



Квартенко О. М. [1; ORCID ID: 0000-0001-5634-1128],

Д.Т.Н., доцент

¹Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

ЕКСПЛУАТАЦІЯ СПОРУД ІЗ ВІЛЬНОПЛАВАЮЧИМ БІОЦЕНОЗОМ В ГАЛУЗІ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВОДИ

Надано класифікацію споруд із вільноплаваючим біоценозом та проведено аналіз функцій кожного виду. Зокрема, бактерій-нітрифікаторів *pp. Nitrosomonas, Nitrobacter*, вуглецевих нитчастих бактерій *pp. Sphaerotilus, Beggiatoa, Tchiothrix, Microtrix*, дріжджів *pp. Candida, Torulopsis, Trichosporon, Rhodotorula*, найпростіших.

Метою роботи є вивчення основних проблем, які виникають при експлуатації споруд із вільноплаваючим біоценозом, і шляхів їх вирішення. Наведено основні завдання та етапи експлуатації споруд в галузі біотехнології води. Надано перелік робіт, які необхідно виконувати при пусконаладжуванні, експлуатації, планово-профілактичному огляді та планово-попереджувальних ремонтах. Висвітлено проблеми, які виникають при експлуатації споруд біологічної очистки із вільноплаваючим біоценозом, а саме причини появи та заходи ліквідації спухання активного мулу і піноутворення. Встановлено причини розвитку філаментних мікроорганізмів – індикаторів спухання активного мулу. Наведено перелік робіт, які необхідно проводити як при управлінні процесами очищення, так і при проведенні технологічного контролю роботи аеротенків.

Ключові слова: біоценоз аеротенків; експлуатація аеротенків; піноутворення; спухання активного мулу; філаментні бактерії.

Вступ. До споруд з вільноплаваючим біоценозом слід віднести: аеротенки різних конструкцій, циркуляційні окислювальні канали, біологічні ставки [2; 3]. Найбільш розповсюдженими та технологічно розвинутими є аеротенки, які класифікуються за наступними ознаками:

- **за гідродинамічним режимом** – аеротенки-витиснювачі, аеротенки змішувачі, аеротенки з розосередженим впуском стічних вод;

- **за навантаженням на активний мул** – високонавантажувані (аеротенки на неповну очистку), нормально навантажені (на повну

очистку) і аеротенки продовженої аерації (на повну очистку із стабілізацією активного мулу);

- **за способом регенерації активного мулу** – аеротенки без окремої регенерації активного мулу і аеротенки з окремою регенерацією активного мулу (аеротенки з регенераторами);

- **за кількістю ступенів очистки** – одноступінчасті, двоступінчасті та багатоступінчасті. При цьому під ступенем очистки розуміють частину загальної біохімічної системи, у якій підтримується специфічна культура мулу;

- **за режимом введення стічних вод до аеротенка** – проточні, напівпроточні з перемінним робочим рівнем і періодичної дії.

Процес очистки здійснюється за допомогою вільноплаваючого біоценозу – активного мулу, до складу якого входить велика кількість представників мікрофлори і мікрофауни: мікроорганізми, бактерії, гіфи водних грибів, дріжджі, простіші.

Найбільш чисельною групою біоценозу активного мулу є бактерії у вигляді пластівцеподібних скупчень – *Zoogloea*, кількість яких складає від $1 \cdot 10^9$ до $4 \cdot 10^{10}$ на 1 г сухої речовини мулу. Залежно від умов існування і виду забруднень стічних вод у мулі розвивається від 1 до 5–8 груп бактерій.

При очистці міських стічних вод найбільш поширеною й багаточисельною групою є бактерії родів *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Bacterium*, *Pseudobacterium* і *Bacillus*.

У бактеріальному співтоваристві очисних споруд виділяють бактерії-нітрифікатори *pp. Nitrosomonas*, *Nitrobacter* та ін. (рис. 1) у зв'язку з їх роллю в окисненні амонійних іонів та видаленні мінерального азоту зі стічних вод. Чисельність нітрифікаторів збільшується з віком мулу. У разі необхідності окислення амонійних іонів у стічних водах саме активність нітрифікаторів часто обмежує продуктивність аеротенку.

