гранично-допустимі концентрації на скид до водойм вимагає заходів з реновації існуючих технологій біологічного очищення господарсько-побутових стічних вод шляхом реконструкції аеротенків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науковим розробкам з інтенсифікації роботи та реновації існуючих споруд біологічного очищення стічних вод присвячено роботи Н. О. Лукіних, П. І. Гвоздяка, Л. А. Саблій, В. А. Ковальчука, О. А. Василенко, Є. В. Кузьмінського, О. В. Поліщука, М. Ю. Козар, В. С. Жукової, О. О. Грицини [2,3,5].

Реконструкцію аеротенків для біологічного очищення стічних вод від сполук азоту провадять з метою стадійної обробки води в аеробних і анаеробних (аноксидних) біореакторах (зонах) для реалізації поступового окиснення амонійного азоту до нітратів і нітритів, та згодом відновленням нітритів та нітратів до газоподібного азоту [5].

Реконструкцію аеротенків для біологічного очищення стічних вод від сполук фосфору здійснюють для забезпечення двоступеневої обробки стічних вод в анаеробних і аеробних умовах [3,7].

Формулювання цілей та завдання статті. Реконструкція аеротенків для реалізації процесів денітрифікації і дефосфотації повинна передбачати максимальне залучення органічних забруднень стічної води як субстрату [4]. Значна частка енергозатрат (до 90%) на реалізацію біологічного очищення стічних вод припадає на функціонування системи аерації, що забезпечує насичення води киснем повітря, перемішування мулової суміші, підтримання активного мулу в зваженому і рівномірно-розподіленому стані в об'ємі аеробних реакторів (аеротенків).

Удосконалення існуючих технологічних рішень очищення господарсько-побутових стічних вод з метою зниження енергозатрат на реалізацію біологічного очищення, враховуючи обов'язкове супутнє очищення стічної води від сполук фосфору та азоту, є актуальною і нагальною науковою задачею.

Основна частина. Необхідний ступінь очищення господарсько-побутових стічних вод по БСК і сполукам фосфору може бути досягнутий шляхом реновації існуючих централізованих каналізаційних очисних споруд відповідно до технологічної схеми, що включає етапи поступової анаеробної, аеробної обробки стічних вод (рис. 1). За такою технологією витрата стічних вод, до 70% від загальної, спрямовується до анаеробного реактора, а до 30% стічної води – до аеробного реактора. Часткове зниження легкоокиснюваних органічних забруднень (до 25%), за рахунок діяльності факультативних анаеробів, в анаеробному реакторі в цілому призводить до зниження навантаження по БСК на аеробний біореактор, тим самим до зменшення загальної витрати повітря, що подається до аеробних реакторів.

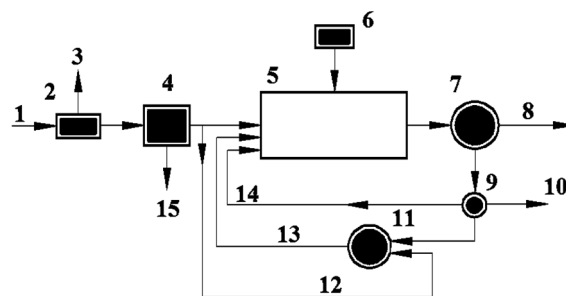


Рис. 1. Технологічна схема повного біологічного очищення стічних вод за модифікованою схемою А/О: 1 - очищені стічні води, що пройшли споруди решіток; 2 - піскоуловлювач; 3 – піщана пульпа на пісковий майданчик; 4 - первинний відстійник; 5, 11 - аеробний, анаеробний біореактори; 6 - повітрорудна станція; 7 - вторинний відстійник; 8 - трубопровід подачі стічної води, що пройшла біологічне очищення до змішувача із знезаражуючим агентом; 9 - насос; 10 - надлишковий активний мул на ущільнення; 12 – трубопровід подачі частини стічних вод до анаеробного біореактора; 13 – мулова суміш після анаеробного біореактора; 14 – рециркуляційний активний мул; 15 – сирий осад первинних відстійників на обробку.

Однак, для забезпечення стабільності роботи анаеробних реакторів, частину зворотного активного мулу можна спрямувати до проміжного анаеробного біореактора обробки активного мулу (рис. 2). Влаштування

анаеробного біореактора для частини зворотного активного мулу унеможлиблює порушення роботи анаеробних реакторів при залповому надходженні зі стічними водами токсичних домішок, що пригнічують діяльність факультативних анаеробів.

