

УДК 628.334

**Кравченко В. С., к.т.н., доцент, Кравченко Н. В., к.т.н., доцент,
Басюк М. М., інженер** (Національний університет водного
господарства та природокористування, м. Рівне)

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ РОБОТИ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД В УМОВАХ СКИДУ НЕВЕЛИКИХ ВИТРАТ

Розглянуто сучасні проблеми очищення стічних вод в умовах скиду малих витрат. Запропоновано напрямки інтенсифікації роботи біофільтрів та визначено переваги послідовного застосування аеробно-анаеробних процесів при вилученні забруднень із стічних вод. *Ключові слова:* біофільтр, аеробна зона, анаеробна зона, невеликі витрати стоків, ефективність очищення.

На сьогодні в Україні для більшості регіонів характерною є висока динаміка розвитку котеджних містечок, що освоюються місцевими мешканцями як житло або як курортно-туристичні бази для приїжджих. В сфері переробки первинної сільськогосподарської продукції також спостерігається створення невеликих підприємств, часто сімейного типу. Такі тенденції характеризуються ростом кількості індивідуальних розосереджених малих об'єктів водовідведення із значною нерівномірністю надходження стічних вод за кількістю і забруднювальними речовинами. Слід відмітити, що технічна і технологічна складність традиційних технологій очищення стічних вод із великими капітальними та експлуатаційними затратами не сприяє широкому ефективному застосуванню споруд очищення стоків і створює загрозу забруднення довкілля, зокрема поверхневих водоем. Крім того, за рахунок постійного підвищення тарифів на водоспоживання і водовідведення та покращення обліку витрат води спостерігається зменшення витрат стоків, які скидають в каналізацію за практично незмінної питомої норми надходження забруднень. Це призвело до зростання концентрації, зміни складу та властивостей забруднювальних речовин в стоках, що вимагає збільшення ступеню очищення та застосування різних методів обробки, зокрема з підвищенням ефективності видалення сполук азоту. Особливості роботи малих очисних споруд не дають змогу повною мірою використати наукові здобутки, які, у більшості випадків, орієнтовані на великі станції очищення, що робить актуальним розробку та впровадження

нових та удосконалення існуючих технологій для очищення невеликих витрат стічних вод.

В практиці водоочищення виникла потреба заміни традиційних технологій очищення малих об'ємів стоків на прийнятніші з економічної та екологічної точок зору та достатньо прості в експлуатації технології. Найперспективнішими з них можна вважати ті, що використовують природні процеси екосистем, а саме процеси життєдіяльності мікроорганізмів в анаеробних та аеробних умовах.

Цим вимогам відповідають споруди із закріпленою біомасою або біомасою, що вільно плаває, і ефективне використання якої може суттєво збільшити швидкість видалення органічних забруднень та забезпечити підвищену стійкість споруди до зміни параметрів стоків. В кінці минулого та на початку нинішнього сторіччя на очисних спорудах Європи почали застосовувати так звані SBR-системи (sequencing batch reactor – аеробні реактори з циклічною активністю) – системи, які передбачають почергову зміну в одному об'ємі аеробних та анаеробних процесів із перемінною кількістю розчиненого кисню. В цілому ця технологія дозволила проектувати і застосовувати системи глибокого біологічного очищення, переважно господарсько-побутового походження. Застосування цих систем дозволило скоротити загальний об'єм очисних споруд при досягненні якості очищення стічних вод на достатньо високому рівні за всіма показниками забруднень. Прикладом таких споруд можуть бути споруди з активними мікроорганізмами, що вільно плавають (торгові марки БИОПРОЦЕССОР та БЮТАЛ).

На нашу думку, в умовах невеликих витрат та нерівномірного притоку стічних вод досить ефективно використовувати закріплену мікрофлору, зокрема використовувати біофільтри, що мають достатньо високу швидкість видалення органічних забруднень, підвищену стійкість до зміни параметрів стоків та мають тривалий досвід експлуатації на різних об'єктах.

