

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ШКІРЯНОГО ЗАВОДУ ВІД СПОЛУК АЗОТУ ЗА ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ

Гриневич А.О.¹, Саблій Л.А.¹, Бунчак О.М.²

¹КПІ ім. Ігоря Сікорського, abarabaha@gmail.com

²ТзОВ «Світ шкіри»

Abstract

Study aims to optimize tannery wastewater treatment, focusing on nitrogen compound removal via computer modeling. Optimal parameters include nitrate removal 400% and air consumption 20,800 m³/day, potentially saving 50% energy. Expected outlet indicators: ammonium nitrogen – 0.1 mg/dm³ (inlet – 265.5 mg/dm³), nitrites – 0.01 mg/dm³, nitrates – 10.0 mg/dm³, meeting discharge regulations into the Gerinya River, Dniester basin.

Keywords: *wastewater treatment, biotechnology, tannery, industrial wastewater, modeling, anaerobic-aerobic method*

Вступ. На цей час ефективно очищення стічних вод у шкіряній промисловості потребує застосування складних дороговартісних технологій. Це пояснюється високим вмістом забруднювальних речовин різної природи, що потрапляють у стічні води в результаті виробництва шкіри: вовна та інші завислі речовини, жири, білки, дубителі, сульфіді, солі (хлориди, сульфати), а також сполуки азоту. Тож, для забезпечення високої ефективності видалення сполук азоту важливо використання технологій, які включають процеси нітрифікації та денітрифікації [1-2]. У цьому контексті належне управління, включаючи регулювання витрат нітратного потоку, повітря на аерацію дасть змогу суттєво зменшити концентрацію амонійного азоту та нітратів в очищеній воді, забезпечуючи високий рівень очищення від цих сполук та дотримання екологічних норм скиду очищеної води у водний об'єкт.

Метою роботи є оптимізація технологічних параметрів біологічного очищення стічних вод шкіряного заводу від сполук азоту за допомогою методів комп'ютерного моделювання.

Матеріали та методи. Визначення показників якості стічної води на очисній станції шкірзаводу: ХСК, завислі речовини, амонійний азот, нітрати, нітрити, розчинений кисень, рН – проводили на заводі ТзОВ «Світ Шкіри», відповідно до стандартних методик [3]. Моделювання було здійснено, використовуючи програму GPS-X Hydromantis. Софт використовує комплексну біохімічну модель активного мулу Mantis2, яка дає змогу аналізувати різні конфігурації очисних установок для біологічного видалення БСК, сполук азоту та фосфору тощо [4].

Результати та обговорення. Основні технологічні параметри роботи очисної станції шкірзаводу було визначено у попередньому дослідженні [5].

Стадія біологічного очищення виконана за технологією анаеробно-аеробного очищення з поверненням нітратного потоку з кінця аеротенка в анаеробну зону. Використовуючи ці дані, було проведено інформаційне моделювання для визначення оптимальних параметрів роботи очисної станції. Першим кроком було створення моделі ділянки технології, що включає біологічне очищення та вторинне відстоювання, що імітує споруди очисної

станції заводу з виробництва шкіри ТзОВ «Світ шкіри», після чого було встановлено ключові параметри для кожної споруди та параметри для освітленої стічної води з флотатора. Також були налаштовані операційні параметри аеротенку і вторинного відстійника.

У роботі було обрано величину нітратного рециклу та витрату повітря, як ключові параметри. Вихідні значення цих параметрів (фактичні на очисній станції) становлять, відповідно, 300% та 40800 м³/добу. Для визначення оптимальної витрати повітря було проведено ряд симуляцій зі зміною цього параметру: 40800, 30800, 20800 та 15800 м³/добу (рис. 1).