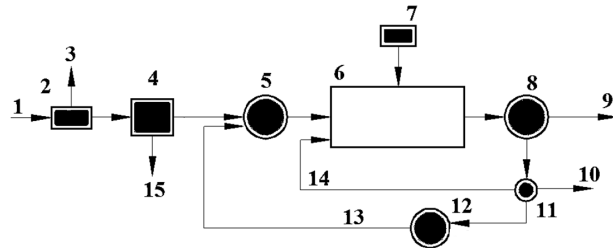


Рис. 2. Технологічна схема повного біологічного очищення стічних вод за модифікованою схемою А/О з анаеробною обробкою зворотного активного мулу: 1 - очищувані стічні води, що пройшли споруди решіток; 2 - піскоуловлювач; 3 - піщана пульпа на пісковий майданчик; 4 - первинний відстійник; 5, 6, 12 – анаеробний, аеробний, анаеробний біореактори; 7 - повітрорудна станція; 8 - вторинний відстійник; 9 - трубопровід подачі стічної води, що пройшла біологічне очищення до змішувача із знезаражуючим агентом; 10 - надлишковий активний мул на ущільнення; 11 - насос; 13, 14 – рециркуляційний активний мул; 15 - сирий осад первинних відстійників на обробку.

В результаті моделювання в програмному комплексі STOAT встановлено, що при подачі (до 40%) зворотного активного мулу в проміжний анаеробний реактор збільшується навантаження по БСК до 35-40% на аеробний реактор, в порівнянні із реконструкцією аеротенків за модифікованою схемою А/О (рис. 1), що в кінцевому призводить до непродуктивних витрат електроенергії на аерацію.

Повне біологічне очищення стічних вод і супутнє зниження концентрації сполук фосфору та азоту може бути досягнуто шляхом реконструкції каналізаційних очисних споруд за чотирьох ступеневою схемою біологічного очищення Vardenpho (рис. 3).

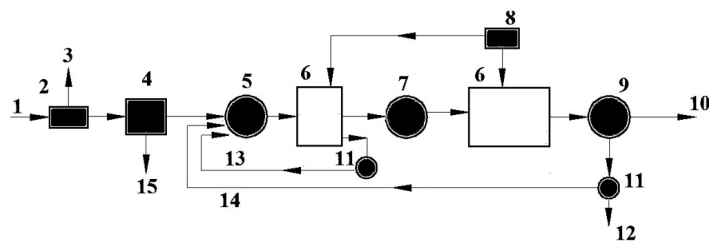


Рис. 3. Технологічна схема повного біологічного очищення стічних вод за схемою Vardenpho: 1 - очищувані стічні води, що пройшли споруди решіток; 2 - піскоуловлювач; 3 - піщана пульпа на пісковий майданчик; 4,9 - первинний, вторинний відстійники; 5,6,7 - аноксидний, аеробний, анаеробний біореактори; 8 - повітрорудна станція; 10 - трубопровід подачі стічної води, що пройшла біологічне очищення до змішувача із знезаражуючим агентом; 11 - насос; 12 - надлишковий активний мул; 13 - рециркуляційна мулова суміш; 14 - зворотний активний мул; 15 - сирий осад первинних відстійників на обробку.

Нітратний рецикл реалізується на першому ступені в аноксидних біореакторах і другому ступені в аеробних біореакторах. Видалення сполук фосфору забезпечується при послідовній обробці води в аноксидних реакторах третього ступеня і аеробних реакторах четвертого ступеня схеми Bardenpho.

В результаті чисельного експерименту виконаного в програмному комплексі STOAT за ефективністю біологічного очищення стічних вод від сполук фосфору та азоту встановлено, що за схемою Bardenpho оптимальними є об'єми аноксидного, аеробного, аноксидного, аеробного реакторів (зон), % – 25:33:21:31.

Чутливість фосфоракумулюючих автотрофів до зміни фізико-хімічних показників стічної води та порівняно низький їх приріст вимагає заходів із часткової рециркуляції активного мулу до біореакторів різних ступенів очищення (рис. 4).

