

УДК 628.35:675.043.42

В.М. Россінський, Л.А. Саблій

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ***ВПЛИВ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН НА ПРОЦЕСИ ДЕНІТРИФІКАЦІЇ ПРИ БІОЛОГІЧНОМУ ОЧИЩЕННІ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД**

Глибоке біологічне очищення міських стічних вод передбачає реалізацію поетапної обробки води в біореакторах із аноксидними, аеробними умовами. Амфіфільні ксенобіотики групи поверхнево-активних речовин, що є мембранотропними речовинами, впливають на мікроорганізми активного мулу й на ефективність очищення стічних вод від органічних забруднень. В рамках дослідження авторами вивчено вплив поверхнево-активних речовин на процеси денітрифікації в аноксидних умовах. Отримано залежності швидкості денітрифікації в біореакторах з аноксидними умовами при зміні концентрації поверхнево-активних речовин в стічних водах.

Ключові слова: *поверхнево-активні речовини, денітрифікація, активний мул, очищення, технологія, стічні води, кінетика, концентрація.*

Постановка проблеми

Зниження та унеможливлення понаднормового концентраційного навантаження за забруднюючими речовинами на водні об'єкти є прямим завданням функціонування очисних споруд каналізації населених пунктів. Стічні води населених пунктів України містять завислі речовини 147,3-468,2 мг/дм³, сполуки фосфору 0,21-15,8 мг/дм³, сполуки азоту 13,2-63,68 мг/дм³. Показник БСК₅ міських стічних водах в середньому складає 100-300 мгО₂/дм³ [1].

За норм водовідведення 100-300 дм³/(людину·добу) усереднена концентрація поверхнево-активних речовин в міських стічних водах складає відповідно 25-8 мг/дм³.

Біологічне очищення міських стічних вод в аеробних умовах не дозволяє ефективно вилучати сполуки азоту зі стічних вод. Технології біологічного очищення стічних вод, відповідно до яких забезпечується ефективне зниження сполук азоту, передбачають поетапне очищення стічних вод в анаеробних (аноксидних), аеробних умовах [2].

Для видалення сполук азоту зі стічних вод рекомендують біологічне очищення провадити за схемами А/О, А²/О, Vardenpho та їх модифікаціями, а також за принципом БІОКОНВЕЄР із біореакторами з іммобілізованими мікроорганізмами на полімерних носіях [3].

Наявність синтетичних поверхнево-активних речовин в міських стічних водах є наслідком активного використання миючих засобів і пральних порошоків у виробництві й побуті абонентами систем централізованого водовідведення населених пунктів.

Синтетичні поверхнево-активні речовини, як амфіфільні ксенобіотики, є мембранотропними речовинами, яким властиво змінювати проникність біологічних мембран, їх структуру. Наявність в стічних водах поверхнево-активних речовин впливає на функціонування мікроорганізмів активного мулу й в решті-решт відображається на ефективності біологічного очищення стічних вод від органічних речовин.

Отже, встановлення впливу поверхнево-активних речовин на процеси денітрифікації при біологічному очищенні стічних вод є актуальною відкритою науковою проблемою, рішення якої має важливе значення для проектування, будівництва, реконструкції споруд біологічного очищення стічних вод населених пунктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблематика й технологічні, конструктивні рішення з біологічного очищення стічних вод від сполук Нітрогену розглянуті в роботах С.В. Яковлева, Н.О. Лукіних, Л.І. Глоби, П.І. Гвоздяка, І.М. Таварткіладзе, О.А. Василенка, В.О. Юрченко, О.В. Поліщука, В.С. Жукової, О.О. Грицини, М.В. Бляшиної [3,4]. Питанням біологічного очищення стічних вод від поверхнево-активних речовин присвячені роботи М.М. Ротмістрова, С.С. Ставської, П.І. Гвоздяка, В.М. Удод, Л.Ф. Овчарова, Н.А. Мешкової-Клименко, Л.А. Таранової, О.С. Радченко, А.В. Синельникової [5].

Технології біологічного очищення стічних вод від сполук Нітрогену передбачають окиснення сполук амонійного Нітрогену до нітритів й нітратів в біореакторах з аеробними умовами й наступне

відновлення нітратів до молекулярного Нітрогену в біореакторах з аноксидними умовами [6]. При біологічному очищенні стічних вод від сполук Нітрогену за схемами A/O, A²/O, Bardenpho влаштовують нітратний рецикл мулової суміші від біореактора з аеробними умовами до біореактора з аноксидними умовами [7-10].

