

В.М. РОССІНСЬКИЙ, кандидат технічних наук
Л.А. САБЛІЙ, доктор технічних наук
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,

ДЕФОСФОТАЦІЯ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД, ЩО МІСТЯТЬ СИНТЕТИЧНІ ДЕТЕРГЕНТИ

Приведено результати експериментальних досліджень з біологічного очищення стічних вод, що містять синтетичні детергенти, від сполук фосфору при різних навантаженнях на активний мул. Встановлено, що збільшення концентрації синтетичних детергентів з 1 до 30 мг/дм³ призводить до пригнічення процесів дефосфотації стічних вод для умов помірно-навантаженого активного мулу, а для умов перевантаженого активного мулу збільшення синтетичних детергентів в стічних водах позитивно відображається на процесах дефосфотації.

Ключові слова: ПАР, стічні води, технологія, очищення, фосфати.

Приведены результаты экспериментальных исследований биологической очистки сточных вод, содержащих синтетические детергенты от соединений фосфора при разных нагрузках на активный ил. Установлено, что увеличение концентрации синтетических детергентов с 1 до 30 мг/дм³ приводит к угнетению процессов дефосфотации сточных вод для условий умеренно-нагруженного активного ила, а для условий перегруженного активного ила увеличение синтетических детергентов в сточных водах позитивно отражается на процессах дефосфотации.

Ключевые слова: ПАВ, сточные воды, технология, очистка, фосфаты.

The results of experimental studies of biological treatment of wastewater containing synthetic detergents from phosphorus compounds by different loads on the activated sludge are presented. Increasing the concentration of synthetic detergents from 1 to 30 mg/l leads to inhibition processes of phosphorus compounds removal from wastewater for moderately loaded activated sludge is determined. The increase of synthetic detergents in wastewater display positively for the conditions of overloaded activated sludge on the process removing phosphorus compounds is determined.

Keywords: surfactants, wastewater, technology, treatment, phosphates.

Постановка проблеми

Зниження водоспоживання абонентами централізованого водопостачання призводить до поступового збільшення концентрації забруднюючих домішок, що надходять зі стічними водами на споруди каналізації населених пунктів. Так, наприклад, кількість стічних вод, що надходять на очисні споруди каналізації м. Київ знизилася на 50% за період 2004-2016 роки. Приріст концентраційного навантаження за забруднюючими домішками на очисні споруди каналізації виражається збільшенням маси органічних забруднень, сполук азоту та фосфору, синтетичних поверхнево-активних речовин, що транспортуються зі стічними водами. Міські стічні води містять завислі речовини 147,3...468,2 мг/дм³, сполуки азоту 13,2...63,68 мг/дм³, синтетичні поверхнево-активні речовини 8...25 мг/дм³. Показник БСК₅ міських стічних вод в середньому складає 100...300 мгО₂/дм³ [1]. Середня концентрація фосфатів в міських стічних водах складає 10...20 мг/дм³.

Хімічні методи із застосуванням неорганічних реагентів є дієвими для видалення сполук фосфору зі стічних вод. При видаленні сполук фосфору з міських стічних вод, найбільш ефективним є реагент – сірчаноокислий алюміній Al₂(SO₄)₃ [2]. Застосування неорганічних реагентів для видалення сполук фосфору призводить до підкислення води, потребує значних експлуатаційних витрат на забезпечення функціонування розчинних, витратних баків і дозуючого обладнання в реагентному господарстві, та є економічно невиправданим при малих концентраціях сполук фосфору.

Перспективними для видалення сполук фосфору зі стічних вод є біологічні методи. Для ефективного очищення міських стічних вод від фосфатів їх обробку проводять послідовно в аноксидних (анаеробних) й аеробних біореакторах, відповідно до схем A/O, A²/O, *Bardenpho*, *UCT*. Послідовна обробка стічних вод в анаеробних, аеробних біореакторах із мобілізацією мікроорганізмів на полімерних носіях дозволяє досягти високого ступеня очищення води від сполук фосфору - понад 70% при обробці стічної води протягом 3 годин в анаеробних умовах і 4 годин в аеробних умовах [3].