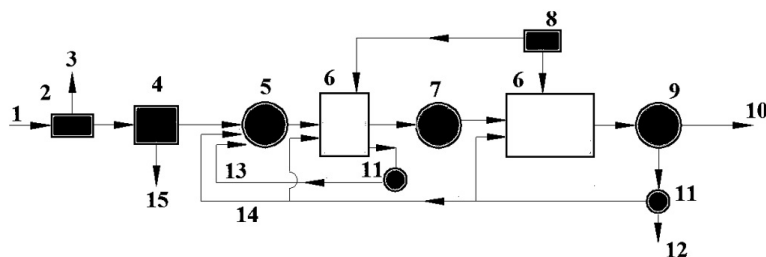


Рис. 4. Технологічна схема повного біологічного очищення стічних вод за модифікованою схемою Bardenpho: 1 - очишувані стічні води, що пройшли споруди решіток; 2 - піскоуловлювач; 3 - піщана пульпа на пісковий майданчик; 4 -первинний відстійник; 5, 6, 7 - аноксидний, аеробний, аноксидний біореактори; 8 - повітрودувна станція; 9 - вторинний відстійник; 10 - трубопровід подачі стічної води, що пройшла біологічне очищення до змішувача із знезаражуючим агентом; 11 - насос; 12 - надлишковий активний мул; 13 - рециркуляційна мулова суміш; 14 - зворотний активний мул; 15 - сирий осад первинних відстійників на обробку.

Шляхом моделювання в програмному комплексі STOAT встановлено, що часткова рециркуляція (до 25%) активного мулу до аеробного біореактора другого ступеня дозволяє зменшити його об'єм до 60%, порівняно із схемою Bardenpho, тим самим зменшити час перебування стічних вод в аеробних умовах, знизити загальні витрати електроенергії на аерацію.

Висновки. В результаті порівняльного аналізу технологій біологічного очищення стічних вод і проведених досліджень за допомогою програмного комплексу STOAT встановлено, що для досягнення повного біологічного очищення господарсько-побутових стічних вод, враховуючи обов'язкове супутнє очищення стічної води від сполук фосфору та азоту, енергоощадною є технологія за модифікованою схемою Bardenpho із поділом рециркуляційного активного мулу між ступенями біологічного очищення.

Література

1. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2010 р. / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. — К., 2011. — С. 564.
2. Ковальчук В. А. Очистка стічних вод .: Навчальний посібник. — Рівне: ВАТ «Рівненська Друкарня», 2003. — 616 с.
3. Козарь М.Ю. Удаление соединений азота и фосфора: проблемы и их решения / М. Ю. Козарь, В. С. Жукова, Л. А. Саблий // 5-ая Восточно-Европейская конференция "Опыт и молодость в решении водных проблем" — IWA. Киев. 2013. — С. 351-358.
4. ДБН В.2.5 – 75 : 2013 "Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування". - К. : Мінрегіонбуд, 2013 – 210 с.
5. Василенко О. А. Впровадження технології біологічної очистки стічних вод від сполук азоту і фосфору на міських очисних спорудах / О. А. Василенко, О. В. Поліщук, Л. О. Василенко // Екологічна безпека і природокористування. – 2014. – Вип. 15. – С. 90-101.
6. Россінський В. М. Удосконалення способів біологічного очищення господарсько-побутових стічних вод шляхом структурного поділу потоків // Актуальні проблеми теплогазопостачання і вентиляції, водопостачання і водовідведення. Зб. наук. праць. – Рівне : НУВГП, 2015. – С. 146-148.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

В. Н. Россинский

В статье приведен сравнительный анализ технологий биологической очистки сточных вод, содержащих этапы анаэробной, аэробной, аноксидной обработки иловой смеси, с целью достижения минимизации энергозатрат на реализацию процессов водоочистки. Показано, что энергосберегающей является технология биологической очистки сточных вод по модифицированной схеме Bardenpho с разделением циркуляционного активного ила между ступенями очистки.

ENERGY SAVING TECHNOLOGIES OF BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT

V. Rossinskyi

In the article, a comparative analysis of biological wastewater treatment technology, comprising anaerobic-aerobic-anoxic processes, for energy minimization is presented. That the energy-saving technology of biological wastewater treatment by modified scheme of Bardenpho with division recirculation of activated sludge between the treatment stages is shown.