

Екологічний моніторинг стану води Каховського водосховища за 2019 рік.

Я. Барабаш, В. Гаврилюк, І. Соколова, Т. Скляр

Дніпровський національний університет ім. Олеса Гончара

Вода – основа життя, та з безлічі різноманітних факторів навколишнього середовища для розвитку органічного світу вона набуває особливого значення [1]. Основним джерелом контамінації мікроорганізмами води відкритих водойм є ґрунт. Більшість мікроорганізмів потрапляє у водойми зі стічними водами, які містять в собі біологічні продукти розпаду. Невелика кількість мікроорганізмів потрапляє у воду з повітря [2]. На якісний склад мікрофлори впливає походження води як середовища: прісні поверхневі (річки, джерела, озера, водосховища, ставки), підземні (ґрунтові, артезіанські), атмосферні (дощ, сніг), солоні (морські, озерні). За характером використання виділяють воду питну, воду плавальних басейнів, лід медичний й господарчий. З санітарної точки зору особливої уваги потребують стічні води: побутово-фекальні, промислові, змішані, талі й зливові, тому що мікрофлора цих вод забруднює природні резервуари води [3].

Азотовмісні сполуки (нітрати, нітрити, амонійні солі) майже завжди присутні в усіх водах та свідчать про наявність органічних сполук тваринного походження. Вони є продуктами розпаду органічних домішок, утворюються у воді у результаті розпаду сечовини та білків, які потрапляють до води з побутовими стічними водами [4]. Концентрація нітратів у питній воді лімітується міжнародними і вітчизняними стандартами [5, 6]. Як відомо, нітрати у підвищеній концентрації в питній воді згубно впливають на організм людини, а у дітей легко відновлюються до нітритів, які взаємодіють з гемоглобіном крові, спричинюючи утворення метгемоглобіну, що призводить до хвороби крові, званої як «посиніння шкірних покривів» («blue baby syndrome») [7]. У всьому світі суттєво зростає забруднення природних вод нітратами, що змушує закривати криниці та використовувати дорогі

багатоступеневі методи очищення питної води [8, 9]. Україна не є винятком: щорічно спостерігається неухильне зростання кількості понаднормово забруднених нітратами джерел питної води, та в криницях багатьох областей України цей рівень сягає 950 мг  $\text{NO}_3/\text{дм}^3$  [7, 10]. Існує ряд хімічних (відновлення залізом, алюмінієм, паладієм тощо), фізико-хімічних (електродіаліз, іонний обмін, нанофільтрування, зворотний осмос) та біологічних (гетеротрофна і автотрофна денітрифікація, застосування мембранних біореакторів) методів звільнення води від нітратів, однак на практиці використовується лише іонний обмін, зворотний осмос, електродіаліз та гетеротрофна (біологічна) денітрифікація [6, 11].

Біологічна денітрифікація – широко розповсюджений природний процес, що є стадією колообігу азоту в природі та призводить до самоочищення поверхневих вод. Відновлення нітратів здійснюють представники різних родів архей, бактерій та деяких грибів [11-14]. За відсутності кисню вони використовують оксиди азоту в якості акцепторів електронів, донорами яких служать, головним чином, органічні сполуки, а також певні неорганічні речовини [15]. Біологічна денітрифікація як явище відома в науці майже півтора століття, а як свідомий технологічний процес застосовується з 1964 року, однак у підготовці питної води стикається з певними труднощами, пов'язаними, в основному, з гігієнічними застереженнями щодо безпеки мікроорганізмів-денітрифікаторів, а також з технологічними складнощами іммобілізації бактерій на відповідних носіях [11-18].

