УДК 628.218

Россінський В. М., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБІВ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ГОСПОДАРСЬКО-ПОБУТОВИХ СТІЧНИХ ВОД ШЛЯХОМ СТРУКТУРНОГО ПОДІЛУ ПОТОКІВ

У статті приведено послідовну оцінку технологій очищення господарсько-побутових стічних вод від сполук азоту, фосфору, завислих речовин за схемами із аноксидними, анаеробними, аеробними умовами з використанням активного мулу.
Ключові слова: **технологія, очищення, фосфор, азот, завислі речовини, стічна вода.**

Господарсько-побутові стічні води, що надходять на міські очисні споруди України характеризуються концентраціями завислих речовин 147,3–468,2 мг/дм^3, загального фосфору 0,21–15,8 мг/дм^3, загального азоту 13,2–63,68 мг/дм^3, БСК$_5$ 114,1–924,9 мг/дм^3 [1].

Очищення господарсько–побутових стічних вод провадять на очисних спорудах. Основним етапом в загальній технології очищення господарсько-побутових стічних вод є їх біологічне очищення за допомогою комплексу споруд аеротенк–вторинні відстійники.

Наявність в стічній воді азоту і фосфору в концентраціях, що перевищують встановлені гранично-допустимі концентрації на скид до водойм вимагає заходів щодо удосконалення існуючих технологій біологічного очищення стічних вод.

Технічним і технологічним аспектам реалізації біологічного очищення стічних вод від сполук фосфору та азоту 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, 5–7].

Біологічне очищення стічних вод від сполук азоту ґрунтується на стадійній обробці води в аеробних і анаеробних (аноксидних) біореакторах (зонах) шляхом реалізації поступового окиснення амонійного азоту до нітратів і нітритів та згодом відновленням нітритів та нітратів до атомарного азоту [3, 5, 7].

Технології біохімічного очищення стічних вод від сполук фосфору ґрунтуються на двоступеневій обробці стічних вод в анаеробних і аеробних умовах [3, 7, 8]. Початковий етап включає обробку стічних вод

в анаеробних умовах. В анаеробній зоні біореакторів збільшується концентрація розчинених в стічній воді ортофосфатів.

Спрямовуючи стічну воду, що містить ортофосфати з анаеробної зони в аеробну відбувається окиснення полігідроксибутурату та полігідроксивалерату клітинами бактерій активного мулу. Енергія від окиснення органічних речовин йде на поглинання клітинами бактерій активного мулу розчинених ортофосфатів із стічної води. Споживання ортофосфатів клітинами бактерій активного мулу в процесах аеробної біодеструкції продукує утворення нових бактеріальних клітин, молекул води та вуглекислого газу. Відбувається процес вилучення сполук фосфору зі стічної води.

Технології біологічного очищення стічних вод на етапах реалізації процесів денітрифікації і дефосфотації повинні передбачати максимальне залучення органічних забруднень стічної води як субстрату [4].

Удосконалення існуючих технологічних рішень біологічного очищення стічних вод, враховуючи необхідність очищення стічної води від сполук фосфору та азоту, є актуальною науковою задачею.

Мета статті полягає в оцінці ефективності очищення господарсько–побутових стічних вод за існуючими технологіями шляхом чисельного експерименту та удосконалення технологій очищення стічних вод від сполук фосфору та азоту шляхом структурного поділу потоків.

Класичною технологією відповідно до якої здійснюється очищення господарсько–побутових стічних вод на очисних спорудах є очищення стічних вод в аеротенках (рис. 1).

