

# ЕКОЛОГІЯ ECOLOGY

УДК 628.33

М.Ю. Козар; Л.А. Саблій, д-р техн. наук, професор  
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

## ВПЛИВ ТРИВАЛОСТІ ПЕРЕБУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТИЧНИХ ВОД В БІОРЕАКТОРАХ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОЧИЩЕННЯ ВІД ФОСФАТІВ

*Присутність у воді біогенних елементів сприяє бурхливому розвитку водоростей у водоймі і призводить до вторинного забруднення води, зміни кольоровості, температури, зниження концентрації розчиненого кисню і погіршення органолептичних показників води. Все це не тільки ускладнює використання води для водопостачання населених місць і промислових підприємств, а й порушує природні процеси, які у водоймах. Проблема видалення фосфатів із стічних вод не має оптимального вирішення на даний час та потребує додаткових досліджень. В роботі представлено вплив кисневих умов на ефективність видалення фосфатів із виробничих стічних вод. Представлено залежність ефективності вилучення фосфатів від часу перебування в аеробних умовах. Досліджено вплив тривалості перебування суміші стічної води та активного мулу в нерозділеному стані на виділення фосфатів з клітини мікроорганізмів. Встановлено оптимальний діапазон тривалості перебування стічної води в кожному з біореакторів. Перспективними для подальших досліджень є біологічні методи очищення стічних вод.*

**Ключові слова:** стічна вода, активний мул, очищення від фосфатів, доочищення, біореактор.

### Вступ

Проблема глибокого очищення стічних вод підприємств харчової промисловості від біогенних компонентів (сполук азоту та фосфору), що сприяють евтрофікації водних екосистем безумовно заслуговує на увагу. Евтрофікація може відбуватися природним шляхом і в результаті діяльності людини. Процес евтрофікації водойм супроводжується надмірним розвитком водоростей, особливо зелених, синьо-зелених і діатомових; переважанням небажаних видів планктону; зниженням, аж до повного зникнення, розчиненого кисню; порушенням життєдіяльності риб; подорожчанням і ускладненням водопідготовки; заростанням берегової зони річок, тобто погіршенням умов рекреації та, слід додати, зниження естетичних переваг водних об'єктів.

Для видалення фосфатів із стічних вод можуть застосовуватися різні методи (фізико-хімічні, біологічні), але біологічний метод очищення стічних вод від фосфатів має відносно низьку вартість та достатньо високу ефективність.

### Постановка задачі

**Мета статті** – дослідити вплив тривалості перебування в біореакторах на ефективність очищення виробничих стічних вод від фосфатів.

### Актуальність

Високий рівень вмісту фосфатів в стічних водах та недосконалість систем очищення на підприємствах харчової промисловості не забезпечує необхідної якості очищеної води, і як наслідок потрапляння забруднюючих речовин з нею до водойм. При надмірному потраплянні біогенних елементів (азот, фосфор) у водоймі порушуються природні процеси, спостерігається евтрофікація водойми, надмірний розвиток водоростей, та пригнічення через їх життєдіяльність (виділення токсичних речовин) інших видів гідробіонтів. Існуючі біологічні методи не дозволяють досягти необхідного ступеню очищення від фосфатів, а фізико-хімічні методи попри високу якість очищеної води потребують значних витрат та додатково створюють проблему необхідності обробки осадів, що утворюються при реагентній обробці. Проблема видалення фосфатів із промислових стічних вод біологічним методом не має оптимального вирішення на даний час та потребує додаткових досліджень.

### Дослідження і результати

Дослідження очищення стічних вод від фосфатів проводили як на модельних розчинах так і на виробничих стічних водах. Слід зауважити, що в залежності від складу стічних вод та режимів

надходження тривалість перебування в біореакторах буде змінюватися [1]. Для встановлення тривалості перебування стічної води в спорудах біологічного очищення було проведено серію дослідів по вивченню зміни ефективності видалення фосфатів.

Дослідження тривалості очищення стічних вод в системі анаеробно-аеробних біореакторів, з визначенням концентрації фосфатів після обробки в кожному біореакторі, були проведені при однакових значеннях концентрації біомаси ( $2 \text{ г/дм}^3$ ), концентрація органічних речовин за ХСК –  $500\text{-}800 \text{ мг О}_2/\text{дм}^3$ ,  $\text{C}(\text{PO}_4^{3-})$  –  $18\text{-}20 \text{ мг/дм}^3$ . В усіх дослідженнях тривалості перебування використовувались реальні стічні води з вказаними параметрами.