Аміак, як продукт розпаду білків, є показником свіжого фекального забруднення. У природній воді іони амонію окислюються бактеріями родів *Nitrosomonas*, *Nitrobacter* і ін. до нітритів та нітратів. Нітрити є показником свіжого фекального забруднення, а нітрати – показником більш давнього органічного фекального забруднення води. Наявність нітратних іонів у природних водах пов'язано з: процесами нітрифікації іонів амонію у присутності кисню під дією нітрифікуючих бактерій; атмосферними опадами,

які поглинають оксиди азоту (концентрація нітратів у атмосферних опадах сягає 0,9-1мг/дм<sup>3</sup>); промисловими та господарчо-побутовими стічними водами особливо після біологічної очистки, коли концентрація сягає 50мг/дм<sup>3</sup>; зі стоками з сільськогосподарських угідь та скидними водами з полів, на яких застосовують азотні добрива. Головними процесами, що спрямовані на зниження концентрації нітратів, є використання їх фітопланктоном та денітрифікуючими бактеріями в якості кінцевих акцепторів при окисленні органічних сполук. У поверхневих водах нітрати й нітрити знаходяться у розчиненій формі. Концентрація нітратів у поверхневих водах помітно змінюється в залежності від пори року: мінімальна у вегетативний період, вона збільшується восени і досягає максимуму взимку, коли при мінімальному використанні азоту проходять процеси розпаду органічних сполук і перехід азоту з органічної форми у мінеральну [5]. Нітрити представляють собою проміжну ланку у ланцюгу бактеріальних процесів окислення амонію до нітратів – нітрифікація (тільки в аеробних умовах) та навпаки, відновлення нітратів до азоту та аміаку – денітрифікація (за відсутності кисню). Такі окислювально-відновлювальні реакції характерні для станцій аерації, систем водопостачання та природних вод. Підвищена концентрація нітритів вказує на інтенсивність процесів розпаду органічних сполук в умовах повільного окислення NO<sub>2</sub> в NO<sub>3</sub>, що вказує на забруднення водного об'єкту, тобто є важливим санітарним показником [6].

У зв'язку з цим метою роботи було проведення порівняльного аналізу санітарно-мікробіологічних та хімічних показників якості води Каховського водосховища за період з 1 січня по 31 грудня 2019 року. За цей час на водозабірній станції м. Нікополь було проведено 1371 бактеріологічних та 1598 хімічних досліджень поверхневої води Каховського водосховища. Для встановлення рівня якості води визначали ряд бактеріологічних показників – загальне мікробне число (ЗМЧ) при інкубуванні проб при різних температурах (22<sup>0</sup>С і 37<sup>0</sup>С), колі-індекс (число лактозопозитивних кишкових паличок) та

наявність колі-фагів; серед хімічних показників визначали кількісний вміст у воді нітратів, нітритів, аміаку.

Визначення загального мікробного числа дозволяє зробити висновок про можливе зараження досліджуваного об'єкта патогенними мікроорганізмами, виходячи з припущення, що чим більше мікробне число, тим більша вірогідність потрапляння й патогенної мікрофлори. Визначення лактозопозитивних кишкових паличок вказує на свіже фекальне забруднення води, а вміст у воді колі-фагів вказує на наявність вірусів кишкових бактерій.

Аналізуючи отримані дані, можна заключити, що максимальний ріст мікроорганізмів спостерігався в літньо-осінній період з червня по жовтень 2019 р. (табл.1). Це пов'язано з динамікою температурних змін води водосховища: поступове прогрівання з квітня, досягання максимуму в липні-серпні та охолодження в вересні-жовтні. Максимальне значення загального мікробного числа при 22°C було зафіксовано у лютому місяці та становило 68 КУО/см<sup>3</sup>, а при 37°C – 44 КУО/см<sup>3</sup> у липні. Мінімальні значення ЗМЧ при 22°C було визначене у червні місяці – 20 КУО/см<sup>3</sup>, а при 37°C – у грудні та становило 12 КУО/см<sup>3</sup>. Високі показники ЗМЧ при 37°C в липні свідчать про значне забруднення поверхневих вод. В той же час співвідношення даних росту мікроорганізмів при різних температурах у зимово-весняний період демонструє високий рівень самоочищення водойми.