Однак більшість існуючих технологій очищення на біофільтрах розраховані на роботу в аеробному режимі та не здатні забезпечити видалення азоту і складних органічних сполук до нормованих показників. За даними досліджень легко окислювальна органіка складає всього біля 20%, тобто в стоках присутня значна частина важкоокислювальних речовин, що потребує застосування додаткових способів їх видалення. Необхідність одночасного видалення органічних та азотних забруднень із стічних вод є в даний час актуальною задачею, тому доцільно вивчати та впроваджувати додаткові заходи що-

до інтенсифікації роботи біофільтрів [1].

Для вивчення масообмінних процесів в завантаженні по висоті біофільтра з метою виявлення найефективніших шарів (зон) із максимальним видаленням забруднень та для вивчення впливу кисневого режиму в окремих зонах по висоті біофільтра на кінетику видалення органічних та біогенних забруднень в Національному університеті водного господарства та природокористування були проведені дослідження, в результаті яких була розроблена оптимальна конструкція біофільтра з розділенням завантаження по висоті на окремі зони з різним кисневим режимом.

По висоті біофільтра на закріпленій на завантаженні біоплівці знаходились різні групи мікроорганізмів, які залежно від вмісту органічних речовин у біомасі відрізнялись за видовим і кількісним складом. Різна інтенсивність кінетики видалення забруднень по висоті споруди пояснюється відмінностями в товщині біоплівки і наявністю субстрату на різних рівнях біофільтра.

З метою забезпечення оптимальних умов для існування певних груп мікроорганізмів завантаження було розділене на функціональні зони за видами видалення забруднень, що дозволило ефективно використовувати завантаження біофільтра і забезпечило можливість інтенсифікації роботи споруди за рахунок активізації процесів у кожному шарі шляхом регулювання цих процесів [1].

На підставі вивчення кінетики зміни забруднень в стічних водах по висоті біофільтра в НУВГП була запропонована конструкція біофільтра з розділенням завантаження на три зони [2]. В першій аеробній зоні відбуваються процеси інтенсивної біосорбції, окислення органічного субстрату і нітрифікації, тобто зменшення БПК₅ та амонійного азоту з активним ростом концентрації нітритів та нітратів. У наступній анаеробній зоні внаслідок безкисневого режиму роботи завантаження покращується ефективність видалення складних важкоокислювальних органічних (ХПК) та азотовмісних речовин за рахунок функціонування анаеробної мікрофлори. У другій аеробній зоні відбувається доочищення стічних вод та насичення рідини розчинним киснем із одночасним видаленням з рідини газоподібного азоту.

Регулювання кисневого режиму при розділенні завантаження на окремі зони здійснюється за рахунок використання автономної системи аерації кожного шару завантаження.

Дослідження ефективності процесів очищення стоків на біофільтрі з розділенням завантаження на зони з послідовним застосуванням аеробно-анаеробних процесів проводилось на напівпромисловій експериментальній установці, що була розміщена на

каналізаційних очисних спорудах м. Рівне (рис. 1). Забрудненою рідиною, що надходила на біофільтр, була суміш господарсько-побутових та промислових стічних вод окремого мікрорайону міста [1; 3].

Установка була змонтована з трьох частин вінілпластових труб діаметром 200 мм і висотою 1-1,5 м кожна, з'єднаних між собою вставками, обладнаними пристроями для відбору проб та регуляторами подачі повітря. При проведенні досліджень використовувалось блочне пластмасове перфороване гофроване завантаження із висотою гофри 10 мм, діаметром перфорації 5 мм, питома площа поверхні завантаження 100-150 м²/м³. Технологічні параметри роботи установки наведені в табл. 1 [1].