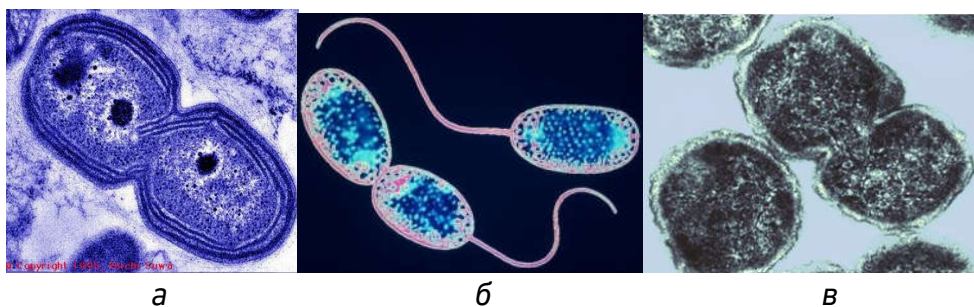


Рис. 1. Мікрофото бактерій-нітрифікаторів а) *Nitrosomonas*; б) *Nitrobacter*; та денітрифікаторів в) *Paracoccus denitrificans*



Вуглецеві нитчасті бактерії представлені рр. *Sphaerotilus*, *Beggiatoa*, *Tchiothrix*, *Nostocoida limicola*, *Microtrix* (рис. 2). Нитчасті бактерії, серед яких найчастіше зустрічається *Sphaerotilus natans*, з одного боку, виконують позитивну роль, окислюючи численні органічні сполуки та утворюючи каркас, навколо якого формуються флокули, з іншого – вони є причиною поганого осадження мулу у відстійнику та утворення стійкої піни в аеротенку.

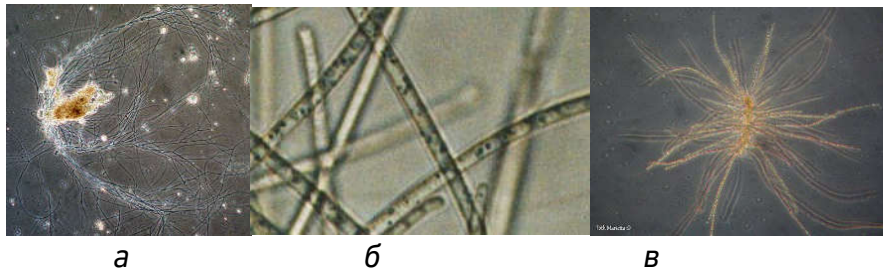


Рис. 2. Мікрофото вуглецевих нитчастих бактерій: а) рр. *Sphaerotilus natans*; б) *Beggiatoa*; в) *Tchiothrix*;

Гриби. В активному мулі аеробних очисних споруд зустрічаються дріжджі та міцеліальні (цвілеві) гриби. Гриби здатні засвоювати важкоокислювані та токсичні сполуки, зокрема феноли. Оптимальний рН їхнього розвитку 4,0–5,5.

Дріжджі активно розвиваються в стічних водах, багатих на вуглеводи, вуглеводні та органічні кислоти. Наприклад, при очищенні стічних вод, кормових дріжджів, що утворилися у виробництві з різних субстратів, стоків молочних виробництв, що містять молочну сироватку. Серед дріжджів часто зустрічаються рр. *Candida*, *Torulopsis*, *Trichosporon*, *Rhodotorula* (рис. 3). При рН в області 3,5–6,0 біоценози з домінуванням дріжджів можуть мати високу окисну здатність.

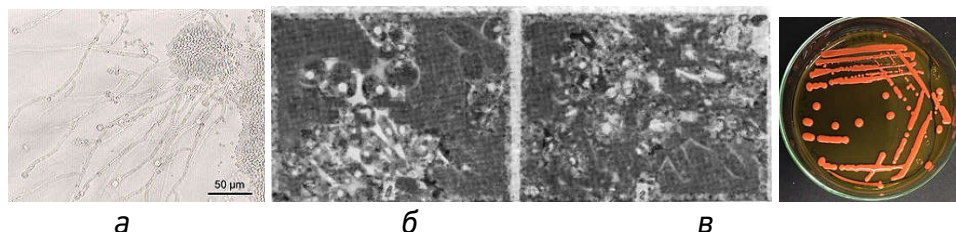


Рис. 3. Мікрофото дріжджів: а) *Candida*; б) *Torulopsis*; в) *Rhodotorula*

Найпростіші в активному мулі представлені саркодовими (*Sarcodina*), джгутиковими інфузоріями (*Mastigophora*), війчастими інфузоріями (*Ciliata*) і смоктальними інфузоріями (*Suctorina*).