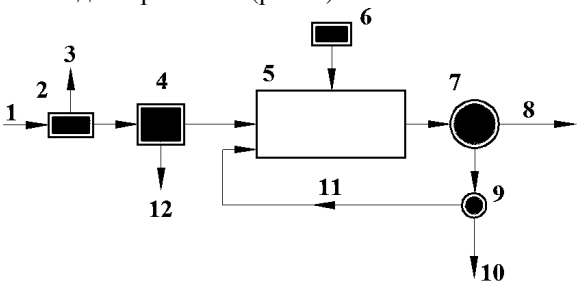

Рис. 1. Технологічна схема повного біологічного очищення стічних вод в аеротенках: 1 – стічна вода після решіток; 2 – піскоуловлювач; 3 – піщана пульпа на пісковий майданчик; 4, 7 – первинний, вторинний відстійники; 5 – аеротенк; 6 – повітродувна станція; 8 – трубопровід подачі стічної води після біологічного очищення до змішувача із знезаражувачем; 9 – насосна станція зворотного активного мулу 11; 10 – НАМ на ущільнення; 12 – сирий осад

При $БСК_{повн}$ стічних вод більше 150 мг/дм^3 додатково здійснюють

регенерацію активного мулу [4]. Реалізація очищення господарсько–побутових стічних вод за класичною технологією (рис. 1) не дозволяє реалізувати послідовну нітрифікацію, денітрифікацію та анаеробні (аноксидні), аеробні умови реалізації процесів дефосфотації.

Реалізація процесів окиснення органічних забруднень, денітрифікація, дефосфотація може бути реалізована шляхом послідовної обробки стічних вод в анаеробних, аноксидних, аеробних умовах (біореакторах) за схемою A^2/O (рис. 2) [5].

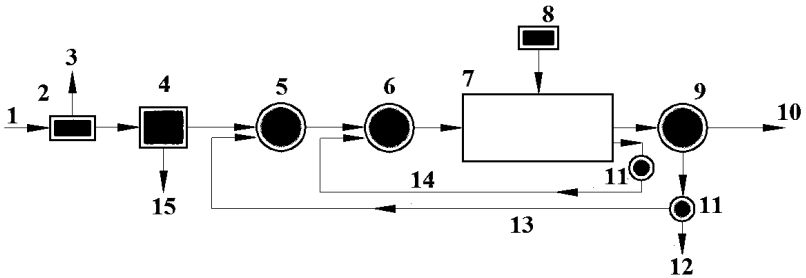

Рис. 2. Технологічна схема повного біологічного очищення стічних вод за схемою A^2/O: 1 – очищувані стічні води, що пройшли споруди решіток; 2 – піскоуловлювач; 3 – піщана пульпа на пісковий майданчик; 4, 9 – первинний, вторинний відстійники; 5, 6 – анаеробний, аноксидний біореактори; 7 – аеротенк; 8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

Повна витрата рециркуляційного активного мулу спрямовується в анаеробний реактор (зону). Ефективна денітрифікація реалізується шляхом циркуляції мулової суміші із аеробного реактора (зони) в аноксидний реактор (зону), із коефіцієнтом циркуляції суміші до 5.

Негативний вплив нітратів на процеси дефосфотації потребує передбачення в технології біологічного очищення стічних вод від сполук азоту і фосфору додаткових ступенів обробки стічних вод в анаеробних та аеробних умовах за схемою Bardenpho (рис. 3), якщо забезпечується достатня кількість субстрату на ступенях біологічного очищення.

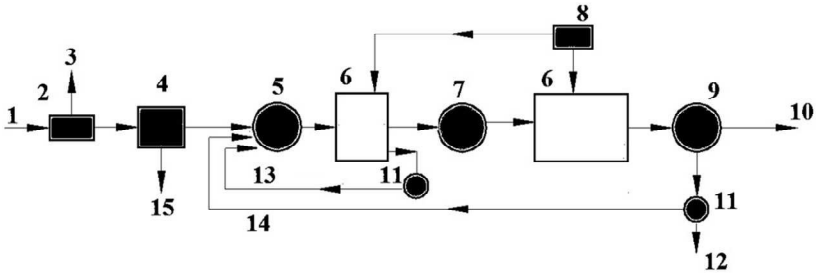

Рис. 3. Технологічна схема повного біологічного очищення стічних вод за схемою Bardenpho: 1 – очищувані стічні води, що пройшли споруди решіток; 2 – піскоуловлювач; 3 – піщана пульпа на пісковий майданчик; 4, 9 – первинний, вторинний відстійники; 5, 6, 7 – аноксидний, аеробний, анаеробний біореактори; 8 – повітродувна 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

Для інтенсифікації адаптації активного мулу до аеробних умов в стічну воду запропоновано спрямовувати частину зворотного активного мулу до аеробних біореакторів (зон) (рис. 4).