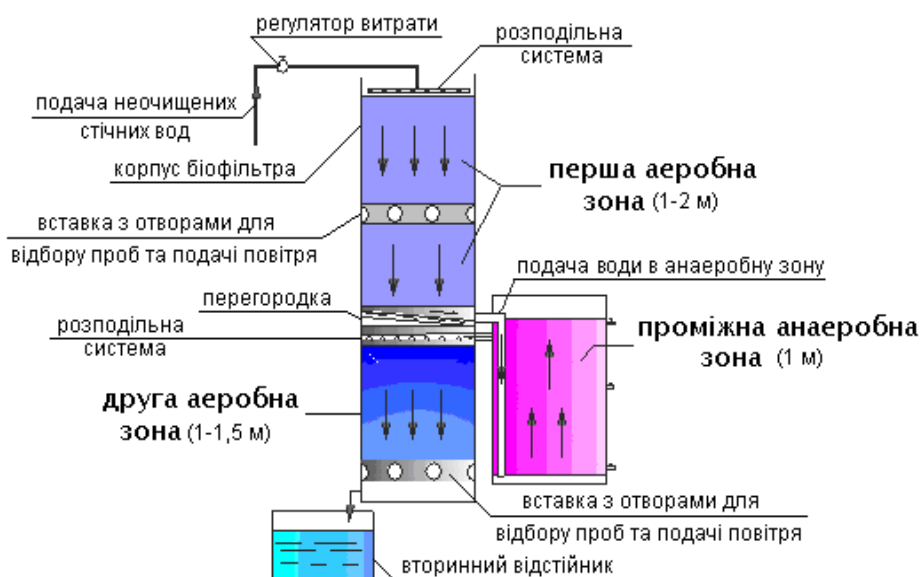


Рис. 1. Експериментальна установка біофільтра з розділенням завантаження на окремі функціональні зони

Таблиця 1
Технологічні параметри роботи експериментального біофільтра з розділенням завантаження на окремі функціональні зони з перемінним кисневим режимом

Параметри	Величина
Поперечний переріз біофільтра, м ²	0,2
Питома площа завантаження, м ² / м ³	100 – 150
Висота зон, м	0,5 – 1,5
Об'ємне гідравлічне навантаження, м ³ / (м ³ ·добу)	4 – 16
Гідравлічне навантаження на поперечний переріз, м ³ /(м ² ·добу)	10 – 40

продовження табл. 1

Питоме навантаження за органічними речовинами, кг БПК ₅ / (м ³ ·добу)	0,3 – 0,6
Навантаження за органічними речовинами на поперечний переріз, кг БПК ₅ /(м ³ добу)	0,8 – 1,8

Відмінність роботи біофільтра за запропонованою схемою від традиційної схеми полягає в тому, що в проміжній анаеробній зоні для зниження концентрації розчиненого кисню, який надходить у стічну воду, здійснюється обмеження доступу повітря до завантаження та біоплівки, а зони аеробного очищення навпаки повністю відкриті для надходження кисню із атмосферного повітря і забезпечення інтенсивного насичення киснем стічної води.

Розподілення стічної води поверхнею завантажувального матеріалу на всіх рівнях очищення в біофільтрі здійснювали рівномірно. Під час досліджень визначали такі показники: БПК, ХПК, завислі речовини, азот амонійний, нітрити, нітрати, розчинений кисень, фосфати. Відбір проб води здійснювали з кожної зони реактора і на виході з відстійника.

За результатами досліджень очищення стічних вод на біофільтрі з аеробно-анаеробними зонами можна зробити такі висновки:

- в першій аеробній зоні відбувається зменшення БПК₅ та амонійного азоту з активним зростанням концентрації нітритів та нітратів. При надлишку кисню у цій зоні має місце інтенсивне очищення за органічними забрудненнями, а також проходження процесів нітрифікації. При цьому біомаса функціонує при підвищених швидкостях споживання кисню;

- в проміжній анаеробній зоні відбувається зниження концентрації нітратів, що дозволяє покращити ефективність видалення складних важкоокислювальних сполук (ХПК) та азотовмісних сполук за рахунок активного функціонування анаеробної мікрофлори;

- в другій аеробній зоні відбувається глибоке очищення стічних вод при концентрації розчиненого кисню на виході з споруди до 5 мг/дм³ з одночасним вилученням із рідини газоподібного азоту.

Результати експериментальних досліджень очищення стічних вод у біофільтрі з перемінним кисневим режимом наведені на рис. 2 і 3 та в табл. 2.