В активному мулі простіші виконують різноманітні функції. Не беручи безпосередньої участі в процесах очистки, вони поїдають поряд із молодими старі бактерії і тим самим зумовлюють омолодження мулу та розвиток нових життєздатних клітин. Простіші виконують також і санітарну функцію, поїдаючи патогенні мікроорганізми, показником чого є зниження вмісту кишкової палички в аеротенках на 95–98%. Важлива функція простіших – освітлення ними води. Прозорість стічної рідини в присутності інфузорій значно підвищується. Пропускаючи через свій організм тонкі завислі частинки, інфузорії викидають їх у воду вже у вигляді відносно крупних частинок, що легко осаджуються.

Ефективність процесу очищення залежить від нерегульованих та регульованих факторів. До перших слід віднести якість стічної води (рН, БПК, ХПК, вмісту сполука азоту та фосфору; зважених речовин, присутності інгібіторів, ПАР, ПАВ, інших домішок, температури); до других – навантаження на активний мул та його вік, кисневий режим аеротенку.

Таким чином, одним із головних завдань експлуатації споруд із вільноплаваючим біоценозом є регулювання технологічних параметрів процесу залежно від зміни параметрів, які є нерегульованими.

Метою роботи є вивчення основних проблем, які виникають при експлуатації споруд із вільноплаваючим біоценозом і шляхів їх вирішення.

Виклад основної частини. Після закінчення будівельно-монтажних робіт і встановлення необхідного технологічного обладнання та контрольно-вимірювальної апаратури починається період експлуатації, який поділяється на певні етапи:

етап пусконаладжувальних робіт, який складається з гідравлічних випробувань, періоду нарощування активного мулу та утворення необхідного, для очищення стоку з певними якісними та кількісними показниками забруднень, біоценозу;

етап експлуатації аеротенку із виконанням операцій технологічного регламенту, дотриманням всіх необхідних вимог щодо виробничого та технологічного контролю, а також управлінням процесом очищення;

етапи планово-профілактичного огляду та планово-попереджувального ремонту;

етап капітального ремонту.



При пусконаладжувальних роботах, після налагодження систем циркуляції мулу та аерації, проводиться нарощування активного мулу та утворення необхідного для очищення стоку біоценозу. Зазвичай цей процес займає 2–3 доби, під час яких через аеротенк пропускають воду, після механічного очищення, витратою 20–50% від розрахункової. Осад, що випадає у вторинному відстійнику, повертають до аеротенка.

Після вказаного терміну подача води в аеротенк припиняється, але продовжується її циркуляція в системі «аеротенк – вторинний відстійник». Для підтримання життєдіяльності мікрофлори в аеротенк щодобово по 2–3 години з первинного відстійника додають освітлену стічну воду із розрахунку – на 1 г беззольної речовини активного мулу 250–350 мг/дм³ забруднень за БПК₅ за добу. Пусконаладжувальні роботи рекомендовано проводити у теплий період року.

Основні завдання при експлуатації споруд біологічної очистки: забезпечення належної системи очистки стічних вод; ефективна та безперебійна робота очисних споруд, яка базується на надійній роботі комплексу основного та допоміжного інженерного обладнання; систематичний лабораторно-виробничий та технологічний контроль; контроль та дотриманням технологічних режимів за окремими параметрами (рН-Eh; БСК, ХСК, концентраціями розчиненого кисню, загального азоту, нітритів, нітратів, фосфатів, дози активного мулу) в різних точках системи.

Проблеми, які виникають при експлуатації споруд біологічної очистки із вільноплаваючим біоценозом, і шляхи їх вирішення

Однією із проблем, з якою стикається обслуговуючий персонал, є проблема спухання активного мулу, що виникає внаслідок його низької здатності до осадження. Основною причиною виникнення явища є розвиток філаментних форм мікроорганізмів (рис. 4, табл. 1).