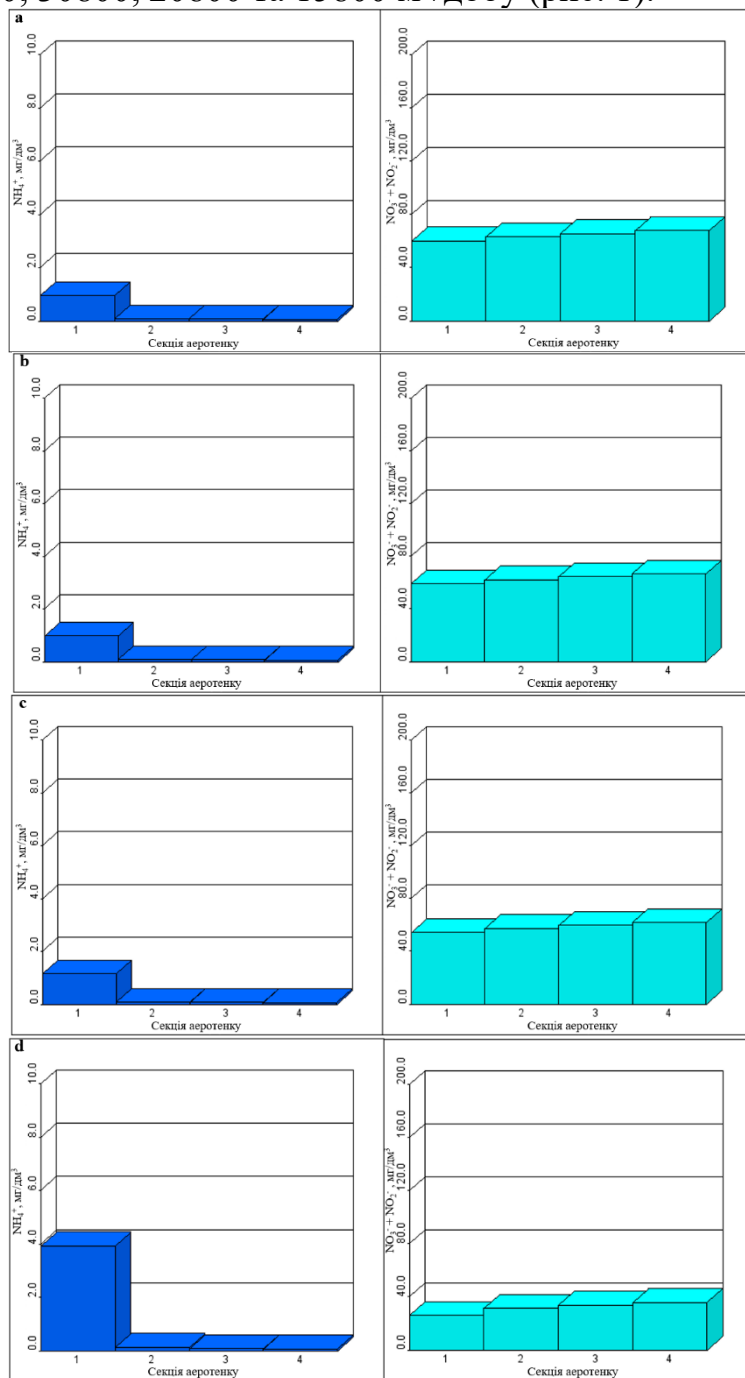


Рис. 1. Динаміка зміни концентрації амонійного азоту та суми нітриту та нітрату у зонах аеротенка 1-4 за витрати повітря: а – 40800 м³/добу; б – 30800 м³/добу; в – 20800 м³/добу; г – 15800 м³/добу.

Аналізуючи результати моделювання за різними сценаріями, можна зробити висновок, що зниження витрати повітря в аеротенках має незначний вплив на концентрацію амонійного азоту. Визначено оптимальне значення – 20800 м³/добу, за якого не спостерігається значимого зростання показника ХСК в очищеній стічній воді, проте спостерігається незначне зниження вмісту нітрату.

Для визначення оптимального значення нітратного рециклу, необхідно врахувати баланс між забезпеченням достатньої кількості нітратів для процесу денітрифікації в аноксичних зонах та уникненням надмірного розбавлення стічної води. Встановлене значення нітратного рециклу в 300% від добової витрати, або 240 м³/добу, є точкою відліку для оптимізації.

Проведено дві симуляції, в яких витрату рециклу, відповідно, збільшено та зменшено на 80 м³/год (рис. 2).