З метою забезпечення мікробних таксонів-денітрифікаторів легкоокиснювальною органічною речовиною біореактори з аноксидними умовами (денітрифікатори) влаштовують перед біореакторами з аеробними умовами (нітрифікатори) [11,12].

Поверхнево-активні речовини (ПАР) з характерною їм мембранотропною властивістю можуть чинити суттєвий вплив на процеси денітрифікації.

Метою даної статті є встановлення впливу ПАР на процеси денітрифікації при біологічному очищенні стічних вод, оцінка закономірностей зміни кінетики денітрифікації при зміні концентрації ПАР, отримання кількісних показників реалізації процесів денітрифікації при біологічному очищенні стічних вод, що містять ПАР.

Виклад основного матеріалу

При порушенні технологічних параметрів роботи вторинних відстійників в шарі ущільненого активного мулу відбуваються процеси денітрифікації, які призводять до поступового спухання й вносу пластівців активного мулу в зону проясненої води.

З метою встановлення впливу ПАР на кінетику спухання активного мулу проведено серію експериментальних досліджень в аноксидних умовах без перемішування мулової суміші.

Мулову суміш для досліджень відбирали з відповідного лотка аеротенка очисних споруд каналізації м. Рівне. Співвідношення міських стічних вод й мулової суміші при проведенні серій експериментів в аноксидних умовах без перемішування складало 1:10.

В кожній із серій досліджень як ПАР використовували алкілбензолсульфонат натрію (АПАР).

Відміряли по 150 см³ мулової суміші, що містить 1, 5, 15, 30 мг/дм³ АПАР, приливаючи її в мірні циліндри. Згодом мулову суміш переливали в 8 мірних стаканів ємністю 150 см³. Відмічаючи початок дослідження, спостерігали, фіксуючи час та об'єм активного мулу, за розділенням мулової суміші, ущільненням активного мулу, спуханням й моментом його самофлотації (рис. 1).

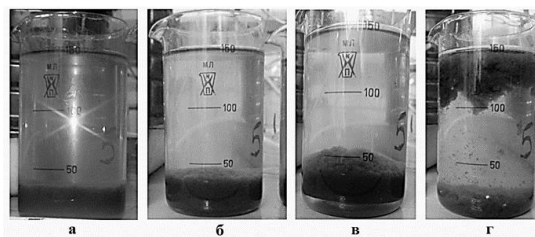


Рис. 1. Дослідження спухання активного мулу (АМ) в аноксидних умовах без перемішування при АПАР 5 мг/дм³: а) етап ущільнення АМ; б) початок спухання АМ; в) початок самофлотації АМ; г) результат самофлотації АМ

Дозу активного мулу в муловій суміші визначали за сухою речовиною у відповідності до стандартної методики гравіметричним способом за допомогою лабораторної електронної ваги марки Balans Ohaus Scout Pro SPU.

В результаті проведених досліджень денітрифікації в аноксидних умовах без перемішування мулової суміші було отримано залежності зміни відносного об'єму активного мулу від тривалості дослідження при зміні початкових концентрацій АПАР в стічній воді (рис. 2). Доза активного мулу складала 2,2 г/дм³, концентрація N-NO₃⁻ в муловій суміші – 16,5 мг/дм³ (рис. 2).

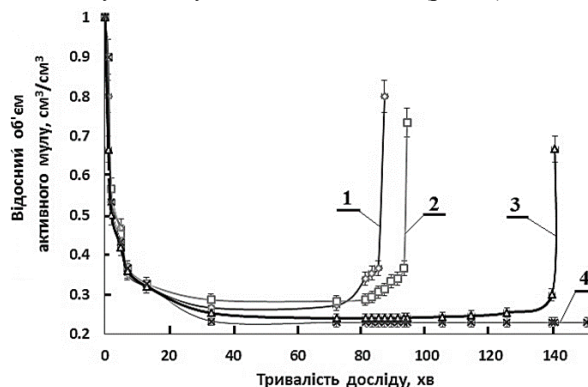


Рис. 2. Кінетика зміни відносного об'єму активного мулу в аноксидних умовах без перемішування при концентрації АПАР: 1 - < 1 мг/дм³; 2 - 5 мг/дм³; 3 - 15 мг/дм³; 4 - 30 мг/дм³

За результатами проведених експериментів відзначено поступове інгібування швидкості процесів спухання активного мулу при збільшенні концентрації ПАР в стічній воді. Так, збільшення концентрації АПАР в стічній воді від 1 до 5 мг/дм³ призводить до збільшення тривалості процесу спухання активного мулу з відтермінуванням в часі моменту його самофлотації до 6%, а при АПАР – з 1 до 30 мг/дм³ – призводить до відтермінування в часі моменту самофлотації активного мулу до 60%.