За даними визначення колі-індексу з лютого по квітень показники не перевищували 100 КУО/дм<sup>3</sup>. Починаючи з червня спостерігалось збільшення вмісту кишкових бактерій та значення колі-індексу набуло піку в серпні – майже перебільшило позначку в 5713 КУО/дм<sup>3</sup>.

Потім показники колі-індексу поверхневої води поступово зменшуються, а з листопада взагалі не доходять до позначки 100 КУО/дм<sup>3</sup>. За період з січня по грудень 2019 року не було виявлено колі-фагів у воді Каховського водосховища, що свідчить про відсутність вірусів кишкових бактерій у воді.

Середньомісячні мікробіологічні показники води Каховського водосховища за  
2019 рік.

| Місяць   | Кіль-<br>кість<br>проб<br>за місяць | Кіль-<br>кість<br>дослід-<br>жень за<br>місяць | Темпе-<br>ратура-<br>ра,<br>°C | Загальне<br>мікробне<br>число при<br>22°C,<br>КУО/см <sup>3</sup> | Загальне<br>мікробне<br>число<br>при 37°C,<br>КУО/см <sup>3</sup> | Колі -<br>індекс | Колі-<br>фаги,<br>БУО/<br>100см <sup>3</sup> |
|----------|-------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------|
| 1        | 2                                   | 3                                              | 4                              | 5                                                                 | 6                                                                 | 7                | 8                                            |
| січень   | 34                                  | 106                                            | 0,8                            | 59 ±0,365                                                         | 22±0,182                                                          | 113±0,13<br>3    | Відсут                                       |
| лютий    | 31                                  | 97                                             | 1,0                            | 68 ±0,163                                                         | 34±0,148                                                          | 54±0,667         | Відсут                                       |
| березень | 34                                  | 106                                            | 2,3                            | 42 ±0,736                                                         | 19±0,733                                                          | 47±0,133         | Відсут                                       |
| квітень  | 33                                  | 104                                            | 9,3                            | 45 ±0,019                                                         | 23±0,620                                                          | 35±0,489         | Відсут                                       |
| травень  | 34                                  | 106                                            | 18                             | 21 ±0,140                                                         | 19±0,567                                                          | 71±0,033         | Відсут                                       |
| червень  | 34                                  | 108                                            | 22,4                           | 20 ±0,014                                                         | 26±0,172                                                          | 445±0,69<br>0    | Відсут                                       |
| липень   | 47                                  | 148                                            | 25,5                           | 48 ±0,188                                                         | 44±0,166                                                          | 2455±0,9<br>34   | Відсут                                       |
| серпень  | 66                                  | 171                                            | 25,2                           | 23 ±0,100                                                         | 26±0,133                                                          | 5713±0,0<br>66   | Відсут                                       |
| вересень | 34                                  | 108                                            | 19,4                           | 40 ±0,567                                                         | 38±0,517                                                          | 2515±0,6<br>90   | Відсут                                       |
| жовтень  | 34                                  | 107                                            | 11,8                           | 38 ±0,100                                                         | 27±0,467                                                          | 1465±0,3<br>67   | Відсут                                       |
| листопад | 33                                  | 103                                            | 10,3                           | 32 ±0,160                                                         | 16±0,172                                                          | 60±0,344         | Відсут                                       |
| грудень  | 34                                  | 107                                            | 4,2                            | 21 ±0,100                                                         | 12±0,300                                                          | 90±0,333         | Відсут                                       |

За хімічними показниками у 2019 році показано коливання концентрації азотовмісних сполук у воді Каховського водосховища продовж різних сезонів (табл. 2).

