

ЗАСТОСУВАННЯ ЕМ-ПРЕПАРАТІВ ЯК ОДНОГО З МОЖЛИВИХ МЕТОДІВ ДООЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ПІДПРИЄМСТВА ПИВОВАРІННЯ ВІД НІТРАТІВ

Трохименко Г.Г., Магась Н.І., Ахмедова В.Р.

Національний університет кораблебудування імені адм. Макарова
пр. Героїв України, 9, 54025, м. Миколаїв

nataly.magas@gmail.com

antr@ukr.net

veronika.akhmedova@gmail.com

У роботі проведено аналіз ступеня очистки стічних вод підприємства «САН Ін БЕВ Миколаїв» за різними компонентами на усіх етапах очищення. Досліджено препарати на основі ефективних мікроорганізмів. Визначено ефективність використання ЕМ-препарату «Тамір» для доочищення стічних вод від нітратів. *Ключові слова:* методи очищення стічних вод, органічне забруднення, ефективні мікроорганізми, очисні споруди.

Применение эм-препаратов как одного из возможных методов доочистки сточных вод пивоваренного предприятия от нитратов. Трохименко А.Г., Магась Н.И., Ахмедова В.Р. В работе приведена оценка анализа степени очистки сточных вод предприятия «САН Ин БЕВ Николаев» по разным компонентам на всех этапах очистки. Исследовано препараты на основе эффективных микроорганизмов. Определена эффективность применения ЭМ-препарата «Тамир» для доочистки сточных вод от нитратов. *Ключевые слова:* методы очистки сточных вод, органическое загрязнение, Эффективные микроорганизмы, очистные сооружения.

Application of em-products as one of the possible methods of brewery waste water from the nitrates. Trokhymenko H., Mahas N., Akhmedova V. The paper shows the evaluation of wastewater purification degree on enterprise "SUN In Bev Nikolaev" in different components at all stages of treatment. Was studied effective microorganisms-preparations. Was determined the efficiency of EM-preparation "Tamir" for wastewater cleaning from nitrates. *Key words:* methods of waste water treatment, organic pollution, effective microorganisms, sewage treatment plants.

Постановка проблеми. Одна з найбільш нагальних проблем України – забруднення водного басейну. Значна частина українців нині споживає неякісну питну воду. Головною причиною цього є антропогенне забруднення водойм [1]. Досить гострою проблемою є надмірна концентрація нітратів у поверхневих та підземних водах. Нітрати у концентраціях, що перевищують норми, є небезпечними як для водозабезпечення населення, так і є причиною незворотних негативних процесів біоценозів водойм. Міські каналізаційні системи низької потужності, застарілі, тому більшою мірою не справляються з сучасним навантаженням. Способи очищення на комунальному підприємстві міста не розраховані на сьогоднішні об'єми та концентрації забруднювачів. Отже, проблема видалення нітратів як основного показника, що перевищує норми ГДС, є надзвичайно актуальною, особливо для підприємства такої галузі, як пивоваріння [1; 2].

Актуальність дослідження та зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Стічні води підприємств харчової промисловості відрізняються високими концентраціями органічних забруднень (жири, білки тощо). Для таких вод характерні високі рівні забруднення органічними речовинами (ХСК до 5–7 тис. мг/л), зважених часток (до 2 тис. мг/л) та інших забруднювачів. Скид таких стічних вод у кана-

лізаційні системи недопустимий [3; 4]. Дуже гостро ця проблема стоїть для підприємств, що споживають воду у великих кількостях для власних потреб. Об'єм стічних вод, що утворюються в процесі виготовлення пива (від промивки обладнання, та інших операцій), на сучасному пивоварному заводі становить, як правило, 4–7 л на 1 л виготовленого пива [5; 6].

Підприємство «САН Ін Бев Миколаїв» – лідер пивоваріння в країні постійно оновлює обладнання з метою вдосконалення. Незважаючи на те, що система водочиснення розроблялася та будувалася за сучасними нормами та вимогами, концентрація нітратів при скиді у міську систему каналізації є досить високою. Отже, пошук методів видалення сполук азоту з мінімальною шкодою для середовища є надзвичайно актуальним [7].