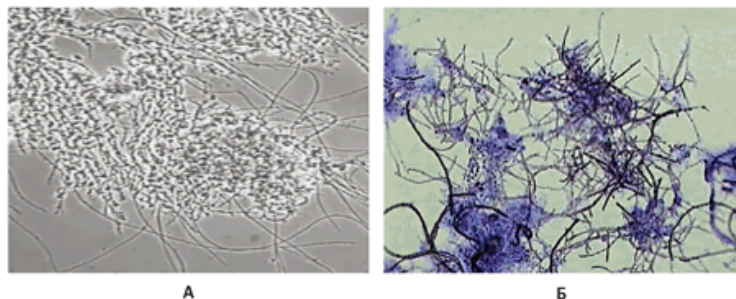


Рис. 4. Філаментні бактерії в активному мулі (А) та філаментні бактерії *M. parvicella* (Б)

Процеси спухання (табл. 2) характеризуються відсутністю піни на поверхні споруд. При цьому седиментаційні властивості активного мулу різко погіршуються (рис. 5).

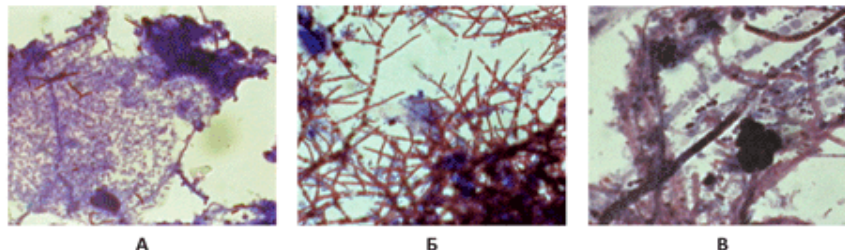


Рис. 5. Мікроскопічна картина стану активного мулу: А – здоровий активний мул; Б – розпухлий активний мул; В – піна активного мулу

Таблиця 1

Типи філаментних мікроорганізмів як індикаторів причин вслухання активного мулу

Типи філаментних мікроорганізмів	Причини розвитку філаментних мікроорганізмів
<i>Sphaerotilus natans</i> , type 1701 and <i>Haliscomenobacter hydrossis</i>	Низька концентрація розчиненого кисню (менше 1,0 мг/дм ³)
<i>M. parvicella</i> , <i>Nocardia</i> spp., <i>Nostocoida limicola</i>	Низьке навантаження на активний мул за органічними сполуками менше 150 мг БСК)
<i>Thiothrix</i> , <i>Beggiotoo</i> spp., <i>N. imicola</i>	Скид зброженого осаду/висока концентрація органічних кислот
<i>Thiothrix I and II</i> type 021N, <i>N. limicola</i>	Нестача біогенних елементів (азот, фосфор) у стічних водах які надходять на очисні споруди (БСК _{повне} : N >20; БСК _{повне} : P >100)
Гриби	Низьке значення рН (рН<6,0 – 6,5)
<i>Nocardia</i> spp., <i>M. parvicella</i> ,	Високі концентрації жирів та нафтопродуктів (>25 мг/дм ³)

Таблиця 2

Причини появи та заходи ліквідації спухання активного мулу

Причини які сприяють спуханню активного мулу	Заходи ліквідації спухання активного мулу
Істотні коливання навантажень за органічними сполуками (+/- 70%)	Збільшити витрату зворотного активного мулу на 30–50%;
Концентрації розчиненого кисню в аеробних зонах аеротенка < 1,0 мг/л	Максимально задіяти наявні потужності аераційної системи і забезпечити концентрацію розчиненого O ₂ > 1,0 мг/л;



продовження табл. 2

Величини рН мулової суміші менше 6,0– 6,5	Передбачити можливість регулювання рН
Наявність токсичних речовин в стічних водах	Збільшити подачу повітря в аеротенки для забезпечення концентрації розчиненого кисню близько 1,5–2,0 мг/л і збільшити витрату надлишкового активного мулу на 30–50%
При значеннях відносин БСК _{повн} : N: P більш ніж 100: 5: 1	Передбачити систему дозування азоту і фосфору
При низьких навантаженнях на активний мул	Знизити дозу активного мулу в аеротенках

Іншою проблемою при експлуатації є процес утворення піни

При експлуатації очисних споруд слід розрізняти як справжні процеси піноутворення, пов'язані з розвитком бактерій роду *Nocardia* і *Microthrix* (рис. 6, а, б), так і явища «білої» піни, пов'язаної з масовим надходженням на очисні споруди у складі стічних вод синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР) (рис. 6, в).