Таблиця 2

Середньомісячні хімічні показники води Каховського водосховища за 2019 р.

| Місяць   | Кіль-<br>кість<br>проб за<br>місяць | Кіль-<br>кість<br>дослі-<br>жень за<br>місяць | Нітрати,<br>мг/дм <sup>3</sup> | Нітроти,<br>мг/дм <sup>3</sup> | Аміак,<br>мг/дм <sup>3</sup> |
|----------|-------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 1        | 2                                   | 3                                             | 5                              | 5                              | 6                            |
| січень   | 34                                  | 136                                           | 2,23±0,546                     | 0,042±0,756                    | 0,209±0,254                  |
| лютий    | 31                                  | 124                                           | 2,65±0,367                     | 0,171±0,249                    | 0,272±0,531                  |
| березень | 34                                  | 136                                           | 3,91±0,824                     | 0,123±0,372                    | 0,240±0,961                  |
| квітень  | 33                                  | 132                                           | 4,09±0,518                     | 0,084±0,456                    | 0,387±0,414                  |
| травень  | 34                                  | 136                                           | 1,89±0,100                     | 0,033±0,954                    | 0,273±0,312                  |
| червень  | 34                                  | 136                                           | 2,27±0,665                     | 0,04±0,824                     | 0,187±0,259                  |
| липень   | 32                                  | 128                                           | 0,78±0,324                     | 0,072±0,741                    | 0,184±0,642                  |
| серпень  | 33                                  | 132                                           | 0,65±0,187                     | 0,031±0,097                    | 0,262±0,673                  |
| вересень | 34                                  | 136                                           | 0,61±0,698                     | 0,80,046±0,348                 | 0,159±0,354                  |
| жовтень  | 34                                  | 136                                           | 0,89±0,702                     | 0,02±0,731                     | 0,155±0,459                  |
| листопад | 33                                  | 132                                           | 1,61±0,173                     | 0,02±0,562                     | 0,166±0,351                  |
| грудень  | 34                                  | 134                                           | 1,64±0,304                     | 0,02±0,179                     | 0,152±0,871                  |

Зареєстровано збільшення вмісту нітратів – індикатору давнішого забруднення водойми – у березні й квітні, що пов'язано з паводковим періодом та надходженням талих вод з полів. Низька концентрація нітратів влітку

свідчить про утилізацію їх фітопланктоном і денітрифікуючими бактеріями, які при недостатності кисню використовують нітрати в процесах окислення органічних сполук (рис 1).