Наведені у статті матеріали є результатами досліджень, виконаних авторами відповідно до державних науково-технічних програм та напрямів розвитку науки і техніки, які були відображені у таких документах: загальнодержавній «Програмі розвитку водного господарства» до 2013 р., «Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 р.», регіональній програмі «Розвиток водного господарства Миколаївської області на період 2013 – 2021 рр.» та інших нормативно-законодавчих документах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основні недоліки сучасних методів очищення води від нітратів [1]:

- каталітичне хімічне відновлення – використання спеціальних органічних відновників, що робить процес дорожчим та може сприяти повторному забрудненню води;
- при адсорбційному очищенні води утворюється велика кількість твердих відходів, метод є низько ефективним;
- у результаті відновлення нітратів електролізом утворюються токсичні сполуки – нітрити та аміак;
- для методу очищення води іонним обміном треба досконально вивчити процеси регенерації іонітів при очищенні від біогенних сполук, хоча він є одним із найефективніших;
- при електродіалізі та зворотньому осмосі існує проблема утилізації концентратів;
- біологічний метод є достатньо широко застосовуваним, однак із ним часто виникають складнощі, як і на цьому підприємстві міста Миколаєва;
- серед біотехнологічних методів очищення, використання ЕМ-препаратів для видалення нітратів досі мало досліджувалось (ЕМ – ефективні мікроорганізми). Основний недолік – специфічні умови використання, проте метод є одним із найдешевших та найпростіших [2; 4].

Це досить нова японська технологія, яка отримала визнання і серйозно впроваджується як частина своєї національної політики в багатьох країнах світу [8–10].

ЕМ-препарат являє собою концентрат у вигляді рідини. Виробництво його здійснюється у великих ємностях як результат культивування більш ніж 80 видів мікроорганізмів. Відібрані мікроорганізми належать до 10 видів, своєю чергою, представляють 5 родин і включають як аеробні, так і анаеробні різновиди. Це одна з відмінностей препарату. ЕМ є продуктом співіснування двох груп мікроорганізмів із протилежними умовами життєдіяльності (кисневе та безкисневе середовище).

Базовим препаратом групи ЕМ є препарат «Байкал ЕМ-1», який рекомендований для очищення каналізаційних стоків та компостування органічного осаду. Поряд із базовим препаратом «Байкал ЕМ-1» створений інший біопрепарат «Тамір», який протягом останніх років почали використовувати для очищення стічних вод [11].

Метою статті є визначення ступеня очищення стічних вод підприємства «САН Ін БЕВ Миколаїв» від сполук азоту на різних етапах процесу біологічного очищення та аналіз можливості застосування технології ефективних мікроорганізмів для доочищення води.

Виклад основного матеріалу. Локальні очисні споруди біологічної очистки призначені для очищення виробничих і побутових стоків Миколаївського відділення ПАТ «САН Ін Бев Миколаїв» і забезпечення нормативних показників стоків для відведення в міські каналізаційні мережі.

Режим роботи очисних споруд – цілодобовий. Число робочих днів у році – 365. Кількість змін – 3. Кількість обслуговуючого персоналу – 3 людини в зміну. Проектована продуктивність очисних споруд становить 4950 м³/добу. Гарантований склад стоків після очистки для скидання в міську каналізацію:

- ХСК <600 мгО₂/дм³;
- БСК <240 мгО₂/добу;
- зважені речовини <318 мг/л;
- нітрит <0,9 мг/дм³;
- азот амонійний <20 мг/дм³;
- нітрати <28,0 мг/дм³;
- РН 6,5–9,0, що відповідає нормативам та дає змогу скидати стоки в міську каналізацію.

Технологічна схема очищення стічних вод розроблена і представлена фірмою «CUSS» (Німеччина).