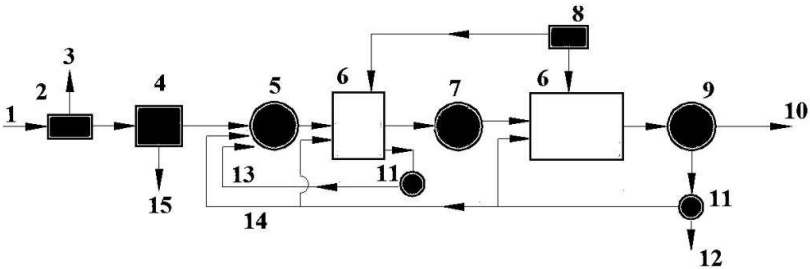

Рис. 4. Технологічна схема повного біологічного очищення стічних вод за модифікованою схемою Bardenpho: 1 – очищувані стічні води, що пройшли споруди решіток; 2 – піскоуловлювач; 3 – піщана пульпа на пісковий майданчик; 4, 9 – первинний, вторинний відстійники; 5, 6, 7 – аноксидний, аеробний, анаеробний біореактори; 8 – повітродувна 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

З метою оцінки ефективності очищення господарсько-побутових стічних вод за наведеними технологіями (рис. 1–4) було проведено чисельний експеримент за допомогою програмного комплексу STOAT.

Вихідними даними для проведення чисельного експерименту були наступні показники стічної води: витрата – 2000 $м^3$/добу; ХСК – 480 мг/$дм^3$; БСК – 384 мг/$дм^3$; ЗР – 250 мг/$дм^3$; загальний азот – 25 мг/$дм^3$; відношення $БСК_5$ до $БСК_{повн}$ – 0,66.

В результаті оптимізації розмірів основних споруд за ефективністю біологічного очищення стічних вод від сполук фосфору та азоту в результаті чисельного експерименту встановлено, що за технологією очищення відповідно до схеми A^2/O (рис. 2) об'єми анаеробного, аноксидного, аеробного реакторів (зон) співвідносяться за принципом (%) 17:25:58 від об'єму споруди аеротенка; за схемою Bardenpho (рис. 3) об'єми аноксидного, аеробного анаеробного, аеробного реакторів (зон), % – 25:33:21:31; за модифікованою схемою Bardenpho (рис. 4) об'єми аноксидного, аеробного анаеробного, аеробного реакторів (зон), % – 25:33:29:13. Найменша концентрація загального азоту на виході з вторинного відстійника забезпечується за схемою Bardenpho та модифікованою схемою Bardenpho із поділом потоку зворотного мулу між аноксидним реактором (зоною), аеробним реактором (зоною) I ступеня, аеробним реактором (зоною) II ступеня із коефіцієнтами поділу потоку рівними 0,5:0,25:0,25 (рис. 5).