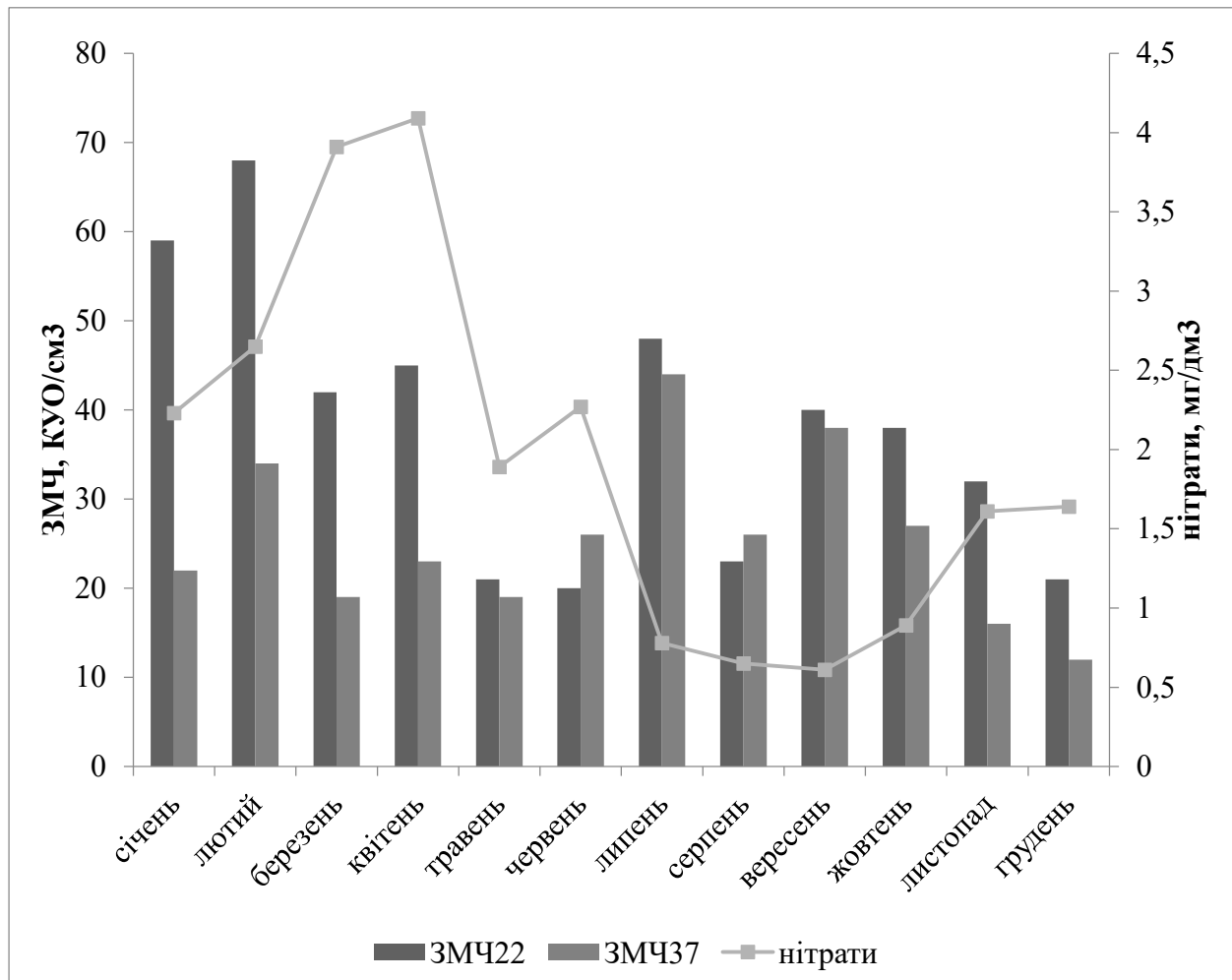


Рис. 1. Динаміка змін показників загального мікробного числа та вмісту нітратів в поверхневій воді Каховського водосховища за 2019 р.

З лютого та до кінця квітня у воді Каховського водосховища показано найвищий рівень вмісту нітритів, який вказує на інтенсифікацію процесів розпаду органічних сполук, що корелює з показниками ЗМЧ при 22<sup>0</sup>С і є свідомством процесів самоочищення водойми (рис 2). Високі концентрації нітритів в липні й вересні, а також значні темпи розвитку мікрофлори в цей період свідчать про недавнє забруднення водосховища.

