

концентрація аммонійного азота. Освоєння азота аммонія без протекання процесів нітрифікації в свою чергу зменшує концентрації нітритів і нітратів в сточних водах.

Таким образом, розроблена експериментальна установка біологічної очистки сточних вод молокозавода забезпечує ефективне зниження концентрації азота в одному спорудженні. Благодаря цьому значительно сокращаются земельные площади под размещение локальных очистных сооружений и удешевляется технология очистки сточных вод на предприятии.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Трунов П.В., Лукин С.В., Благодарная Г.И., Шевченко А.А. *Технология обработки высококонцентрированных сточных вод молокоперерабатывающих предприятий // Науковий вісник будівництва.* –ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2010. – № 60. – С. 226-229
2. Горбань Н., Школьник Е., 1995. *Использование иммобилизованных микроорганизмов для повышения эффективности*
3. *очистки сточных вод: Химия и технология воды.* – Киев. - №4. – С. 444-448.
3. Эпоян С.М., Лукашенко С.В. *Применение эластичного пенополиуретана для очистки жиродержащих сточных вод мясомолочной промышленности // Науковий вісник будівництва.*- Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 1999.- Вип. 6.- С. 148-151.
4. Залетова Н.А. *Очистка городских сточных вод от биогенных веществ: Автореф. дис. д-р техн. наук.* - М., 1999. – спец. - 05.23.04. – 20с.
5. Эпоян С.М., Горбань Н.С., Фомин С.С. *Анализ существующих методов очистки сточных вод // Науковий вісник будівництва.*- Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2010. – Вип. 57. – С. 393 – 398.
6. Малдер, А., ван де Грааф, А.А., Робертсон, Л.А. и Куенен, Дж.Ж. (1995). *Анаэробное окисление аммония, обнаруженное в денитрифицирующем реакторе с кипящим слоем.* *FEMSMicrobiologyEcology*, 16,177-184.
7. Малдер, А. (2003). *Поиск технологий устойчивого удаления азота.* *Wat. Sci. Technol.*, 48(1), 67-75.

УДК 628.35

**Горносталь С.А., Петухова О.А.**

*Національний університет цивільного захисту України, м. Харків*

### АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД

В даний час важливою науково-технічною проблемою є захист водойм від потрапляння в них органічних та мінеральних забруднень. Джерелом таких забруднень є комунальні та промислові стічні води, що утворюються в результаті технологічних процесів виробництва, переробки продукції та у процесі життєдіяльності людей [1]. Вивчення особливостей процесу біологічного очищення стічних вод в системі «аеротенк – вторинний відстійник», впливу різних факторів на якість очищення стічних вод, наукове обґрунтування та розробка методів підвищення ефективності біологічного очищення стічних вод є завданням актуальним та своєчасним [2-4]. Для опи-

сання процесів, що відбуваються при біологічному очищенні стічних вод, використовується математичне моделювання [5-6]. Однак запропоновані раніше моделі не повністю враховують конструктивні особливості існуючих споруд і потребують подальшого розвитку та удосконалення.

Метою даного дослідження є перевірка адекватності запропонованої авторами моделі процесу біологічного очищення [7-8] процесам, що відбуваються в системі споруд «аеротенк – вторинний відстійник», шляхом порівняння результатів експериментальних вимірювань та теоретичних розрахунків.

Для досягнення поставленої мети було проведено експериментальне дослі-

дження, в ході якого вимірювались відповідні показники роботи споруд біологічного очищення. Експеримент проводився у відповідності з теорією планування та обробки результатів експерименту [9]. Для визначення концентрації забруднень в очищеній воді на виході зі споруд біологічного очищення, необхідно визначити значення концентрації забруднень в стічних водах, що надходять на очищення в аеротенк, по органічних речовинах, витрату стічних вод, а також концентрацію компонентів активного мулу. З аналізу даних лабораторних досліджень за зазначеними параметрами визначені межі варіювання факторів, які впливають на зміну концентрації забруднень в очищених водах на виході зі споруд біологічного очищення після змішування активного мулу та стічних вод.