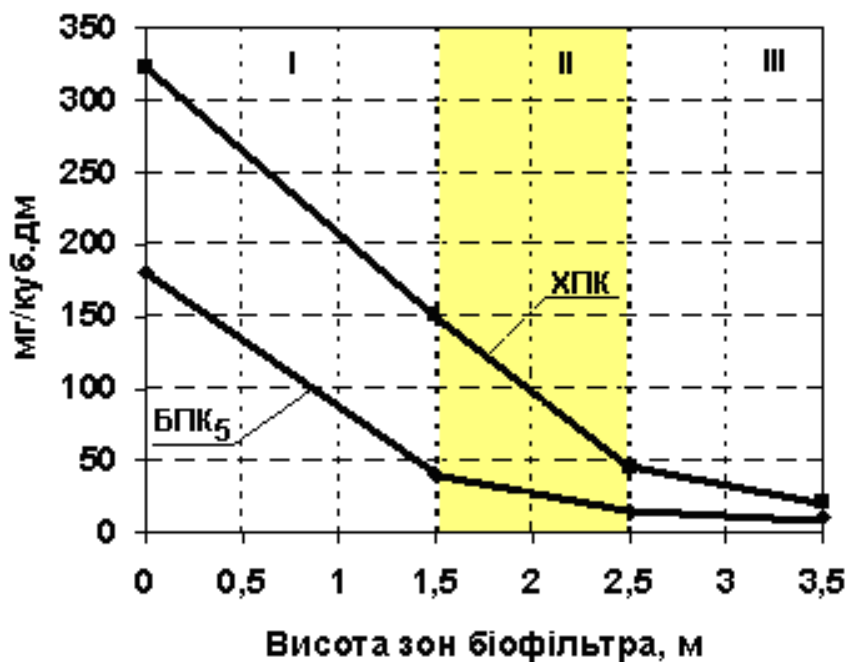


Рис. 2. Динаміка зміни концентрації органічних забруднень стоків у кожній зоні біофільтра за BPK₅ і ХПК

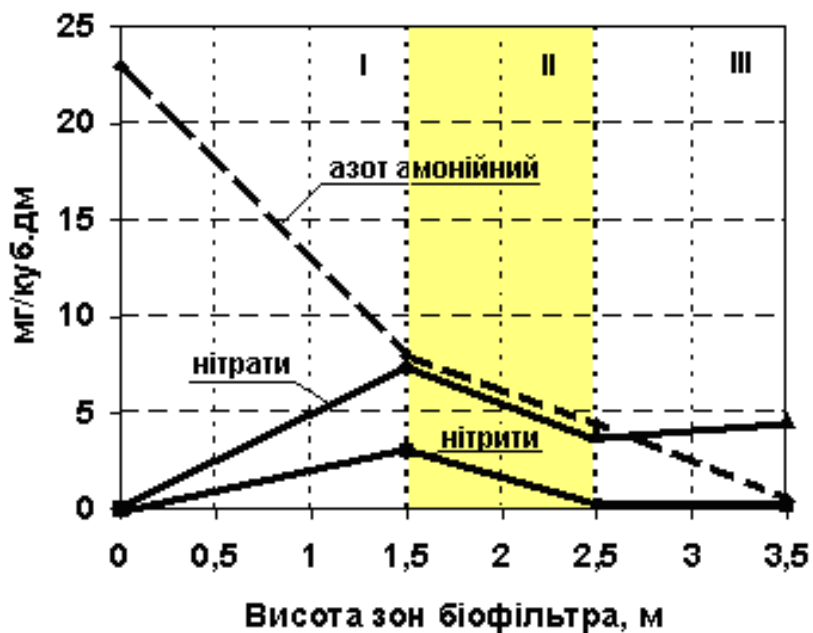


Рис. 3. Динаміка зміни концентрації забруднень стоків у кожній зоні біофільтра за азотом амонійним, нітритами і нітратами

Результати експериментальних досліджень очищення стічних вод у біофільтрі з перемінним кисневим режимом [3]

Показники забруднень	Значення показників забруднень, мг/дм ³		Ефективність очищення, %
	на вході в біофільтр	на виході з біофільтру	
БПК ₅	<u>140 - 220</u> 180	<u>7 - 12</u> 10	92 - 98
ХПК	<u>200 - 290</u> 245	<u>20 - 25</u> 23	94 - 97
Завислі речовини	<u>75 - 110</u> 100	<u>8 - 15</u> 9	89 - 92
Азот амонійний	<u>20 - 38</u> 29	<u>0 - 0,6</u> 0,2	95 - 98
Нітрити	відсутні	<u>0,1 - 0,3</u> 0,2	-
Нітрати	відсутні	<u>3 - 8</u> 6	-
Фосфати	<u>12 - 7</u> 9	<u>2 - 3</u> 2,5	72 - 83