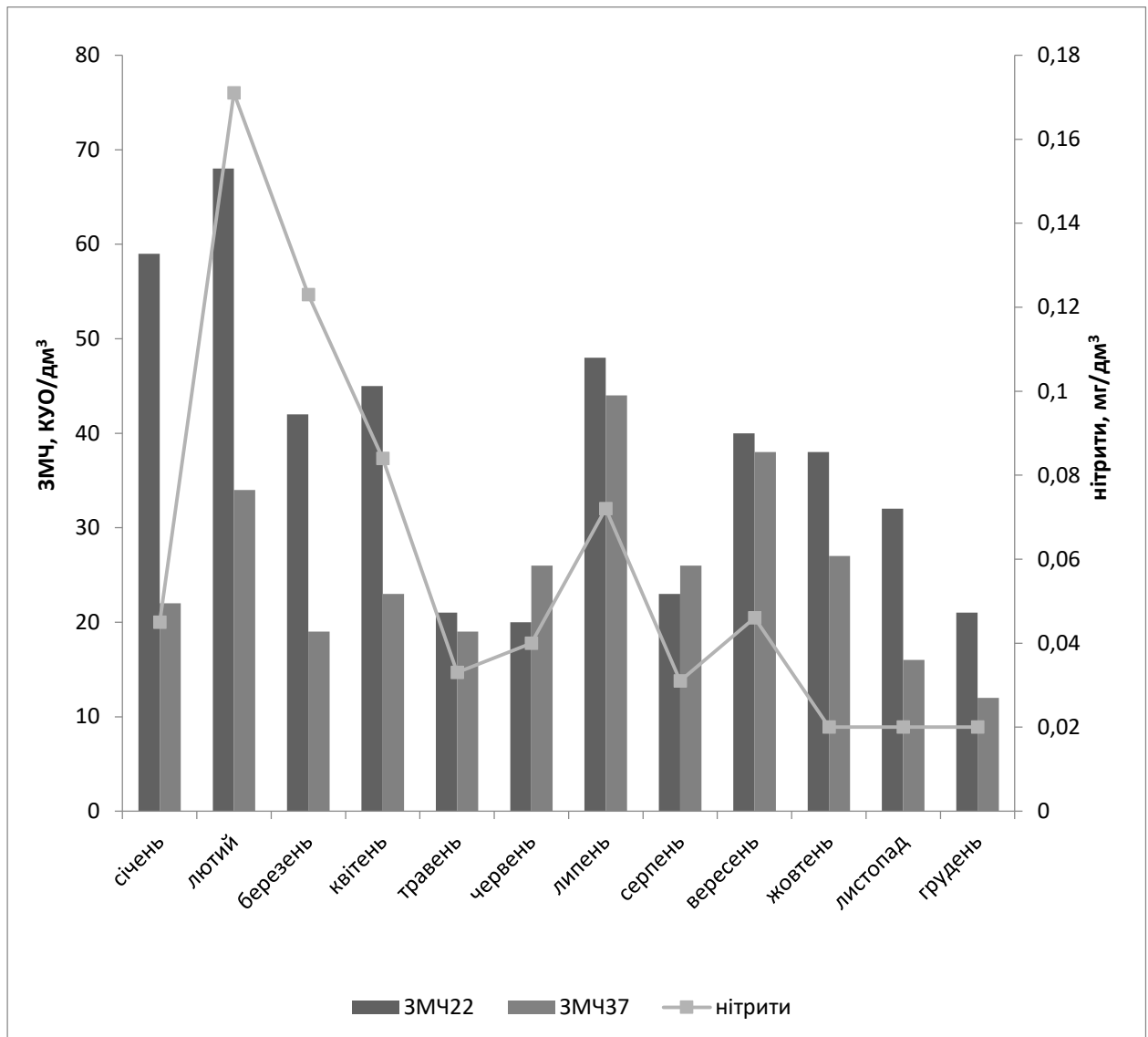


Рис. 2. Динаміка змін показників загального мікробного числа та вмісту нітритів в поверхневій воді Каховського водосховища за 2019 р.

Також одним із індикаторів недавнього фекального забруднення водойми є показники концентрації аміаку, динаміка змін яких чітко корелює з антропологічним впливом на стан водосховища (рис. 3). Максимальна концентрація аміаку ( $0,4 \text{ мг/дм}^3$ ) в пробах поверхневої води Каховського водосховища зареєстрована в квітні місяці 2019 р., що було спричинено викидом азотовмісних скидів від фермерських підприємств, розташованих

вище за течією. Досить високі значення вмісту іонів амонію в воді з лютого по травень обумовлені паводковим періодом. Та ще один пік збільшення концентрації аміаку, зафіксований в серпні, свідчить про свіже фекальне забруднення, що й супроводжувалось надмірним розмноженням кишкових бактерій, кількість яких за показником колі-індексу перевищувала 6000.