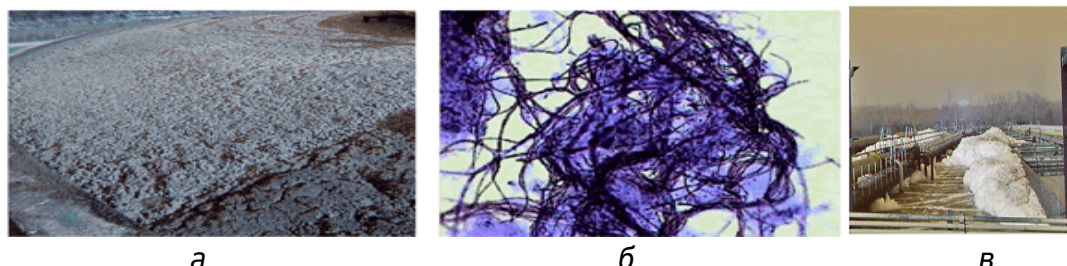


Рис. 6. Піна, викликана розвитком мікроорганізмів типу *Nocardia* (а); бактерії типу *Nocardia* (б); «біла» піна, пов'язана з масовим надходженням на очисні споруди СПАР (в)

До основних причин утворення піни слід віднести: низьке навантаження за органічними сполуками на активний мул (менш 80–100 мг БПК_{повн}/г/добу); низьку концентрацію розчиненого кисню в аеробних зонах (менш 0,6–0,8 мг/л); різку зміну температурного режиму стічних вод; нестачу біогенних елементів (БПК_{полн} : N > 20, а БПК_{повн} : P > 100).

Заходи щодо попередження і блокування розвитку процесів утворення піни:

- зниження віку активного мулу до 3–5 діб при реалізації на очисних спорудах тільки технологій окислення органічних сполук і до 7–9 діб при реалізації технологій нітрифікації;

- зменшення дози активного мулу при низьких навантаженнях на мул за вмістом органічних сполук;
- збільшення концентрації розчиненого кисню до 1,5–2,5 мг/л;
- дозування біогенних елементів (в разі їх нестачі);
- хлорування зворотного активного мулу; додавання піногасників;
- обприскування розчином хлорного вапна безпосередньо піни;
- механічне видалення піни.

Спливання активного мулу. Причиною спливання активного мулу на поверхню вторинних відстійників (рис. 7) є процес денітрифікації, який розвивається в шарах активного мулу що осів у вторинних відстійниках, в результаті якого виділяється газоподібний азот, який піднімаючись вгору, захоплює хлопки активного мулу.

Заходи щодо попередження та ліквідації спливання активного мулу:

- збільшення витрат зворотного активного мулу до проєктного значення;
- зменшення рівня осаду у вторинних відстійниках до 0,2 м;
- забезпечення концентрації розчиненого кисню на виході з аеротенків не менше 2,5–3,0 мг/л.

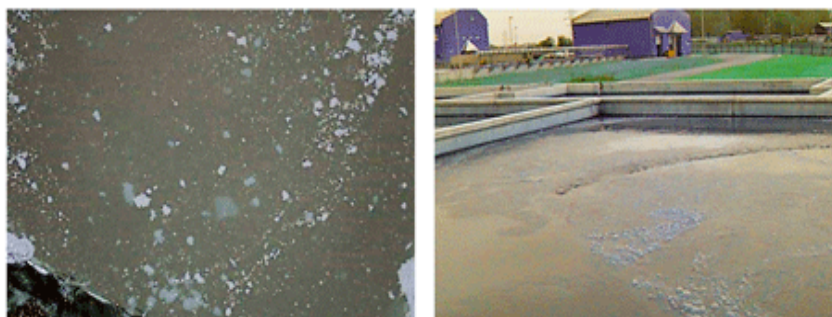


Рис. 7. Спливання активного мулу на поверхню вторинних відстійників

Слід також відзначити вплив сезонних температурних коливань на піки активності біоценозу, пов'язаних із терміном його адаптації. Мул повинен адаптуватися також і до інших змін якості води, наприклад, зменшення або збільшення величини БПК.