Враховуючи те, що концентрація промислових стічних вод висока (ХСК досягає  $2500 \text{ мг/дм}^3$ ) то тривалість перебування протягом 5-7 годин в анаеробному біореакторі з іммобілізованими на носіях мікроорганізмами дозволяє досягати зниження концентрації до ХСК –  $500\text{-}800 \text{ мг О}_2/\text{дм}^3$ .

Визначення тривалості перебування в системі анаеробно-аеробних біореакторах відбувалося в ємності робочим об'ємом  $2,5 \text{ дм}^3$ , куди стічна вода потрапляла після попередньої обробки в анаеробному біореакторі з іммобілізованими на носіях мікроорганізмами. Під час перебування в біореакторі з анаеробними умовами ( $\text{C}(\text{O}_2) = 0,04\text{-}0,09 \text{ мг/дм}^3$ ) масообмін здійснювався насосом, а потім для зміни умов насос видалявся та розміщувався аератор. Аерування відбувалося з витратою повітря  $2 \text{ дм}^3/\text{год}$ . Усі досліджувані проби після визначеної тривалості перебування відбирали і фільтрували.

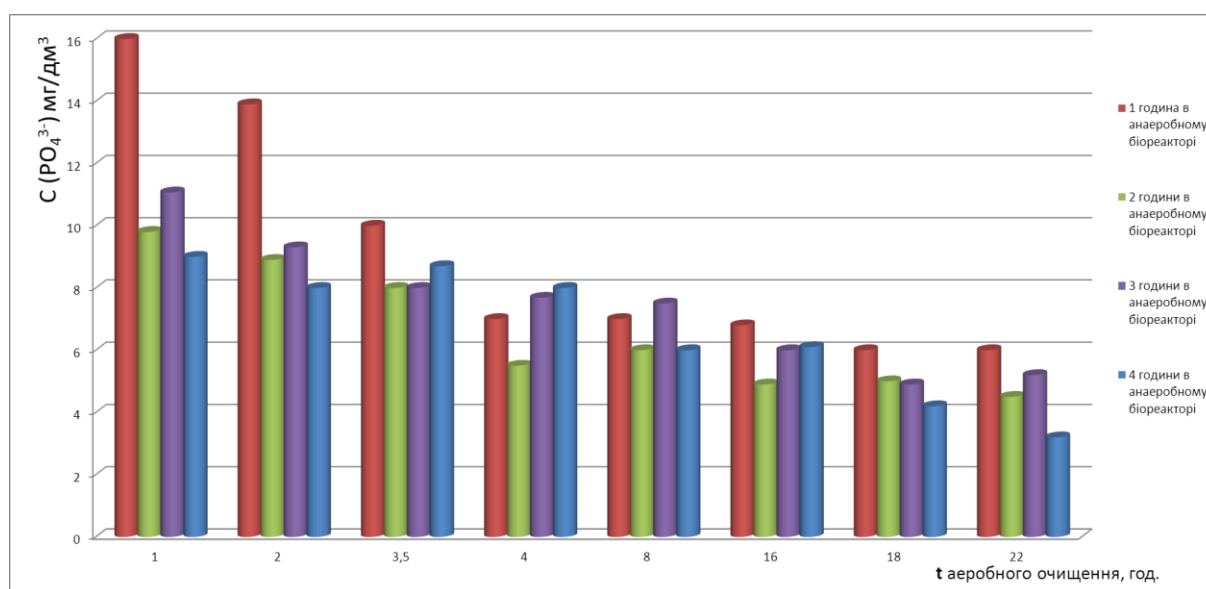


Рис.1 Концентрації фосфатів С в стічних водах в залежності від тривалості перебування в аеробних умовах t

Під час дослідження стічна вода протягом однієї години оброблялась в анаеробних умовах, де здійснювали перемішування, а через годину насос виймали і створювали аеробні умови за допомогою компресора та дрібнобульбашкового аератора. Концентрація фосфатів знижується (рис. 1. червоні стовпчики), але слід також зазначити, що при такому короткотривалому перебуванні активний мул не встигає перетворити складні органічні сполуки на прості, а значення ХСК становить  $400\text{-}700 \text{ мг О}_2/\text{дм}^3$  на виході після біологічного очищення, що не задовольняє вимоги для скиду у поверхневі водойми (ХСК –  $84,9 \text{ мг О}_2/\text{дм}^3$ ).

В наступній серії дослідів стічна вода протягом двох годин оброблялась в біореакторі з анаеробними умовами, де здійснювалось перемішування насосом, а через 2 години насос виймався та створювали аеробні умови за допомогою компресора та дрібнобульбашкового аератора.

Тривалість перебування в аеробному біореакторі після 2 годин анаеробної обробки має складати хоча б 8 годин (рис.1. зелені стовпчики), для зниження концентрації фосфатів до значення концентрацій нижче  $5 \text{ мг/дм}^3$ . При такій тривалості аеробної обробки концентрація органічних речовин у стічній воді знижується до значень показників нормативів для скиду у поверхневі водойми.