При проведенні експерименту була використана стандартна план-матриця, яка відповідає центральному композиційному рототабельному плану другого порядку. Визначення коефіцієнтів моделі, перевірка їх значущості проводилася за стандартною методикою [9]. В результаті математичної обробки експериментальних даних встановлена емпірична залежність концентрації забруднень в очищеній воді на виході зі споруд біологічного очищення від дози мулу та від концентрації забруднень в стічних водах, що поступають на очищення, та від їхніх витрат:

$$y_2 = 0,01657 + 0,00237x_3 - 0,00279x_4 - 0,00025x_5 - 0,00031x_3^2 - 0,00044x_4^2 - 0,00048x_5^2 - 0,00028x_3x_4 + 0,00037x_3x_5 + 0,00052x_4x_5; \quad (1)$$

Перевірка адекватності отриманої моделі (1) здійснювалася за критерієм Фішера. Дисперсія адекватності становить  $S_{ад}^2 = 1,6836 \cdot 10^{-6}$ , значення критерію Фішера ( $F=5.00$ ), його критичне значення ( $F_{кр}=5.05$ ) [9]. Очевидно, що  $F < F_{кр}$ , тобто модель є адекватною реальним процесам в рамках прийнятих умов та припущень. Вплив параметрів на зміну концентрації забруднень на виході зі споруд біологічного очищення показано на рис. 1-2.

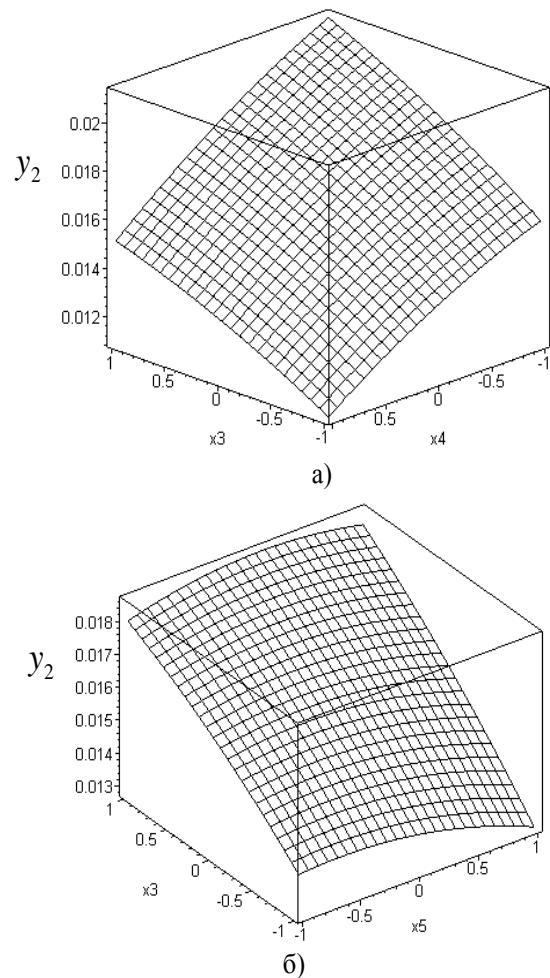


Рис. 1 - Зміна концентрації забруднень в очищеній воді ( $y_2$ ) в залежності від: а) витрати стічних вод ( $x_3$ ) і концентрації забруднень в стічних водах, що надходять на очищення ( $x_4$ ); б) витрати стічних вод ( $x_3$ ) та дози мулу по масі ( $x_5$ )

При збільшенні концентрації забруднень в стічних водах ( $x_4$ ) концентрація забруднень на виході зменшується, що можна пояснити тим, що недостатня кількість забруднень в стічних водах не забезпечує приросту активного мулу, який і є споживачем забруднень. З рис. 1-б видно, що більший вплив на результат надає витрата стічних вод ( $x_3$ ), при цьому вплив дози мулу ( $x_5$ ) у порівнянні з впливом витрати стічних вод незначний.

Нами були також проведені розрахунки по запропонованій моделі [8] в тих же межах зміни параметрів. Отримані результати наведені на рис. 2.