У період адаптації можливе «спухання» мулу у зв'язку з появою в його складі нитчастих мікроорганізмів, що погіршує роботу вторинних відстійників.

Навантаження на активний мул регулюється зміною його дози, для чого збільшується або зменшується виведення із системи «аеротенк – вторинний відстійник» надлишкового мулу. Ця операція



призводить до наслідків, які потрібно передбачати, контролювати та обмежувати. Підвищення дози пов'язане зі зменшенням мулового індексу, а отже, з погіршенням процесу поділу мулової суміші у вторинних відстійників. Такі наслідки особливо відчутні при збільшенні дози 3–3,5 г/л.

Зростання дози активного мулу вимагає посилення постачання киснем мулової суміші. Коефіцієнт рециркуляції активного мулу, його доза та муловий індекс взаємопов'язані. Дози мулу залежать від якості стічної води і не повинні прийматися довільно. Зазвичай вони перебувають у межах 1,5–3 г/л; муловий індекс обмежується, як максимум 130 см/р. Коефіцієнти рециркуляції призначаються залежно від способу збору осаду у вторинному відстійнику і, як мінімум, дорівнюють 0,4 при обладнанні відстійника скребками, та 0,6 – при стіканні осаду нахилом днища відстійника.

Перелік робіт, які виконують оператори при експлуатації аеротенків [1; 3; 4]:

1. Забезпечення подачі до аеротенка витрат стічної води і повітря в заданій кількості.
2. Запобігання перерв у подачі повітря.
3. Підтримування заданої концентрації активного мулу.
4. Проведення контролю стану мулу.
5. Проведення контролю за механізмами контрольовано-вимірюваних приладів.
6. Проведення прочистки пористих пластин у міру їх забруднення, не рідше 1–2 рази/рік.
7. Забезпечення виробничого та технологічного контролю.

Технологічний контроль. Крім вимірювань витрат води, активного мулу, мулової суміші, стиснутого повітря та електроенергії, що виконуються операторами блоку біологічного очищення та відносяться до виробничого контролю, необхідно оцінювати також стан процесу очищення (табл. 3).

Висновки щодо стану біоценозу, при експлуатації споруд, можна робити за результатами прямого мікроскопування оцінюючи стан індикаторних організмів. Про хороший стан мулу свідчить різноманітність найпростіших. Завжди відзначається присутність інфузорій *Aspilisca* та зооглів. Найпростіші перебувають у жвавому рухомому стані. Відібрані проби мулу щільні і компактні, що призводить до швидкого розділу фаз.

Мул відібраний із регенераторів характеризується підвищеним вмістом прикріплених інфузорій та зооглей. При надмірній регенерації та розвитку процесу автолізу спостерігається збільшення вмісту великих, вільноплаваючих інфузорій, а також руйнування пластівців мулу.

«Голодному» мулу притаманно зменшення розмірів найпростіших, а частина інфузорій перетворюється на цисти. Зооглеї та пластівці мулу прозорі, при осіданні залишається тонка завісь.

Перевантаженому мулу властива одноманітність складу найпростіших, за явної переваги двох-трьох видів, а також присутність значної кількості дрібних інфузорій. У пластівцях мулу спостерігаються різноманітні неперероблені включення. Пластівці на вигляд є доволі щільними, мають темний колір, а після розділу фаз над мулом спостерігається опалесценція води.

За нестачі кисню у воді більшість найпростіших перебувають у нерухомому стані, а інфузорії *Vorticella* роздмухуються і лопаються. Залишаються лише інфузорії *Paramecium Candatum*, а також різноманітні джгутикові.