Процеси дефосфотації при біологічному очищенні стічних вод відбуваються за рахунок двох груп бактерій: факультативних в анаеробних умовах і строгих аеробів в аеробних умовах. Основними в процесах дефосфотації стічних вод є бактерії родів: *Aeromonas*, *Citrobacter*, *Proteus*, *Acinetobacter*, *Achromobacter*, *Bacillus*, *Moraxella*, *Escherichia*. Відомо, що фосфоракумулюючі бактерії є строгими аеробами, здатними в присутності кисню або нітратів до деструкції жирних кислот, які утворюють факультативні бактерії на стадії анаеробної (аноксидної) обробки стічних вод [4].

Наявність синтетичних детергентів, як поверхнево-активних речовин, негативно відображається на процесах денітрифікації й нітрифікації стічних вод, за рахунок порушення кисневого режиму в аеробних умовах і пригнічення життєдіяльності мікроорганізмів активного мулу [5].

При навантаженнях за аніонними поверхнево-активними речовинами на активний мул менше 3 мг/г не спостерігається негативного впливу на дефосфотацію стічних вод і активність мікроорганізмів активного мулу. Тоді

як за концентрації аніонних поверхнево-активних речовин в стічній воді більше 15 мг/дм^3 спостерігається пригнічення споживання фосфору мікроорганізмами активного мулу, процесів дихання у мікроорганізмів, поступовий лізис клітин найпростіших [6].

Специфіка негативного впливу синтетичних детергентів на процеси біологічного очищення стічних вод від сполук фосфору диктується типом активного мулу в залежності від навантаження на нього за органічними забрудненнями, технологічними режимами та параметрами роботи біореакторів.

Мета роботи полягає в оцінці впливу синтетичних детергентів на процеси дефосфотації при біологічному очищенні міських стічних вод в залежності від навантаження на активний мул.

Основна частина

З метою оцінки впливу синтетичних детергентів на процеси дефосфотації міських стічних вод проведено експериментальні дослідження. Мулову суміш для досліджень відбирали зі споруд біологічного очищення міських стічних вод м. Рівне та м. Київ. На очисні споруди каналізації м. Рівне періодично відбувається надходження зі стічними водами барвників. Пасивний експеримент вели шляхом послідовної обробки мулової суміші в аноксидному біореакторі й двох аеробних біореакторах із рециркуляцією мулової суміші в аноксидний біореактор за допомогою помпи. Тип активного мулу встановлювали шляхом гідробіологічного аналізу за допомогою мікроскопа *ULAB XSP-139TP*.

Базисом для дослідних аноксидних й аеробних біореакторів була скляна циліндрична ємність з внутрішнім діаметром в основі 90 мм, загальною висотою 250 мм (рис. 1). Перемішування мулової суміші в дослідному аноксидному біореакторі здійснювали за допомогою розташованого в його нижній частині зануреного насоса марки *Atman PH-300*. Насичення мулової суміші повітрям в аеробних біореакторах здійснювали за допомогою дрібнобульбашкових аераторів, розташованих у їх нижніх частинах.

Рівномірний розподіл мулової суміші від аноксидного біореактора у два аеробних біореактори забезпечували за допомогою розподільної системи. Рівномірний збір мулової суміші з двох аеробних біореакторів здійснювали за допомогою збірної системи, що під'єднана до всмоктуючого патрубка рециркуляційного насоса. Відбір проб здійснювали за допомогою пробовідбірника, що влаштований на нагнітальній лінії рециркуляційного насоса.

Серії експериментальних досліджень проведено в муловій суміші із дозою активного мулу $2,34 \dots 2,48 \text{ г/дм}^3$. Початковий об'єм мулової суміші в серіях експериментальних досліджень складав 2 дм^3 . Рециркуляційна витрата мулової суміші складала $0,2 \text{ дм}^3/\text{хв}$. Концентрації фосфатів визначали колориметрично у відібраній і профільтрованій крізь лабораторний знезолений паперовий фільтр «біла стрічка» воді за допомогою спектрофотометра *ULAB 102*.