До складу очисних споруд входять: каналізаційні насосні станції, барабанні фільтри, резервуар-зосереджувач, нейтралізатор, тонкошарові відстійники, метан реактор, аеротенк, мулоушільнювач, повітродувки, устаткування для приготування розчинів реагентів, склади реагентів і вапна, виробнича будівля, будівля вузла очищення біогазу, котельня (рис. 1).

Незважаючи на це, на підприємстві існує проблема забруднення стічних вод нітратами, що призводить до значних витрат на доочищення на міських каналізаційних системах.

Сполуки азоту надходять на очисні споруди пивзаводу переважно у вигляді амонійного азоту, азоту нітратів, азоту нітритів і азоту, зв'язаного в органічних сполуках.

Співвідношення масових концентрацій різних форм азоту постійно змінюється і залежить від стадії переробки стічних вод. Зміна складу відбувається також у процесі транспортування стічних вод на міські очисні споруди.

Велика кількість нітратів (до 50 мг/л і вище) утворюється шляхом перетворення амонійного азоту в процесі нітрифікації.

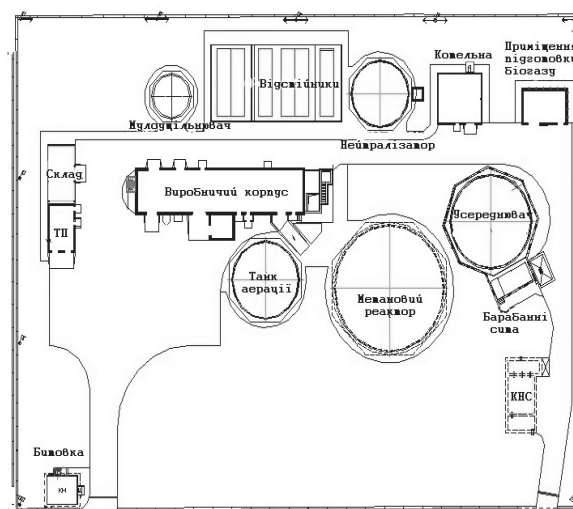


Рис. 1. Схема очисних споруд підприємства

Вміст органічного азоту в стічних водах не є постійною величиною. При надходженні стічних вод вміст органічного азоту може сягати 50–70% сумарної кількості сполук азоту, а в результаті процесів, що протікають при транспортуванні, на виході частка органічного азоту знижується до 10–15% [5].

Матеріали та методи дослідження. Як метод технологічного контролю вмісту нітратів застосовували фотометричне визначення (з саліцилатом натрію). Може використовуватись колориметричний метод із тестовим комплектом. В обох випадках визначенню заважає присутність в аналізованій пробі забарвлених речовин, а також нітрит-іона. Вимірювання нітрит-іона при технологічному контролі, як правило, не є обов'язковим, адже вміст його у стічних водах незначний. За необхідності визначення масових концентрацій нітрит-іона проводять за методикою з реактивом Грісса [13].

Загальний азот (неорганічний) визначається як сума сполук азоту в формі амоній-, нітрат- і нітрит-іона. Хімічні методи визначення неорганічного азоту відсутні, значення цього показника розраховувалось математично як сума азоту амонійного, азоту нітратів і азоту нітритів [7]. Загальний азот аналітично визначався методом каталітичного окислення різних форм азоту до оксидів за методикою вимірювань, представленої у ДСТУ ISO 6778:2003 Якість

води. Визначення амонію. Потенціометричний метод (ISO 6778-1984, IDT) [13].

Аналіз вмісту загального азоту проводили за методом К'ельдаля (сума органічно пов'язаного азоту і амонійного азоту) з подальшим застосуванням титриметричного і фотометричного методів [7].

Виклад основного матеріалу. Заміри концентрації азотних груп у стічних водах підприємства проводились протягом трьох місяців 2016 р. Результати представлені далі на графіках.

Найбільша концентрація нітратного азоту після стадії аеробного очищення (рис. 2).

Концентрація загального азоту найбільша в зосереджувачі та анаеробному реакторі (рисунок 3).