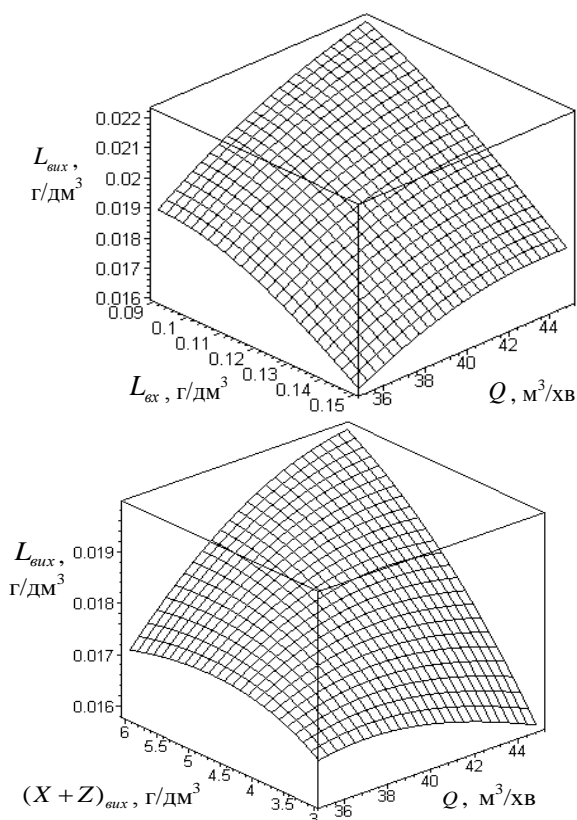


Рис. 2 - Зміна концентрації забруднень  $L_{вих}$  в очищених стічних водах в залежності від: а) концентрації забруднень  $L_{вх}$  і витрати стічних вод  $Q$ ; б) дози мулу  $(X+Z)_{вих}$  і витрати стічних вод  $Q$

Аналізуючи результати на рис. 2-а, бачимо що аналогічно результатам на рис. 1-а, при збільшенні витрати стічних вод відбувається збільшення концентрації забруднень на виході зі споруд. Порівняння результатів (рис. 2-б), отриманих при розрахунку за рівнянням (1), і результатів (рис. 1-б), отриманих за моделлю показало, що розбіжність в описанні зміни відповідних параметрів цими моделями не перевищує 10%. Отже, запропонована математична модель є адекватною реальним процесам в рамках прийнятих умов і припущень.

Таким чином, використання запропонованої моделі дозволяє дослідити вплив окремих факторів на протікання процесу очищення та обрати такий режим роботи, при якому на виході зі споруд буде досягнута концентрація забруднень по органічним речовинам, яка не перевищує гранично допустимого значення. Це дозво-

лить істотно поліпшити стан водойм, в які скидаються стічні води після очищення в системі споруд «аеротенк – вторинний відстійник».

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гіроль А.М. Актуальність та методи доочищення стічних вод / А.М. Гіроль // Науковий вісник будівництва. – 2012. – Вип. 68. – С.261-266.
2. Епоян С.М. Технологія очистки стічних вод що скидаються у водні об'єкти від сполук азоту / С. М. Епоян, С. С. Фомін, Н.С. Горбань, М. М. Аскретков, Н.Ю. Ревякіна // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2008. – Вип. 50. – С.139-146.
3. Юрченко В.А. Опыт повышения энергоэффективности работы очистных сооружений канализации / В.А. Юрченко, А.В.Смирнов, М.А.Есин // Комунальне господарство міст. - Х.: ХНАМГ. – 2013. - Вип. 107. - С. 176-183.
4. Грицина О.О. Визначення констант рівняння нітрифікації стічних вод. // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – Рівне. – 2011. – Вип. 1(53). Техн. науки. – С. 95-101.
5. Панкратова С.А. Математическое моделирование и управление качеством сточных вод / С.А. Панкратова, В.М. Емельянов, А.С. Сироткин, М.В. Шулаев // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – № 6. – С. 76-85.
6. Смирнов Н.В. Математическое моделирование процесса биологической очистки сточных вод. // Ярославский педагогический вестник. – 2012. – Т.3. – № 3. – С.44-49.
7. Горносталь С.А. Описание процессов, происходящих в системе аэротенк – вторичный отстойник, и их физическое моделирование / С.А. Горносталь, А.П. Созник // Комунальное хозяйство городов. Серия: Техн. науки и архитектура. – Киев: Техника – 2008. – Вып.81. – С. 133-139.
8. Горносталь С.А. Исследование процесса биологической очистки сточных вод в системе «аэротенк – вторичный отстойник» / С.А. Горносталь // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – Белгород. – 2013. – № 4. – С. 164-167.
9. Сидняев Н.И. Введение в теорию планирования эксперимента. / Н.И. Сидняев, Н.Т. Вилисова // М.: МГТУ им. Баумана, 2011. – 463 с.