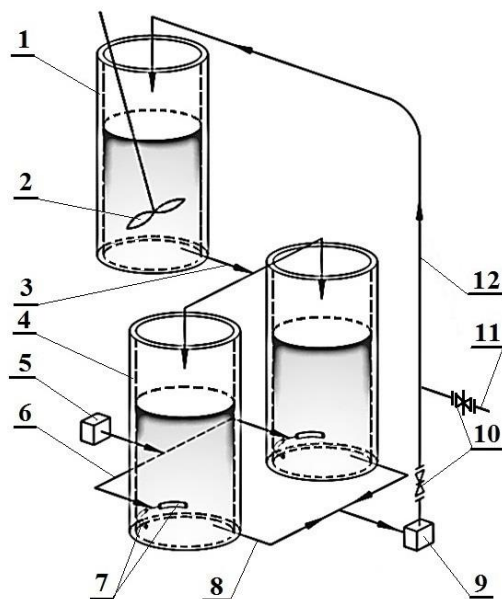


Рис. 1. Схема експериментальної установки:

1 – аноксидний біореактор; 2 – механічна мішалка або занурений насос; 3 – система розподілу мулової суміші між аеробними біореакторами; 4 – аеробний біореактор; 5 – повітродувка; 6 - система подачі повітря в аеробні біореактори; 7 – аератори; 8 – система збору мулової суміші з аеробних біореакторів; 9 – рециркуляційний насос; 10 – запірно-регульовальна арматура; 11 – пробовідбірник; 12 – трубопровід подачі мулової суміші до аноксидного біореактора.

Як ПАР використовували алкілбензолсульфонат натрію (АПАР). Співвідношення тривалості обробки мулової суміші в аноксидних та аеробних умовах складало 1:2. В серіях експериментальних досліджень вміст фосфатів у стічній воді забезпечували, використовуючи KH_2PO_4 .

За результатами серій експериментів з біологічного очищення стічних вод від фосфатів для умов помірно-навантаженого активного мулу встановлено, що ефективність очищення стічної води за фосфатами складає 62% впродовж 90 хв. експерименту за концентрації синтетичних детергентів в стічній воді до 1 мг/дм^3 (рис. 2). Збільшення концентрації синтетичних детергентів до 30 мг/дм^3 призводить до зниження ефективності очищення за фосфатами до 45%, що відповідає інгібуванню процесів дефосфотації до 17% впродовж 90 хв. експерименту.

Питома швидкість дефосфотації стічних вод впродовж експериментальних досліджень є несталою величиною. За допомогою експериментів з біологічного очищення стічних вод від сполук фосфору в аноксидних і аеробних умовах при помірно-навантаженому активному мулі встановлено, що збільшення концентрації синтетичних детергентів від 1 до 30 мг/дм^3 призводить до зниження середньої питомої швидкості дефосфотації з $3,22$ до $1,67 \text{ мгPO}_4^{3-}/(\text{г}\cdot\text{год})$ (рис. 3), що відповідає інгібуванню середньої питомої швидкості дефосфотації стічних вод до 48%, порівняно зі стічною водою, що містить синтетичні детергенти концентрацією до 1 мг/дм^3 .

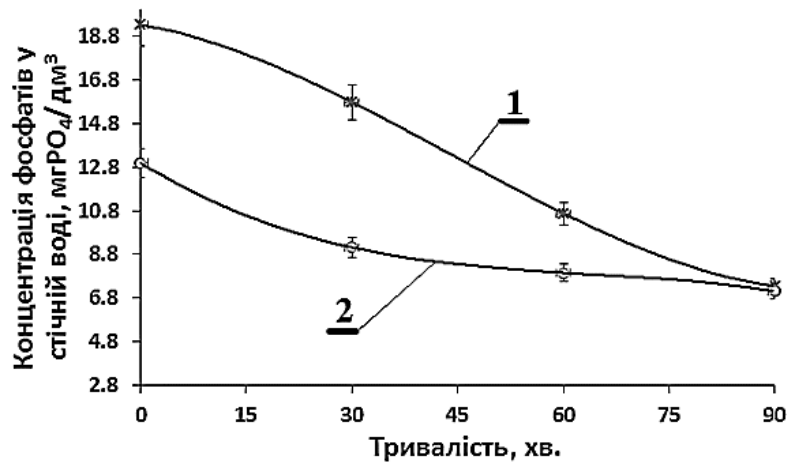


Рис. 2. Залежність концентрації фосфатів у стічній воді від тривалості очищення за концентрації АПАР: 1 – 1 мг/дм³; 2 – 30 мг/дм³