Найвищий рівень амонійного азоту після анаеробного реактора, що видно на рисунку 4.

У стічних водах вміст нітрит-іонів незначний (здебільшого менше 1 мг/л), адже нітрит-іон зазвичай не утворює стабільних азотних зв'язків і з'являється на очисних спорудах як «проміжна фаза» при переході до нітрат-іона (рис. 5).

Для проведення дослідів з очищення стічних вод ЕМ-препаратами використовувався робочий розчин, що виготовився з концентрату «Тамір». Першою стадією виготовлення робочого розчину є підготовка препарату для активації – у розведенні 1:100. Після активації мікроорганізмів для очищення стічних вод ступінь

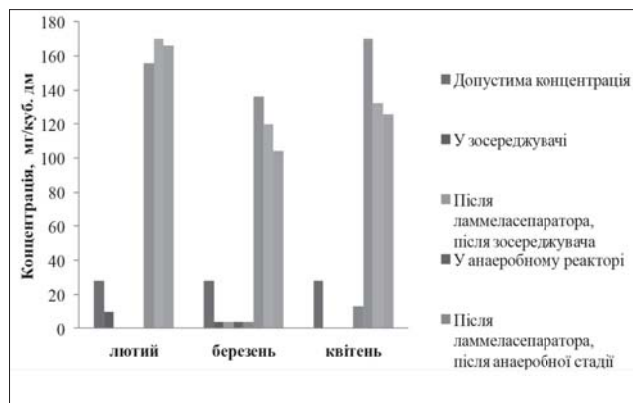


Рис. 2. Концентрація нітратного азоту на різних стадіях процесу очищення води

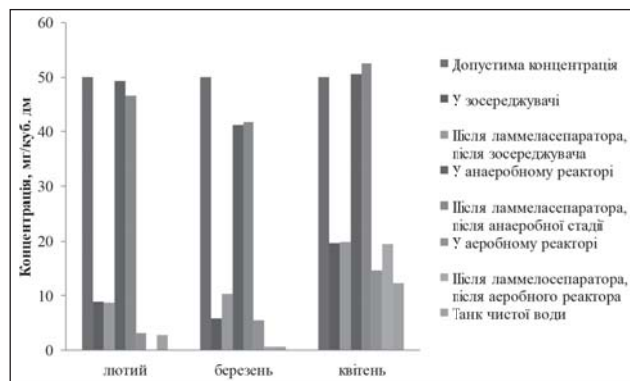


Рис. 4. Концентрація амонійного азоту на різних стадіях процесу очищення води

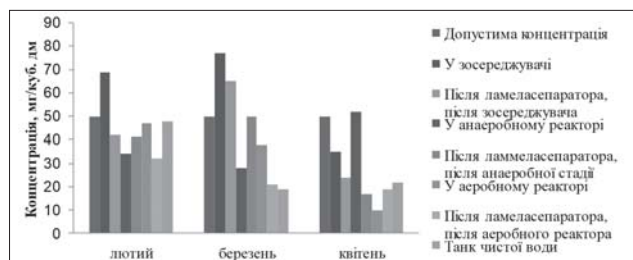


Рис. 3. Концентрація загального азоту на різних стадіях процесу очищення води

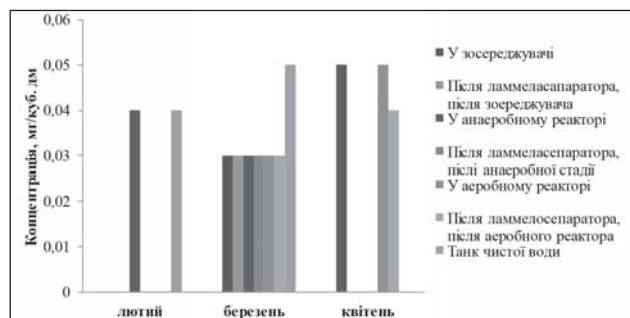


Рис. 5. Концентрація нітритів на різних стадіях процесу очищення води

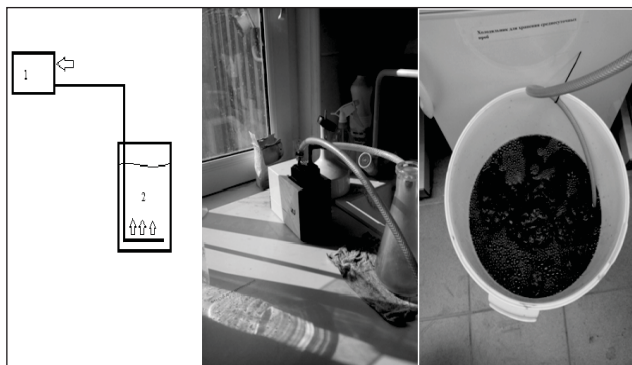


Рис. 6. Установка для проведення експерименту:
1 – компресор, 2 – ємність для проведення дослідження з придонною аерацією

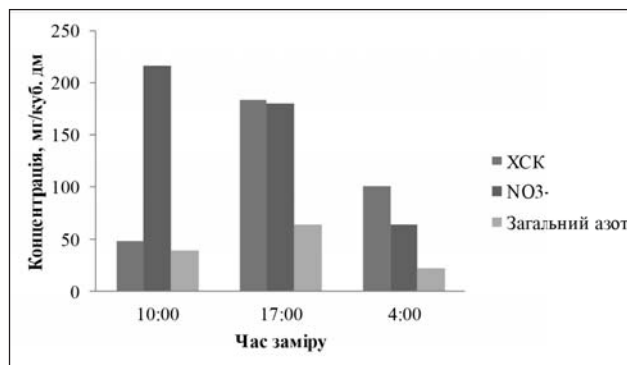


Рис. 7. Зміна концентрації азотних сполук при використанні ЕМ-препарату «Тамір»

розведення розчину має бути 1:800. При проведенні експерименту робочий розчин у розведенні 1:800 використали для очищення 20 л води, взятої безпосередньо з аеротенку. Рекомендоване дозування робочого розчину 100 мл на 1 л води, що очищується [6; 14; 15].