Поступове газотворення на пластівцях активного мулу й газовиділення із зони ущільненого активного мулу в аноксидних умовах без перемішування, що в результаті призводять до самофлотації активного мулу, не завжди вказують

на повноту перебігу процесів денітрифікації. Утворення газоподібних продуктів (діоксиду Карбону, водню, молекулярного Нітрогену тощо) в ущільненому активному мулі в аноксидних умовах є наслідком процесів денітрифікації й паралельних процесів біодеструкції органічних забруднень мікроорганізмами.

З метою встановлення впливу ПАР на зміну швидкості денітрифікації при біологічному очищенні стічних вод було проведено експериментальні дослідження в динамічних умовах у дослідному біореакторі-денітрифікаторі (рис. 3).

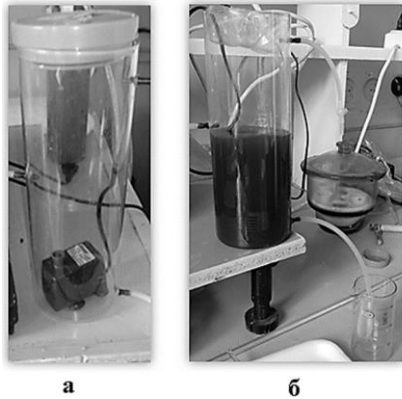


Рис. 3. Дослідний біореактор-денітрифікатор: а) загальний вигляд; б) загальний вигляд на етапі відбору проб

Базисом для дослідного біореактора-денітрифікатора є скляна циліндрична ємність з внутрішнім діаметром при основі 100 мм, загальною висотою 300 мм. Нижня частина циліндричної частини біореактора-денітрифікатора обладнана патрубком із запірно-регулювальним краном для відбору проб впродовж серій експериментальних досліджень. Серії експериментальних досліджень вели в муловій суміші із дозою активного мулу 1,8-2,1 г/дм³. Початковий об'єм мулової суміші в серіях експериментальних досліджень складав 2 дм³.

Мулову суміш для досліджень відбирали з відповідного лотка аеротенка очисних споруд каналізації м. Рівне. Співвідношення міських стічних вод й мулової суміші при проведенні серій експериментів в динамічних умовах складало 1:10.

Перемішування мулової суміші в дослідному біореакторі-денітрифікаторі здійснювали за допомогою розташованої в його нижній частині зануреної помпи марки Atman PH-300, що має максимальну продуктивність 360 дм³/год, без фільтра попереднього очищення.

Максимальна тривалість експерименту в серіях досліджень складала 45 хв. Проби мулової суміші відбирали кожні 15 хв.

Визначення концентрації азоту нітратів провадили у відібраній й профільтованій крізь лабораторний знезолений паперовий фільтр «біла стрічка» воді за допомогою лабораторного йоніметра

И-160МИ, що дозволяє виводити результати замірів в цифровій формі з похибкою перетворювача для одновалентних йонів $\pm 2,5\%$.

За результатами серій експериментів при очищенні води в аноксидних умовах в біореакторі-денітрифікаторі впродовж 45 хв., ефективність зниження концентрації нітратів в стічній воді, яка містить ПАР менше 1 мг/дм³, N-NO₃⁻ – 16,9 мг/дм³, складає 64% (рис. 4). Збільшення концентрації ПАР в стічній воді до 30 мг/дм³, за початкової концентрації N-NO₃⁻ 14,4 мг/дм³, призводить до пригнічення ефективності зниження нітратів у воді до 39%.

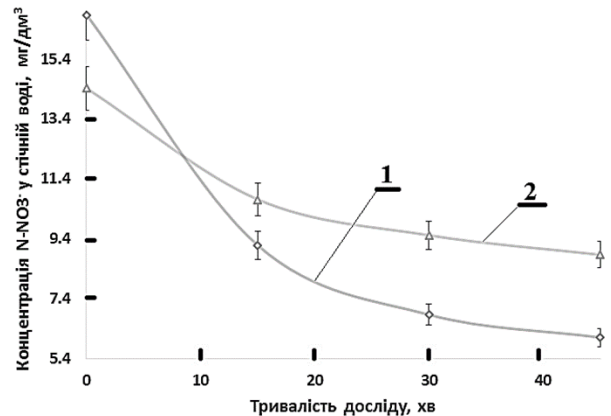


Рис. 4. Залежність концентрації N-NO₃⁻ від тривалості дослідження з очищення стічних вод в аноксидних умовах із перемішуванням мулової суміші при концентрації АПАР: 1 - <1 мг/дм³; 2 - 30 мг/дм³

Середня питома швидкість денітрифікації за концентрації АПАР в стічній воді менше 1 мг/дм³ складала 5,9 мгN-NO₃⁻/(г·год). Локальний максимум питомої швидкості денітрифікації впродовж серій експериментів був зафіксований на 15 хв. із значенням 16,8 мгN-NO₃⁻/(г·год) (рис. 5).