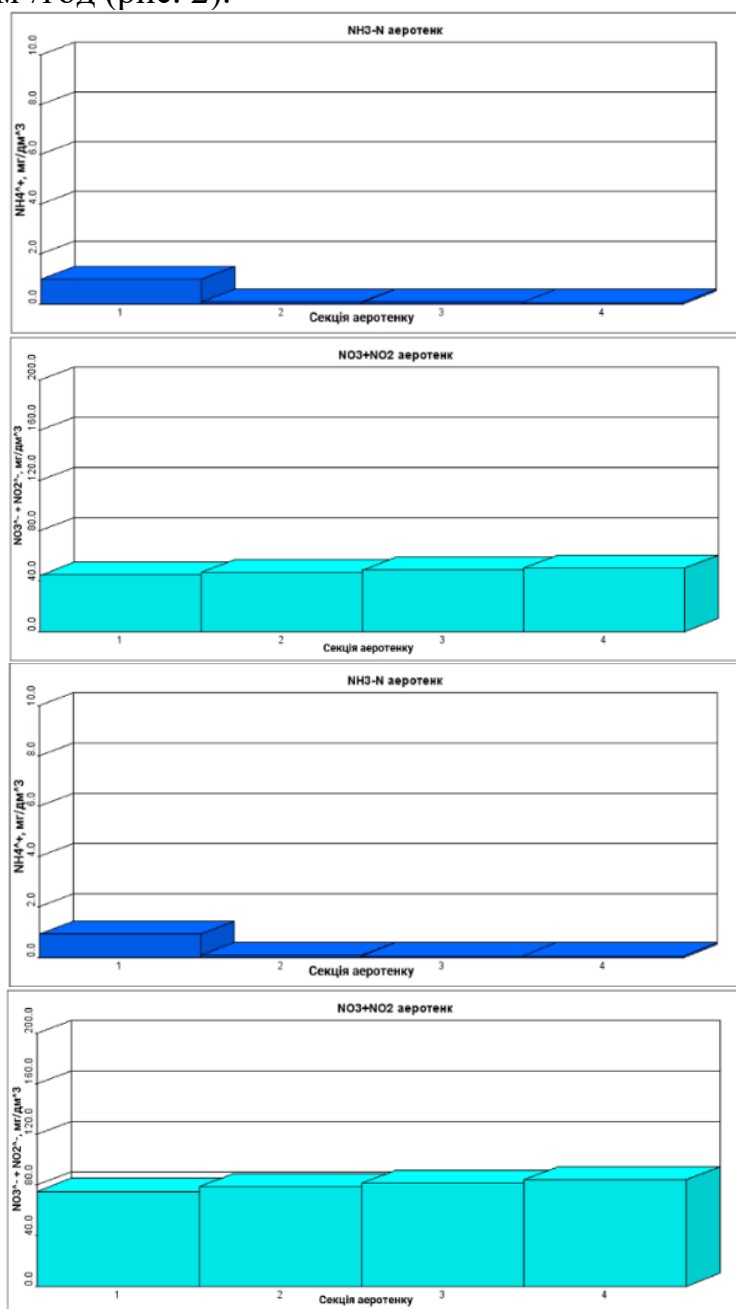


Рис. 2. Динаміка концентрацій амонійного азоту та суміші нітратів і нітритів на виході із секцій аеротенка при значенні нітратного рециклу: а – 400%, б – 200%.

За значення рециклу у 400% отримані показники очищеної стічної води становлять: амонійний азот – 0,1 мг/дм³, нітрати – 50 мг/дм³.

Тоді як для витрати нітратного рециклу 200%, отримані показники очищеної стічної води становлять: амонійний азот – 0,1 мг/дм³, нітрати – 84,2 мг/дм³.

З графіка видно, що регулювання витрати нітратного рециклу має безпосередній вплив на концентрацію нітратів у очищеній воді, вказуючи на ефективність денітрифікаційних процесів. Збільшення рециклу сприяє більш ефективному видаленню нітратів, в той час як зниження рециклу веде до їх накопичення.

Однак, оскільки рівень амонійного азоту залишається стабільним в обох сценаріях, це вказує на ефективне видалення амонію незалежно від обсягу нітратного рециклу.

Тож, для забезпечення поглибленого видалення нітратів зі стічних вод варто обрати величину рециклу – 400%, тобто витрату – 320 м³/добу. Підвищення значення нітратного рециклу збільшує споживання електроенергії рециркуляційним насосом, проте, порівнюючи з повітродувкою, підвищення витрат коштів на експлуатацію незначне.

Висновки. Враховуючи експериментально визначені показники роботи діючих очисних споруд шкірзаводу, визначено оптимальні технологічні параметри біологічного очищення від сполук нітрогену: нітратний рецикл з аеротенка в аноксидну зону – 400% та витрата повітря від повітродувки на аерацію аеротенка – 20800 м³/добу.

Впровадження отриманих оптимальних параметрів забезпечує економію електроенергії на аерацію в аеротенку до 50% та високий ступінь очищення стічних вод за показниками на виході з аеротенка: азот амонійний – 0,1 мг/дм³ (на вході – 265,5 мг/дм³), нітрити – 0,1 мг/дм³; нітрати – 20 мг/дм³, які задовольняють нормативні вимоги до скиду в річку Гериня басейну Дністра.

Список використаної літератури:

1. Zhao C., Chen W. A review for tannery wastewater treatment: some thoughts under stricter discharge requirements. *Environmental Science and Pollution Research*. 2019. Vol. 26, no. 25. P. 26102–26111. URL: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05699-6>
2. Anthony D. Covington, William R. Wise. Current trends in leather science. *Journal of Leather Science and Engineering*. 2020. Vol. 2, no. 28. P. 1–9. URL: <https://doi.org/10.1186/s42825-020-00041-0>.
3. Саблій Л., Козар М., Жукова В. Біотехнології очищення води. Лабораторний практикум. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 53 с.
4. Mu'azu N. D., Alagha O., Anil I. Systematic Modeling of Municipal Wastewater Activated Sludge Process and Treatment Plant Capacity Analysis Using GPS-X. *Sustainability*. 2020. Vol. 12, no. 19. P. 8182. URL: <https://doi.org/10.3390/su12198182>
5. Гриневич А. О., Саблій Л. А., Бунчак О. М. Аналіз показників біологічного очищення стічних вод шкіряного заводу з глибоким видаленням сполук азоту. Чиста Вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти : Матеріали VIII Міжнар. науково-практ. конф., присвяч. 125 річчю з дня заснування КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, 9–10 листоп. 2023 р. Київ, 2023. С. 62–64.