Для точності отриманих результатів дослідження проводили в умовах, максимально наближених до реальних. Було створено ємність із примусовою придонною аерацією за допомогою компресора за розкладом 30 хвилин роботи – 30 хвилин простою. Тривалість експерименту – 14 годин, оскільки, залежно від навантаження заводу та сезону, рідина у початковому тенку стоїть від 1 години до 1 доби.

За результатами аналізу (рис. 7) можна стверджувати, що цей препарат є дієвим для видалення нітратів, що видно зі стрімкого зниження рівня NO₃⁻, проте, підвищення показника ХСК означає, що відбувається конкуренція за субстрат та активне поглинання кисню, тобто симбіотичні мікроорганізми препарату конфліктують із мікроорганізмами активного мулу, який використовується на цій станції водоочищення, навіть відбувається його часткове пригнічення. Незважаючи на зниження рівня нітратів у стічних водах, впровадження ЕМ-технології на підприємстві «Сан Ін Бев Миколаїв» є недоцільним при наявній системі водоочищення або потребує будівництва додаткових вузлів системи. Можливо, більш ефективним для вирішення проблеми доочищення стічних вод даного підприємства стане використання іонітів та очищення під час застосування

методу іонного обміну [16; 17], що і стало наступним етапом наших досліджень.

Головні висновки. Проведено аналіз системи очищення стічних вод на Миколаївському відділенні підприємства «Сан Ін Бев Миколаїв».

На першому етапі дослідження визначено динаміку концентрації азотовмісних сполук на різних стадіях очищення стоків. На другому етапі розроблено та запропоновано методику використання препаратів із групи ефективних мікроорганізмів (ЕМ) із метою доочищення стічних вод підприємства у лабораторних умовах. При цьому відпрацьовані розчини та надлишковий мул можуть у подальшому використовуватися як добрива, отже, метод є досить економічно вигідним.