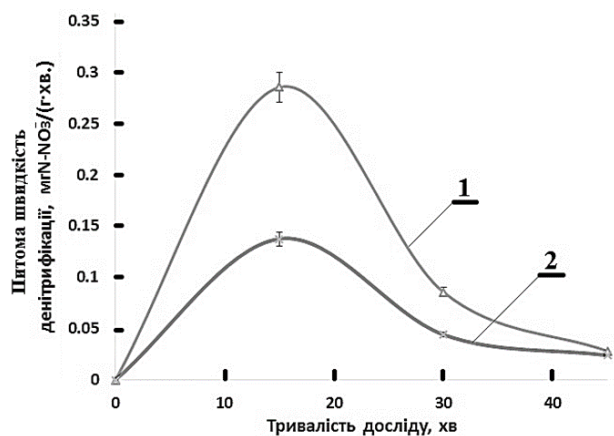


Рис. 5. Залежність питомої швидкості денітрифікації від тривалості дослідження з очищення стічних вод в аноксидних умовах із перемішуванням мулової суміші при концентрації АПАР: 1 - <1 мг/дм³; 2 - 30 мг/дм³

Підвищення концентрації АПАР в стічній воді до 30 мг/дм³ знижує середню питому швидкість

денітрифікації при біологічному очищенні стічних вод в аноксидних умовах до $3,1 \text{ мгN-NO}_3^-/(\text{г}\cdot\text{год})$. Локальний максимум процесу денітрифікації зафіксований із значенням $8,3 \text{ мгN-NO}_3^-/(\text{г}\cdot\text{год})$ на 15 хв. експерименту.

Висновки

В результаті виконаних експериментальних досліджень з впливу ПАР на процеси денітрифікації при біологічному очищенні міських стічних вод встановлено, що збільшення ПАР в стічній воді призводить до пригнічення процесів денітрифікації.

За результатами досліджень отримано залежності, що характеризують зміну концентрації нітратів при зміні концентрації ПАР в стічній воді від тривалості її перебування в аноксидних умовах.

При реалізації біологічного очищення стічних вод впродовж 45 хв. в дослідному біореакторі-денітрифікаторі в аноксидних умовах встановлено, що збільшення концентрації АПАР в стічній воді з 1 мг/дм^3 до 30 мг/дм^3 призводить до зниження середньої питомої швидкості денітрифікації на 48%.

Література

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. Henze, M., et al. (2013). *Wastewater Treatment: Biological and Chemical Processes*, Springer: Berlin, Heidelberg.
3. Саблій Л. А. Очищення стічних вод від сполук азоту/Л. А. Саблій, В. С. Жукова // Науковий вісник будівництва. Вип. 63. Харків : ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2011. – С.431-436.
4. 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.
5. Синельнікова А. В. Розробка біосорбційної технології глибокого вилучення поверхнево-активних і ароматичних речовин зі стічних вод [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.17.21 / А. В. Синельнікова; Нац. акад. наук України, Ін-т колоїд. хімії та хімії води ім. А. В. Думанського. – К., 2012. – 20 с.
6. Wiesmann, U., et al. (2007). *Fundamentals of Biological Wastewater Treatment*, Wiley.
7. Ma, Y., et al. (2004). Nitrogen removal influence factors in A/O process and decision trees for nitrification/denitrification system. *J. Environ. Sci. (China)*, 16(6): 901-907.
8. Machado, V. C., et al. (2015). Model-based control structure design of a full-scale WWTP under the retrofitting process. *Water Sci Technol*, 71(11): 1661-1671.
9. Torkaman, M., et al. (2015). Nitrogen removal from high organic loading wastewater in modified Ludzack-Ettinger configuration MBBR system. *Water Sci Technol*, 72(8): 1274-1282.

10. Yi, P., et al. (2010). Autotrophic nitrogen removal and enhanced biological phosphorus removal from municipal wastewater in a three-sludge system. *Chinese Journal Of Environmental Science*, 31(10): 2390-2397.
11. Grady, C. P. L., et al. (2011). *Biological Wastewater Treatment*, Third Edition, CRC Press.
12. Gray, N. F. (2004). *Biology of Wastewater Treatment*. Second edition. World Scientific Publishing.