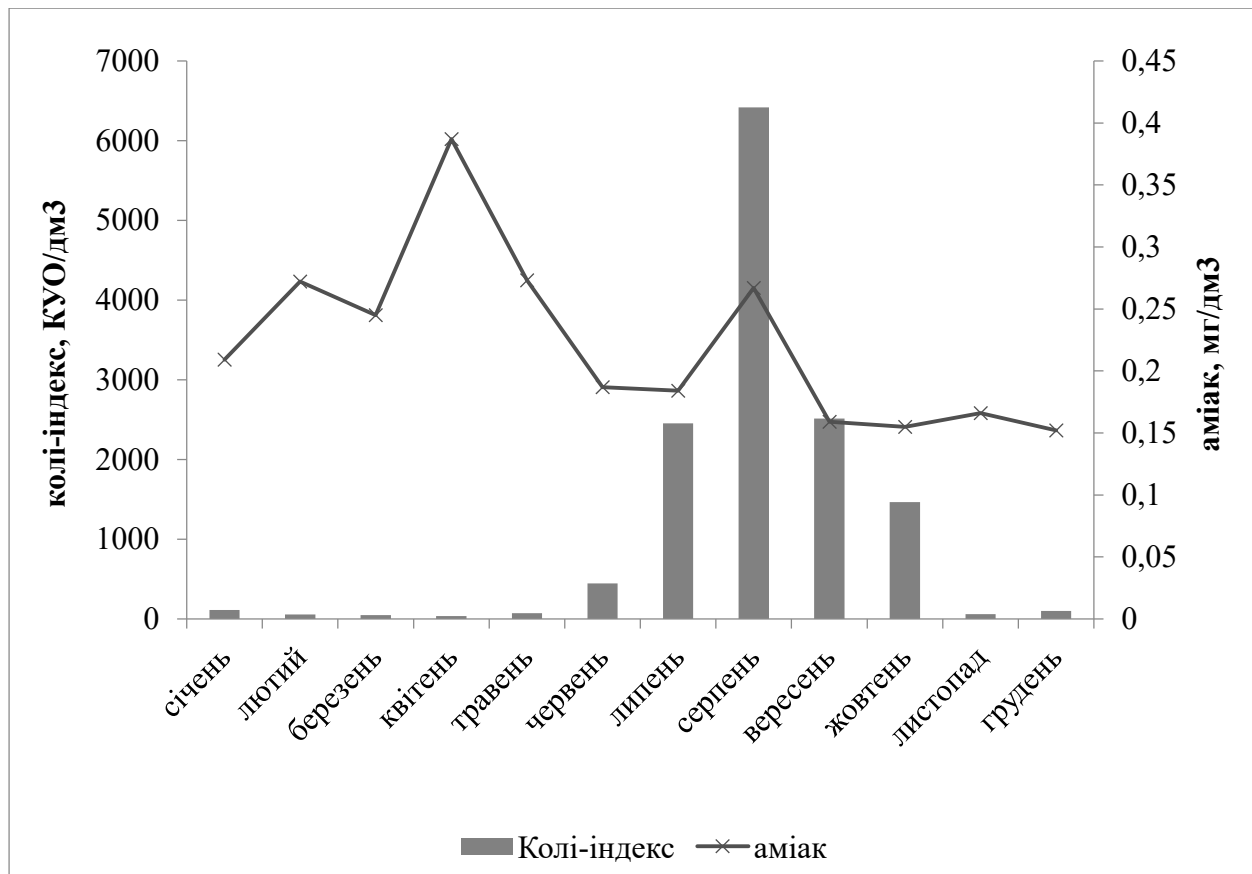


Рис. 3. Динаміка змін показників колі-індексу та вмісту аміаку в поверхневій воді Каховського водосховища за 2019 р.