В наступній серії дослідів стічна вода протягом 3 годин оброблялась в анаеробних умовах, де здійснювалось перемішування насосом, а через три години насос виймався та занурювались дрібнобульбашкові аератори. На основі отриманих результатів побудовано графік залежності (рис. 1. фіолетові стовпчики). Аналогічно проводили дослідження для тривалості протягом 4 годин в анаеробному біореакторі (рис. 1. сині стовпчики).

Можна зробити висновки, що найнижче значення концентрації фосфатів досягається при аеробній обробці більш ніж 18 годин ( $C(\text{PO}_4^{3-})=3-3,7 \text{ мг/дм}^3$ ).

Найдоцільніший час перебування стічної води в системі анаеробно-аеробних біореакторів (див. рис. 1. – 4.) складає 2 - 4 години в анаеробних умовах та 8-18 годин при аеруванні. Це важливо враховувати при виборі об'єму кожної з споруд біологічного очищення для того, щоб співвідношення часу перебування в кожній з них зберігалось незалежно від витрати в певному діапазоні. Важливо зберігати пропорційність часу перебування в аеробних та анаеробних умовах для запобігання зворотніх процесів, тобто вивільнення фосфатів з клітин. Це також стосується періодичності рециркуляції мулу та його часу перебування в системі комунікацій очисних споруд без насичення киснем та знаходження у відстійниках [2].

Як відомо, в анаеробних умовах фосфоракумулюючі мікроорганізми можуть виділяти в стічну воду попередньо накопичені фосфати. Для запобігання цього процесу у відстійниках необхідно не допускати перетримання мулу в анаеробних умовах. Також, це слід врахувати при виборі типу конструкції відстійника [3].

Для дослідження процесу виділення фосфатів із клітин, як наслідок підвищення вмісту фосфатів в очищеній стічній воді, було відібрано суміш стічної води та мулу після аеробної обробки та визначено вміст фосфатів. Після цього суміш мулу та води залишали без розділення, фіксували значення зміни концентрації фосфатів, з яких виведено залежність (рис. 2.).

Виділення фосфатів рахували як різницю між початковими значеннями концентрації фосфатів та отриманим після певної тривалості перебування в анаеробних умовах, відносно початкової концентрації.

Під час недовготривалого періоду перебування (до 3,5 годин) в анаеробних умовах, спостерігається незначне коливання концентрацій фосфатів. При більш тривалому перебуванні відбувається істотне виділення клітинами мікроорганізмів фосфатів у стічну воду (з 11% до 30-40%). При тривалості перебування в анаеробних умовах близько доби спостерігається найбільше виділення фосфатів у воду (до 50% від початкових значень) з клітин фосфоракумулюючих організмів (див. рис. 2.). Тому слід якнайшвидше відокремлювати очищену воду від активного мулу, який містить накопичені у вигляді внутрішньоклітинних гранул поліфосфати, це буде запобігати вторинному забрудненню та дозволить досягати необхідної якості.

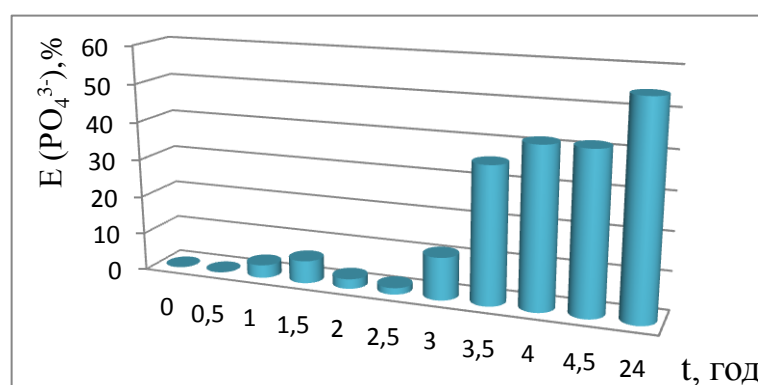


Рис. 2 Залежність виділення фосфатів з клітин фосфоракумулюючих мікроорганізмами від тривалості перебування в анаеробних умовах

Враховуючи отримані дані спроектовано експериментально-виробничу установку для вивчення впливу параметрів її роботи на ефективність очищення промислових стічних вод від фосфатів.