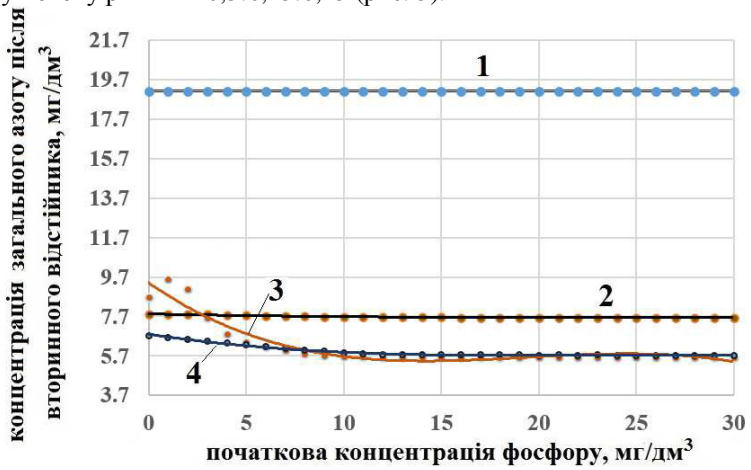

Рис. 5. Залежність зміни концентрації загального азоту після вторинного відстійника від початкової концентрації фосфору в стічній воді при очищенні відповідно до технологій на рисунках: 1 – рис. 1; 2 – рис. 2; 3 – рис. 3; 4 – рис. 4

Для встановлених співвідношень об'ємів реакторів (зон) біологічного очищення стічних вод відповідно до приведених технологічних схем (рис. 2-4) визначено залежність концентрації загального фосфору після вторинного відстійника від початкової його концентрації (рис. 6).

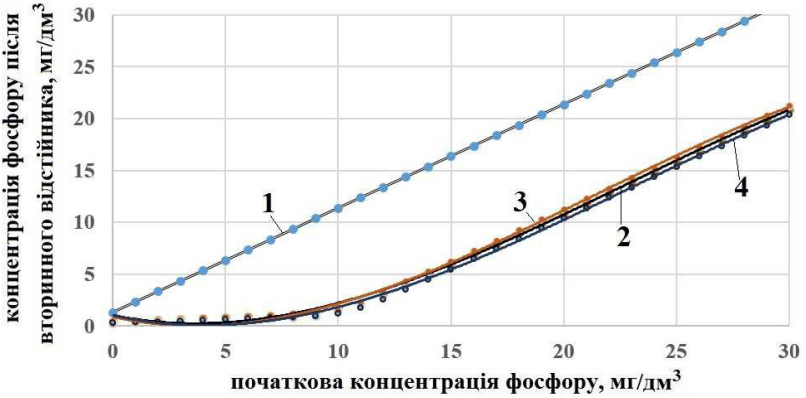

Рис. 6. Залежність зміни концентрації загального фосфору після вторинного відстійника від його початкової концентрації в стічній воді при очищенні відповідно до технологій на рисунках: 1 – рис. 1; 2 – рис. 2; 3 – рис. 3; 4 – рис. 4

За приведеними технологіями (рис. 1-4) досягається повне біологічне очищення господарсько-побутових стічних вод (рис. 7) та зниження концентрації завислих речовин нижче 15 мг/дм^3 (рис. 8).

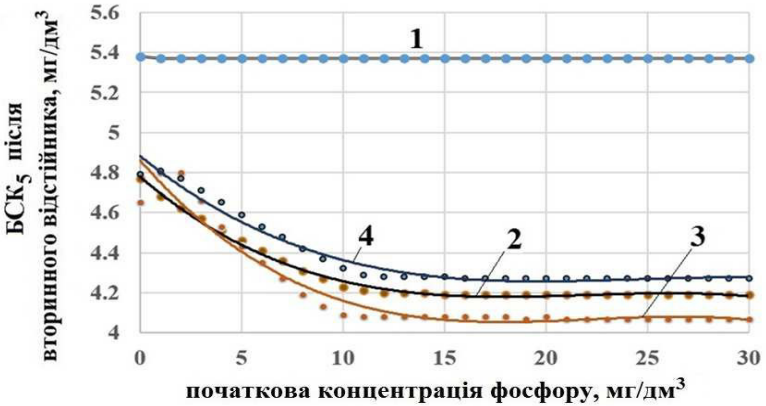

Рис. 7. Залежність зміни БСК$_5$ після вторинного відстійника від початкової концентрації фосфору в стічній воді при очищенні відповідно до технологій на рисунках: 1 – рис. 1; 2 – рис. 2; 3 – рис. 3; 4 – рис. 4