За зміною динаміки показників забруднень встановлено, що в біофільтрі має місце досить чітке розділення завантаження по висоті на зони з перевагою того чи іншого процесу та різною ефективністю вилучення забруднень. Розділення завантаження біофільтра на окремі зони з можливістю регулювання кисневого режиму в цих зонах дозволяє ефективніше використовувати можливості аеробних та анаеробних процесів для отримання глибшого очищення стічних вод за окремими компонентами забруднень при підвищенні загальної ефективності роботи біофільтра. А влаштування автономної системи аерації для окремих частин біофільтра дозволяє подавати свіже повітря у окремі зони і тим самим видаляти гази, які утворюються в результаті метаболізму мікроорганізмів у біоплівці і які пригнічують процеси окислення забруднень. При поєднанні аеробно-анаеробних процесів в біофільтрі спостерігається зменшення кількості надлишкової біоплівки на 50-65% порівняно з традиційними високонавантажувальними біофільтрами і ця біоплівка має кращі седиментаційні властивості, що в свою чергу дозволяє покращити роботу вторинних відстійників.

Висновок. За результатами досліджень, проведених з метою покращення роботи біофільтрів і підвищення ефективності очищення

стічних вод в умовах скиду невеликих витрат, розроблена тризональна конструкція біофільтра з розділенням завантаження по висоті та різним кисневим режимом. Розділення завантаження біофільтра на окремі зони з можливістю регулювання кисневого режиму в цих зонах дозволило ефективніше використовувати можливості аеробних та анаеробних процесів для підвищення ступеня очищення стічних вод за окремими компонентами забруднень при покращенні загальної ефективності роботи біофільтра.

1. Кравченко В. С. Глубокая очистка сточных вод на биофильтрах с переменным кислородным режимом по высоте в условиях сброса малых расходов / Кравченко В. С., Басюк М. М. // Журнал «Вода Magazine». – № 4 (80). – 2014. – С. 38–40. 2. Патент України № 69637А МКИ С02F3/04 Кравченко В. С., Квартенко О. М., Басюк М. М. Багатошаровий біофільтр. – опубл. 15.09.2004 бюл. № 9. 3. Кравченко В. С., Басюк М. М. Інтенсифікація роботи біофільтрів з послідовним застосуванням аеробно-анаеробних процесів для вилучення забруднень із стічних вод / Кравченко В. С., Басюк М. М. // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Зб. наук. праць. – Вип. 4(60). – Рівне : НУВГП, 2012. – С. 61–69.

Рецензент: к.т.н., доцент Шадуря В. О. (НУВГП)

**Kravchenko V. S., Candidate of Engineering, Associate Professor,
Kravchenko N. V., Candidate of Engineering, Associate Professor,
Basiuk M. M., Engineer** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

INTENSIFICATION OF WASTEWATER TREATMENT PLANTS' OPERATION FOR LOW DISCHARGES

The actual problems of wastewater treatment at low discharges are described in the paper. The directions of biofilters' intensification are proposed. The advantages of the sequential aerobic-anaerobic processes' application during pollutants' removal are determined.

Keywords: biofilter, aerobic zone, anaerobic zone, low discharges, removal efficiency.

**Кравченко В. С., к.т.н., доцент, Кравченко Н. В., к.т.н., доцент,
Басюк М. Н., инженер** (Национальный университет водного
хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАБОТЫ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ СБРОСА НЕБОЛЬШИХ РАСХОДОВ

**Рассмотрены современные проблемы очистки сточных вод в усло-
виях сброса небольших расходов. Предложены направления интен-
сификации работы биофильтров и определены преимущества по-
следовательного применения аэробно-анаэробных процессов при
изъятии загрязнений из сточных вод.**

***Ключевые слова:* биофильтр, аэробная зона, анаэробная зона, не-
большие расходы стоков, эффективность очистки.**