References

1. Ministry of Regional Development, Construction, and Communal Living of Ukraine (2011). *National report on the state of drinking water and water supply*. Kyiv, 564
2. Henze, M., et al. (2013). *Wastewater Treatment: Biological and Chemical Processes*, Springer: Berlin, Heidelberg.
3. Sablii, L. A., & Zhukova, V. S. (2011). Wastewater treatment from nitrogen compounds. *Scientific Bulletin of building*, 63, 431-436.
4. Vasilenko, O. A., Polishchuk, O. V., & Vasilenko, L. O. (2014). The applying of the technology of biological wastewater treating from compounds of nitrogen and phosphorus in city treatment plants. *Ecological Safety and Environmental*, 15, 90-101.
5. Synelnikova, A. V. (2012). Development of technology of advanced biosorption removal of surfactants and aromatic compounds from wastewater. *Manuscript by specialty of 05.17.21 - Water Purification Technology*. A. V. Dumansky Institute of Colloid and Water Chemistry of National Academy of Sciences of Ukraine: Kyiv.
6. Wiesmann, U., et al. (2007). *Fundamentals of Biological Wastewater Treatment*, Wiley.
7. Ma, Y., et al. (2004). Nitrogen removal influence factors in A/O process and decision trees for nitrification/denitrification system. *J. Environ. Sci. (China)* 16(6), 901-907.
8. Machado, V. C., et al. (2015). "Model-based control structure design of a full-scale WWTP under the retrofitting process. *Water Sci Technol*, 71(11), 1661-1671.
9. Torkaman, M., et al. (2015). Nitrogen removal from high organic loading wastewater in modified Ludzack-Ettinger configuration MBBR system. *Water Sci Technol*, 72(8), 1274-1282.
10. Yi, P., et al. (2010). Autotrophic nitrogen removal and enhanced biological phosphorus removal from municipal wastewater in a three-sludge system. *Chinese Journal Of Environmental Science*, 31(10), 2390-2397.
11. Grady, C. P. L., et al. (2011). *Biological Wastewater Treatment*, Third Edition, CRC Press.
12. Gray, N. F. (2004). *Biology of Wastewater Treatment*. Second edition. World Scientific Publishing.

Автор: РОССІНСЬКИЙ Володимир Миколайович
Національний технічний університет України
«КПІ», Київ, кандидат технічних наук, докторант.
E-mail – wrossin@live.com

Автор: САБЛІЙ Лариса Андріївна
Національний технічний університет України
«КПІ», Київ, доктор технічних наук, професор.
E-mail – larisasabliy@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ПРОЦЕССЫ ДЕНИТРИФИКАЦИИ ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКЕ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД

В.Н. Россинский, Л.А. Саблій

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Киев

Глубокая биологическая очистка городских сточных вод предусматривает реализацию поэтапной обработки воды в биореакторах с аноксидными, аэробными условиями. Амфифильные ксенобиотики группы поверхностно-активных веществ, являющихся мембранотропными веществами, влияют на микроорганизмы активного ила и на эффективность очистки сточных вод от органических загрязнений. В рамках исследования авторами изучено влияние поверхностно-активных веществ на процессы денитрификации в аноксидных условиях. Получены зависимости скорости денитрификации в биореакторах с аноксидными условиями при изменении концентрации поверхностно-активных веществ в сточной воде.

Ключевые слова: *поверхностно-активные вещества, денитрификация, активный ил, очистка, технология, сточные воды, кинетика, концентрация.*

EFFECT OF SURFACTANTS ON DENITRIFICATION PROCESS IN BIOLOGICAL MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT

V.M. Rossinskyi, L.A. Sablii

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

The biological nutrient removal is realized by wastewater treatment in anoxic, aerobic bioreactors. The amphiphilic xenobiotics groups of surfactants with membranotropic properties are affected on the activated sludge microorganisms and wastewater treatment efficiency from organic contaminants. In this article, the authors studied the effect of surfactants on denitrification in wastewater anoxic conditioning. The dependencies of denitrification kinetics in anoxic bioreactors by varying the concentration of surfactants in wastewater are determined. The increasing concentrations of surfactants in wastewater to 30 mg/l leads to a delay the moment of flotation of activated sludge to 60% in anoxic conditions without mixing of activated sludge. The increasing the concentration of surfactants in wastewater to 30 mg/l leads to lower average specific denitrification rate by 48% is determined according to the results of experiments in dynamic conditions.

Keywords: *surfactants, denitrification, active sludge, treatment, technology, wastewater, kinetics, concentration.*