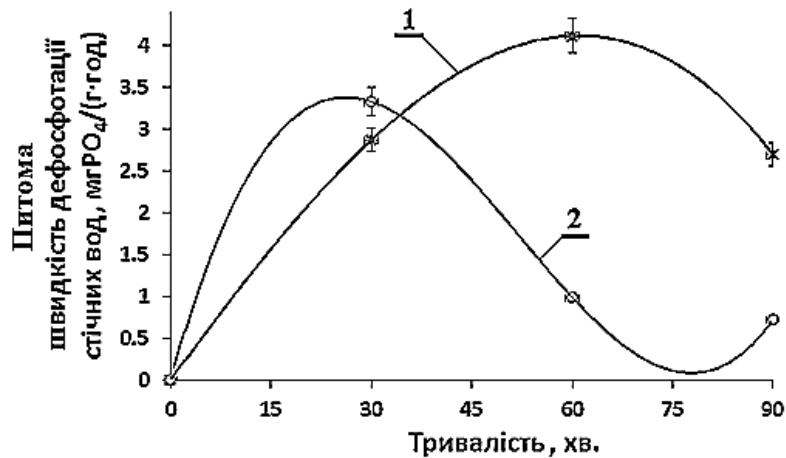


Рис. 3. Залежність питомої швидкості дефосфатації стічних вод від тривалості очищення за концентрації АПАР: 1 – 1 мг/дм³; 2 – 30 мг/дм³

При біологічному очищенні стічних вод від фосфатів для умов перевантаженого активного мулу встановлено, що ефективність очищення стічної води за фосфатами складає 50% впродовж 90 хв. експерименту за концентрації синтетичних детергентів в стічній воді до 1 мг/дм³ (рис. 4). Збільшення концентрації синтетичних детергентів до 30 мг/дм³ призводить до збільшення ефективності очищення стічних вод за фосфатами до 69%, що відповідає інтенсифікації процесів дефосфатації до 19% впродовж 90 хв. експерименту.

Стан перевантаженого активного мулу за рахунок залпових скидів на очисні споруди каналізації барвників призводить до активного росту нитчастих бактерій. До складу барвників входять сполуки іонів металів – хрому (III), кобальту (III), алюмінію (III), заліза (III). Значна частка важкоокиснюваних органічних речовин спричинює інтенсивне утворення піни світло-коричневого забарвлення.

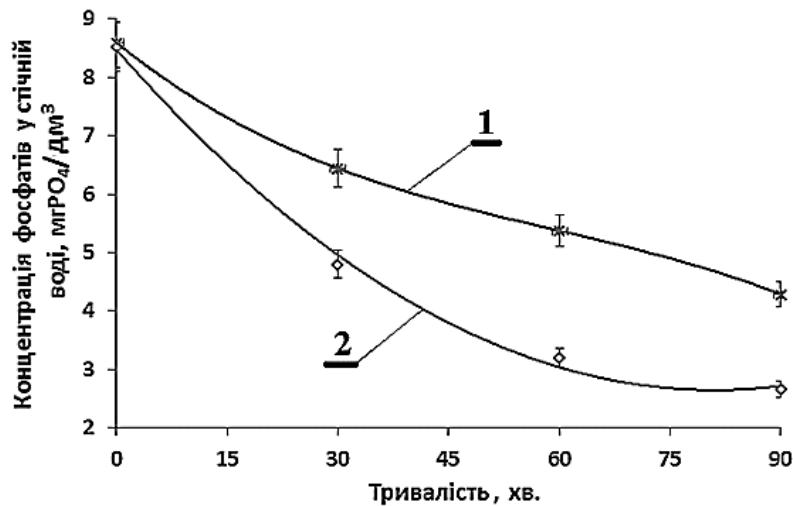


Рис. 4. Залежність концентрації фосфатів у стічній воді від тривалості очищення за концентрації АПАР: 1 – 1 мг/дм³; 2 – 30 мг/дм³

Деструкція частки важкоокиснюваних органічних речовин у полісахариди, що здатні накопичуватись у пластівцях активного мулу, та інтенсивна аерація стічних вод призводять до руйнування пластівців активного мулу й продукування піни за рахунок полісахаридів.

За результатами серій експериментальних досліджень біологічного очищення стічних вод від сполук фосфору в аноксидних і аеробних умовах за участі перевантаженого активного мулу встановлено, що збільшення концентрації ПАР з 1 до 30 мг/дм³ призводить до зростання середньої питомої швидкості дефосфотації з 1,18 до 1,62 мг PO₄³⁻/(г·год) (рис. 5).