Таблиця 3

Технологічний контроль роботи аеротенків та вторинних відстійників

Показник	Частота відбору, вид проб
Стічна вода, яка надходить до аеротенків	
Витрата	Середньогодинна
Температура	Разова, щодобова
ХСК	Відбираються щогодини через пробовідбірники в накопичувальну пробу*
Загальний азот	Аналізується як середньодобова концентрація
Концентрація розчиненого кисню	Разова, щодобова
Повітря, яке подається	
Витрата	Середньогодинна
Температура атмосферного повітря	
Мулова суміш на виході з аеротенків	
Концентрація розчиненого кисню	Два рази в період вимірювань кожену добу, а також за даними датчиків
Концентрація сухої речовини мулу	Щодоби



продовження табл. 3

Надлишковий активний мул	
Витрата	Сумарна за добу
Концентрація сухої речовини	Три рази на добу
Очищена стічна вода	
ХСК	Відбір проводиться щогодини через пробовідбірники в накопичувальну пробу *. Аналізується як середньодобова
Азот амонійний	
Азот нітратів	

Пластівці мулу розпадаються. Таким чином, найбільш об'єктивний аналіз роботи аеротенків може бути отриманий лише при визначенні біохімічних характеристик активного мулу.

Управління процесом очищення в аеротенку

При експлуатації аеротенків навантаження на активний мул протягом доби може коливатися у значних межах, іноді змінюється у 5–10 разів [2; 5]. Це пов'язано як із змінами БПК вихідної води, так із нерівномірністю графіка надходження стоків на очисні споруди.

Тривале надлишкове навантаження призводить до збільшення мулового індексу, спуханню активного мулу, погіршенню роботи вторинних відстійників. Напроти, тривале знижене навантаження переводить мул до стану автолізу, викликаючи появу щільних, але дрібних пластівців, що також зменшує величину мулового індексу.

Адаптація мулу до нерозрахункових, надмірно підвищених або знижених навантажень відбувається поступово і займає кілька тижнів. Тривалість нарощування дози мулу на Δa визначається за залежністю:

$$t_{\text{нарощ}} = \frac{\Delta a}{0,85\Delta L'}$$

де $\Delta L'$ – розрахункове зниження БПК стічної води в аеротенку; $t_{\text{нарощ}}$ – тривалість процесу нарощування, год.

Для зміни доз активного мулу використовуються три способи: збільшення або зменшення скиду надлишкового активного мулу; накопичення активного мулу в регенераторах, із зміною їх об'єму; зміна коефіцієнту рециркуляції [2].

Планово-профілактичний огляд та планово-попереджувальний ремонт. Огляд аеротенків та відстійників, з метою виявлення несправностей, проводиться операторами як при передачі так і протягом зміни. Планово-профілактичний огляд аеротенків проводиться не рідше двох разів на рік. При огляді бажано відключати окремі аеротенки частково спорожняючи їх з

таким розрахунком, щоб фільтроси були заглиблені на 15–20 сантиметрів. Таким чином, при подачі стислого повітря легко визначити місця ушкоджень та засмічення фільтросів. Після повного спорожнення коридору встановлюються причини неполадок [1; 2; 3].

За потребою, але не рідше одного разу на рік, необхідно проводити поточний ремонт аеротенків. Зокрема, перевіряється аеродинамічний опір фільтросних пластин на ділянках найбільш схильних до засмічення [3]. У процесі експлуатації можливе падіння тиску у фільтросах в інтервалі від 200 до 700 мм. в. ст. Зростання опорів пов'язане із засміченням фільтросів: зовні сольовими відкладеннями, зсередини – пилом, що міститься в стиснутому повітрі.

Капітальний ремонт аеротенків проводиться за потребою, але не рідше одного разу на 10 років. При ремонті усуваються пошкодження зовнішніх стін та днища, частково замінюються трубопроводи, засувки та розподільні пристрої [1].

Висновки. 1. В роботі наведені основні проблеми, які виникають при експлуатації споруд із вільноплаваючим біоценозом та шляхи їх вирішення. 2. Визначені основні функції кожного виду біоценозу аеротенку, а також регульовані та нерегульовані параметри, які впливають на ефективність роботи споруд. 3. Встановлено причини розвитку філаментних мікроорганізмів – індикаторів спухання активного мулу. 4. Висвітлені основні завдання при експлуатації споруд біологічної очистки. 5. Надано перелік робіт, які необхідно проводити в період пусконаладжування, експлуатації, при планово-профілактичному огляді, а також при управлінні процесами очищення і при проведенні технологічного контролю роботи аеротенків.