Отримані дані порівняльного аналізу поверхневих вод Каховського водосховища в м. Нікополь за 2019 р. продемонстрували корелятивну залежність якості води від кліматичних й антропогенних факторів і свідчать про необхідність проведення постійного комплексного моніторингу мікробіологічних і хімічних показників стану води для створення можливості її

## Мікробіологія

використання в системі водопостачання населення та в різних галузях народного господарства.

Список використаних джерел

1. Гончарук В.В. Наука о воде/В.В. Гончарук. – К.: Наук.думка, 2010. –512 с.
2. Кузнецов С.И. Методы изучения водных микробов/ С.И.Кузнецов, Г.А.Дубинин. – М.: Наука, 1999. – 288 с.
3. Санітарна мікробіологія / [Вінніков І.А.,Черевач Н.В., Полішко Т.М. та ін]. – Д.: Вид-во ДНУ, 2006. – 295 с.
4. Дмитриева Е.А.Миграция иона аммония в системе «Вода – донные отложения». М.С. Коваленко, Т.В. Шевченко // Екологія та безпека життєдіяльності. – 2004. – №5 – 25 – 32.
5. Митченко Т.Е. Особенности процесса очистки питьевой воды от нитратов / Т.Е Митченко, Н.В. Макарова, Л.П.Федотова // Вода і водоочисні технології. – 2002. – №2/3. – С. 61 – 65.
6. Гончарук В.В. SOS: питтьєвва вода / В.В.Гончарук // Химия и технология воды. – 2010. – Т.32, №5. – С.463 – 512.
7. Bondarenko Y.G., Samotuga V.V., Papach V.V., Bilyk L.I. Medical-hygienic evolution of the impact of the nitrates of water of decentralized water delivery sources on the health status of the children of the early age. Environment and Health. – 2011. – № 4. – P. 23–25.
8. Archna, Sharma S.K., Sobti R.Ch. Nitrate Removal from Ground Water: A Review. E-Journal of Chemistry. – 2012. – 9( 4) . – P. 1667–1675.
9. Burow, K.R., Nolan, B.T., Rupert, M.G., Dubrovsky, N.M. Nitrate in groundwater of the United States. Environmental Science and Technol. – 2010. – 44 (13).– P. 4988–4997.
10. Коваль В.В., Наталочка В.О., Ткаченко С.К., Міненко О.В. Динаміка забруднення вод сільськогосподарського призначення нітратами в умовах Полтавської області // Вісник Полтавської державної аграрної академії . – 2011 .– № 2. – С. 32–36.
11. Mike S.M.J. The microbial nitrogen cycle. Environ. Microbiol. – 2008. –

10(11) . – P. 2903–2909.

12. Cabello P., Roldán M. D., Moreno-Vivián C. Nitrate reduction and the nitrogen cycle in archaea. *Microbiology*. –2004. – 150 (11). – P. 3527–3546.
13. Knowles R. Denitrification. *Microbiol. Rev.* – 1982. –46 (1). – P. 43–70.
14. Shoun H., Kim, D.H., Uchiyama, H., Sugiyama J. Denitrification by fungi. *FEMS Microbiology Lett.* – 1992. – 73(3). – P. 277–281.
15. Kuenen J. G. Anammox bacteria: from discovery to application. *Nat. Rev. Microbiol.* – 2008. –6(4). – P. 320–326.
16. Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы. – М. Мир, – 2006. – 480 с.
17. Lu H., Chandran K., Stensel D. Microbial ecology of denitrification in biological wastewater treatment. *Water Research*. – 2014. – 64. – P. 237–254.
18. Иванов В.Н., Уланов М.Н., Стабникова Е.В. Денитрификация питьевой воды клетками *Parasoccus denitrificans* в природной и искусственно сформированной биопленках // *Химия и технология воды*. – 2001. – 23, № 2. – С. 209–218.