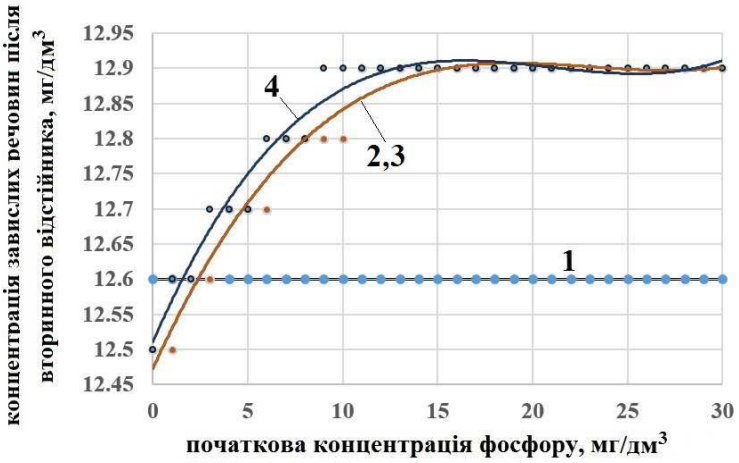

Рис. 8. Залежність зміни концентрації завислих речовин після вторинного відстійника від початкової концентрації фосфору в стічній воді при очищенні відповідно до технологій на рисунках: 1 – рис. 1; 2 – рис. 2; 3 – рис. 3; 4 – рис. 4

Отже, в результаті проведеного чисельного експерименту з оцінки ефективності очищення господарсько-побутових стічних вод за класичною технологією в аеротенках, та технологіями, що включають схеми A^2/O, Bardenpho, та запропонованою модифікованою схемою Bardenpho встановлено, що при поділі потоку рециркуляційного активного мулу між аноксидними та аеробними реакторами I і II ступенів можна досягти зниження об'єму аеробного реактора (зони) II ступеня до 18% порівняно із схемою Bardenpho, не знижуючи ефективність очищення стічних вод, тим самим знизити загальну витрату повітря, зменшити експлуатаційні витрати.

1. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2010 р. / Мінрегіонбуд 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.** Бляшина М. В. Очищення міських стічних вод в анаеробно-аеробних біореакторах з іммобілізованими мікроорганізмами / М. В. Бляшина, Л. А. Саблій,

П. І. Гвоздяк // Науковий вісник будівництва 67. – Харків : ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2012. – С. 320–328. **7.** Козар М. Ю. Ефективність біологічного видалення сполук фосфору із стічних вод в різних кисневих умовах / М. Ю. Козар, Л. А. Саблій // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2012. – № 2. – С. 104–108. **8.** Россінський В. М. Головні аспекти та технології очищення стічних вод від СПАР і сполук фосфору / В. М. Россінський // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: Науково-технічний збірник. – Вип. 24. – К. : КНУБА, 2014. – С. 229–237.

Рецензент: д.т.н., проф. Ковальчук В. А. (НУВГП, м. Рівне)

Rossinskyi V. M., Candidate of Engineering, Associate Professor
(National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

PERFECTION OF TECHNOLOGY OF BIOLOGICAL WASTE-WATER TREATMENT BY STRUCTURAL FLOW SEPARATION

Consistent technologies evaluation of wastewater treatment from the compounds of nitrogen, phosphorus, suspended solids with schemes including anoxic, anaerobic, aerobic zones by activated sludge are presented in the paper.
Keywords: **technology, water treatment, phosphorus, nitrogen, suspended solids, wastewater.**

Россинский В. Н., к.т.н., доцент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПОСРЕДСТВОМ СТРУКТУРНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ПОТОКОВ

В статье приводится последовательная оценка технологий очистки хозяйственно-бытовых сточных вод от соединений азота, фосфора, взвешенных веществ по схемам включающих аноксидные, анаэробные, аэробные условия посредством активного ила.
Ключевые слова: **технология, водоочистка, фосфор, азот, взвешенные вещества, сточная вода.**