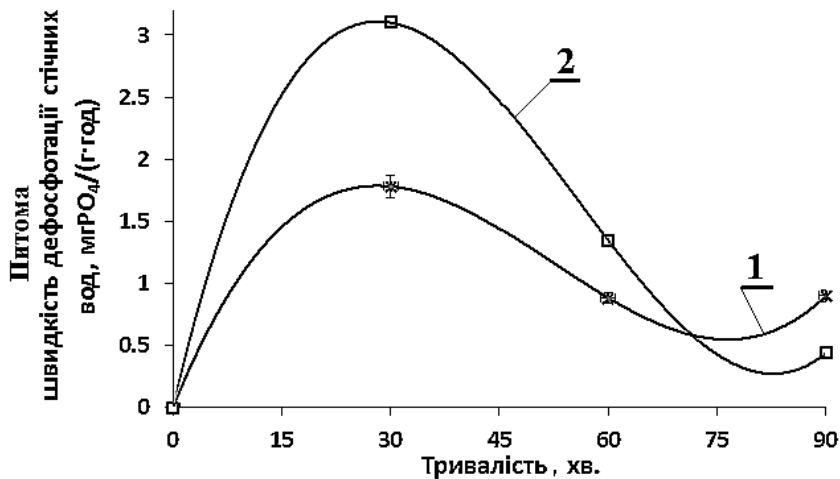


Рис. 5. Залежність питомої швидкості дефосфотації стічних вод від тривалості очищення за концентрації АПАР: 1 – 1 мг/дм³; 2 – 30 мг/дм³

В результаті біологічного очищення стічних вод від сполук фосфору в аноксидних і аеробних умовах за участі перевантаженого активного мулу при збільшенні концентрації синтетичних детергентів з 1 до 30 мг/дм³ ступінь збільшення середньої питомої швидкості дефосфотації стічних вод складає 27%.

Зміна характеру кінетики зниження концентрації фосфатів у стічних водах при послідовній аноксидній і аеробній обробці в біореакторах свідчить про те, що присутні в складі барвників іони важких металів, сорбовані активним мулом, утворюють комплексні сполуки з фосфатами. Інтенсифікації очищення стічних вод від сполук фосфору сприяє й поступове диспергування пластівців активного мулу в аеробних умовах за рахунок міцелярної локалізації їх молекулами синтетичних детергентів.

Висновки

За результатами експериментальних досліджень з біологічного очищення стічних вод від фосфатів шляхом послідовної обробки мулової суміші в аноксидних й аеробних умовах встановлено, що для умов з помірно-навантаженим активним мулом збільшення концентрації синтетичних детергентів з 1 мг/дм³ до 30 мг/дм³ негативно відображається на ступені дефосфотації стічних вод та призводить до зниження середньої питомої швидкості дефосфотації до 48%. Для умов перевантаженого активного мулу, збільшення концентрації синтетичних детергентів з 1 мг/дм³ до 30 мг/дм³ позитивно відображається на процесі дефосфотації стічних вод і призводить до збільшення середньої питомої швидкості дефосфотації до 27%.

При проектуванні й експлуатації споруд з глибокого біологічного очищення стічних вод слід враховувати наявність в них синтетичних детергентів, що можуть позитивно або негативно відображатись на процесах дефосфотації в залежності від навантаження на активний мул.

Список літератури

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. *Кривець Г. В.* Очистка стічних вод від фосфоровмісних політантів / Г. В. Кривець, І. М. Астрелін, О. С. Федоров // *Праці Одеського політехнічного університету*, 2013. – Вип. 3(42). – С. 278-280.
3. *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*. – №2. – 2012. – С. 110-114.
4. Michael, H. Gerardi (2006). *Wastewater Bacteria*. John Wiley & Sons Inc (Verlag).
5. *Росінський В. М.* Енергоефективність в технологіях глибокого очищення стічних вод, що містять поверхнево-активні речовини // *Науково-технічний збірник «Енергоефективність в будівництві та архітектурі»*. Випуск 8. Відповідальний редактор П. М. Куліков. – К.: КНУБА, 2016. – С. 319-325.
6. *Dereszewska A., Cytawa S., Tomczak-Wandzel R., Medrzycka K.* The Effect of Anionic Surfactant Concentration on Activated Sludge Condition and Phosphate Release in Biological Treatment Plant // *Pol. J. Environ. Stud.* – Vol. 24, No. 1 (2015). – P. 83-91.

Надійшло до редакції 27.04.2016