#### Висновки

Досліджено вплив тривалості перебування стічної води в біореакторі з аеруванням та без а також з іммобілізацією мікроорганізмів на носіях та без. Виявлено діапазон оптимальної тривалості перебування в кожному з біореакторів. Встановлено, що для протікання біологічного очищення концентрація органічних речовин не повинна перевищувати ХСК –  $800 \text{ мг/дм}^3$ . Отримані значення надають змогу при розробці експериментально – виробничої установки встановити об'єми кожного з біореакторів, та дослідити гідравлічне навантаження на них. Обрано тривалість перебування в анаеробних умовах 4 година, а в аеробних - 18годин. Перспективним для подальшого дослідження є підтвердження отриманих результатів в виробничих умовах при проточній схемі руху води.

#### Список літератури

1. 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 110-114.

2. Дмитренко Г. М. Закономірності безкисневого дихання аеробних бактерій / Г. М. Дмитренко // Доповіді НАН України. – 2008. – № 10. – С. 170-177.

3. Данилович Д. А. Крупномасштабные сооружения биологической очистки сточных вод с удалением биогенных элементов / Данилович Д. А., Козлов М. Н., Моижес О. В / Водоснабжение и сан. техника. 2008. № 10. С. 45-51.

4. Методика фотометричного визначення фосфатів у стічних водах. КНД 211.1.4.043-95

**M. Kozar, L. Sabliy**

**National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»**

**INFLUENCE OF EXPOSITION TIME OF INDUSTRIAL WASTEWATER IN VARIOUS BIOREACTORS ON EFFICIENCY OF PHOSPHORUS REMOVAL**

*Nutrients found in the water contribute to a rapid growth of algae in the reservoir and lead to secondary water pollution, colority and temperature change, impoverishment of dissolved oxygen, deterioration of organoleptic indicators of water. All this not only complicates the use of the water in the watersupply of residential areas and enterprises, but also affects natural processes taking place in reservoirs. The problem of removing phosphates from wastewater has not an optimal solution and requires further investigation. In this paper the influence of oxygen conditions on the efficiency of phosphorus removal from industrial wastewaters is studied. The dependence of the phosphorus removal efficiency on time spent in aerobic conditions is presented in this paper. The study shows influence of the exposition time of unseparated wastewater and activated sludge on the growth of concentration of phosphorus excretion from microbial cells. The optimal period of exposition in different bioreactors was determined. The biological wastewater treatment methods are interesting for further research.*

**Keywords:** wastewater, activated sludge, phosphorus removal, tertiary treatment, bioreactors.

1. Kozar M.Iu. Efektyvnist biolohichnoho vydalennia spoluk fosforu iz stichnykh vod v riznykh kysnevnykh umovakh/ M.Iu. Kozar, L.A. Sabliy // Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia.-2012.-№2.-P 110-114.

2. Dmytrenko H. M. Zakonomirnosti bezkysnevoho dykhannia aerobnykh bakterii / H. M. Dmytrenko // Dopovidi NAN Ukrainy. – 2008. – № 10. – P. 170-177.

3. Danylovych D. A. Krupnomasshtabnye sooruzheniya byolohycheskoi ochystky stochnykh vod s udalenyem byohennykh elementov / Danylovych D. A., Kozlov M. N., Moizhes O. V / Vodossnabzhenye y san. tekhnika. 2008. № 10. P. 45-51.

4. Metodyka fotometrychnoho vyznachennia fosfativ u stichnykh vodakh. KND 211.1.4.043-95

УДК 628.33

**М. Ю. Козарь; Л. А. Саблий, д-р техн. наук, профессор**

**Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»  
ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД В  
БИОРЕАКТОРАХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ ОТ ФОСФАТОВ**

*Присутствие в воде биогенных элементов способствует бурному развитию водорослей в водоеме и приводит к вторичному загрязнению воды, изменению цветности, температуры, снижению концентрации растворённого кислорода и ухудшению органолептических показателей воды. Всё это не только затрудняет использование воды для водоснабжения населенных мест и промышленных предприятий, но и нарушает естественные процессы, протекающие в водоёмах. Проблема удаления фосфатов из сточных вод не имеет оптимального решения в настоящее время и требует дополнительных исследований. В работе представлено влияние кислородных условий на эффективность удаления фосфатов из производственных сточных вод. Представлена зависимость эффективности извлечения фосфатов от времени пребывания в аэробных условиях. Исследовано влияние длительности пребывания сточной воды и активного ила без разделения на изменение концентрации фосфатов в очищенной воде, выделение фосфатов из клеток микроорганизмов. Выявлен оптимальный диапазон длительности пребывания сточной воды в каждом биореакторе. Перспективными для дальнейших исследований являются биологические методы очистки сточных вод.*

**Ключевые слова:** сточная вода, активный ил, очистка от фосфатов, доочистка, биореактор.

Надійшла 11.10.2013

Received 11.10.2013