Показано, що використання препаратів з ефективними мікроорганізмами знижує концентрацію нітратів майже у 1,5 рази за 14 годин. Проте у виробничих умовах може виникати конфлікт між мікробними групами досліджуваного препарату «Тамір» та мікроорганізмами активного мулу в аеротенку станції біологічного очищення. Отже, для доочищення стічних вод підприємства «Сан Ін БЕВ Миколаїв» метод є недоцільним при наявній системі водоочищення або потребує значної модернізації очисних споруд.

У подальшому буде досліджуватися застосування методу іонного обміну для доочищення стічних вод від біогенних сполук як рекомендованого для підприємства у цих виробничих умовах.

Література

- Sen Asit K., Mondal Nitya G. Removal and uptake of copper by *Salvinia natans* from wastewater. *Water, Air and Soil Pollut.* 2007. № 2. Р. 1–6.
- Воронов Ю.В., Берцун Ю.В. Биологическая очистка сточных вод пивоваренных заводов. *Вестник МГСУ.* 2014. № 3. С. 205–211.
- Айвазан С.С., Чубакова Е.Я., Манилова Т.А. Основные направления экологизации пивоварной промышленности. *Пиво и напитки.* К. НТУУКПІ. 2006. 118 с.
- Лурье А.А. Аналитическая химия промышленных сточных вод. Москва, 1978. 440 с.
- Химическая энциклопедия. В 7 т. М.: Большая российская энциклопедия. 1992. Т. 3. 632 с.
- Скворцова Д.В., Трохименко Г.Г. Використання мікробіологічного препарату «Тамір» для очищення комунально-побутових стічних вод. Миколаїв. НУК. 2014. 10 с.

7. Очистные сооружения закрытого типа Николаевского отделения ПАО «САН ИнБев Украина»: Рабочая документация. Николаев. 2012. 58 с.
8. ЭМ-технология – биотехнология 21 века. Сборник материалов по практическому применению ЭМ-препаратов. Алмата. 2006. 524 с.
9. Fleming O. D. йs Hunt, D. L. 2006. Biological Safety: Principles and Practices. 4th edition. ASM Press.
10. Emad A Shalaby. Prospects of effective microorganisms technology in wastes treatment in Egypt. Emad A Shalaby. Asian Pac J Trop Biomed. 2011. Jun. 1(3). P. 243–248.
11. Скворцова Д. В., Трохименко Г.Г. Використання мікробіологічного препарату «Тамір» для очистки комунально-побутових стічних вод. Вісник Дніпропетровського університету. Серія: біологія, екологія. Дніпропетровськ. 2012. Вип. 20. Т. 1. С. 92–99.
12. Трохименко Г. Г., Бажина М.О. Використання ЕМ-препаратів для доочищення стічних вод заводу «Сан Ін Бев Миколаїв» від нітратів на прикладі препарату «Тамір». Екогеофорум 2017. Актуальні проблеми та інновації: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (22–25 березня 2017 р.). Івано-Франківськ. 2017. С. 13–14.
13. ДСТУ ISO 6778:2003 Якість води. Визначення амонію. Потенціометричний метод (ISO 6778-1984, IDT). URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=72855
14. Халемский А.М., Швец Э.М. Способ биологической очистки сточных вод. ПАТ России № 2296110 С1.
15. Поляков А.Н., Смирнова А.С., Щелканова О.Н., Киселева А.С. Изучение процессов снижения содержания азота и фосфора при биологической очистке сточных вод. Известия МГТУ «МАМИ». 2013. № 1(15). Т. 4. С. 226–229.
16. Shrimali M., Sing K.P. New methods of nitrate removal from water. Environmental Pollution. 2001. vol. 112. P. 351–359.
17. Гомеля М.Д., Крисенко Т.В., Дейкун І.М. Очисні споруди. Основи проектування. Навч. посіб. К. НТУУ «КПІ». 2007. 176 с.