1. ВНД 33-3.4-01-2000. Правила технічної експлуатації систем водопостачання та каналізації сільських населених пунктів України. К., 2000. 141 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/2621/>. (дата звернення: 25.02.2025). 2. Ковальчук В. А. Очистка стічних вод : навч. посіб. Рівне : ВАТ «Рівненська друкарня», 2002. 622 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/15447/>. (дата звернення: 25.02.2025). 3. Орлов В. О., Литвиненко Л. Л., Квартенко О. М. Обладнання та експлуатація систем водопостачання та водовідведення : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2011. 288 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/2175/>. (дата звернення: 25.02.2025). 4. Правила технічної експлуатації систем водопостачання та каналізації населених пунктів України : наказ від 05.07.1995 р. № 30. 148 с. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-95#Text>. (дата звернення: 25.02.2025). 5. Саблій Л. А., Бунчак О. М., Жукова В. С., Россінський В. М. Обладнання та проектування в біоенергетиці та водоочищенні і управління безпекою праці. Рівне : НУВГП, 2016. 356 с.



REFERENCES:

1. VND 33-3.4-01-2000. Pravyla tekhnichnoi ekspluatatsii system vodopostachannia ta kanalizatsii silskykh naselenykh punktiv Ukrainy. K., 2000. 141 s. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/2621/>. (data zvernennia: 25.02.2025).
2. Kovalchuk V. A. Ochystka stichnykh vod : navch. posib. Rivne : VAT «Rivnenska drukarnia», 2002. 622 s. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/15447/>. (data zvernennia: 25.02.2025).
3. Orlov V. O., Lytvynenko L. L., Kvartenko O. M. Obladnannia ta ekspluatatsiia system vodopostachannia ta vodovidvedennia : navch. posib. Rivne : NUVHP, 2011. 288 s. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/2175/>. (data zvernennia: 25.02.2025).
4. Pravyla tekhnichnoi ekspluatatsii system vodopostachannia ta kanalizatsii naselenykh punktiv Ukrainy : nakaz vid 05.07.1995 r. № 30. 148 s. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-95#Text>. (data zvernennia: 25.02.2025).
5. Sablii L. A., Bunchak O. M., Zhukova V. S., Rossynskiy V. M. Obladnannia ta proektuvannia v bioenerhetytsi ta vodoochyshchenni i upravlinnia bezpekoiu pratsi. Rivne : NUVHP, 2016. 356 s.

Kvartenko O. M. ^[1; ORCID ID: 0000-0001-5634-1128],
Doctor of Engineering, Associate Professor

¹*National University of Water and Environmental Engineering, Rivne*

OPERATION OF FACILITIES WITH FREE-FLOATING BIOCECENOSIS IN THE FIELD OF WATER BIOTECHNOLOGY

A classification of facilities utilizing free-floating biocenosis is presented, along with an analysis of the functional roles of each component. In particular, the roles of nitrifying bacteria (*Nitrosomonas*, *Nitrobacter*), carbon filamentous bacteria (*Sphaerotilus*, *Beggiatoa*, *Thiothrix*, *Microthrix*), yeasts (genera *Candida*, *Torulopsis*, *Trichosporon*, *Rhodotorula*), and protozoa are examined.

The aim of the study is to identify the main challenges that arise during the operation of facilities with free-floating biocenosis and define the ways to solve them. The study outlines the principal tasks and stages of operating biological treatment facilities. It includes a structured list of procedures required during the stages of commissioning, routine operation, scheduled inspections, and preventive maintenance of aeration tanks.

The research paper highlights the crucial problems that arise in the course of operation of biological treatment facilities with free-floating biocenosis, namely the causes of activated sludge bulking and foam formation and proposes effective strategies for their elimination. Furthermore, it identifies the causes of the development of filamentous microorganisms that serve as indicators of sludge bulking. The work provides an overview of activities necessary for both managing the

treatment processes and conducting technological monitoring of aeration tank operations.

Keywords: biohydrogen; photobioreactors; anaerobic reactors; bioelectrochemical systems.

Отримано: 07 травня 2025 року
Прорецензовано: 02 червня 2025 року
Прийнято до друку: 16 червня 2025 року