

УДК 502/504:556

DOI <https://doi.org/10.33989/2023.9.1.290185>

Басараба І. В., Суходольська І. Л.

Рівненський державний гуманітарний університет

вул. Ст. Бандери, 12, Рівне, 33028, Україна

ilonabasaraba@gmail.com

iryna.sukhodolska@rshu.edu.ua

ORCID 0000-0001-6720-0419

ORCID 0000-0001-7502-3061

ВМІСТ СПОЛУК НІТРОГЕНУ У ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ РІЗНОГО ТИПУ

У статті досліджено зміни вмісту сполук Нітрогену (NH_4^+ , NO_2^- і NO_3^-) у водних екосистемах різного типу (річка Стубелка, Хрінницьке водосховище, озеро Засвітське і Морозівський кар'єр) та розглянуто екологічні наслідки зміщення їхньої рівноваги. З'ясовано, що у воді досліджених екосистем переважаючою формою сполук Нітрогену є амоній та нітрити. Зафіксовано перевищення граничнодопустимих концентрацій нітрогену амонійного у воді р. Стубелка (1,16-3,44 рази), Хрінницького водосховища (1,26-2,06 рази), оз. Засвітське (1,49 рази) та Морозівського кар'єру (1,62 рази), що насамперед зумовлене потраплянням з атмосферними опадами, з господарсько-побутовими стічними водами та з сільськогосподарських угідь внаслідок використання мінеральних і органічних добрив. Вміст нітритів перевищує нормативні значення у воді р. Стубелка (2,26 рази), Хрінницького водосховища (1,48–1,77 рази) та оз. Засвітське (3,90-24,64 рази), що свідчить про вповільнення їхнього окиснення до нітратів та високий ризик вторинного забруднення водою. Концентрація нітратів знаходиться в межах допустимих значень. Показано, що вміст сполук Нітрогену у водних об'єктах змінюється наступним чином: NH_4^+ – річка > водосховище > кар'єр > озеро; NO_2^- – озеро > річка > водосховище > кар'єр; NO_3^- – водосховище > річка > кар'єр > озеро. Зміщення рівноваги в системі амоній ↔ нітрити ↔ нітрати в бік нітратів найчастіше характерно для усіх водних об'єктів влітку, а в бік амонію – восени. Максимальні відношення $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ виявлено у Хрінницькому водосховищі (94,81), Морозівському кар'єрі (9,55), оз. Засвітське (5,84) та р. Стубелка (3,80). Показано зміни рН у воді р. Стубелка (6,7–7,3), Хрінницького водосховища (7,0–7,5), оз. Засвітське (5,9–7,2) та Морозівського кар'єру (6,5–7,4). Досліджено зміни вмісту розчиненого кисню у воді р. Стубелка (5,7–8,5 мг $\text{O}_2/\text{дм}^3$), Хрінницького водосховища (4,4–9,5 мг $\text{O}_2/\text{дм}^3$), оз. Засвітське (8,6-10,0 мг $\text{O}_2/\text{дм}^3$) та Морозівського кар'єру (8,7–9,3 мг $\text{O}_2/\text{дм}^3$). Концентрація розчиненого кисню у водоймах має вигляд: озеро > кар'єр > водосховище > річка. Присутність індикатора «свіжого» забруднення води (нітрогену амонійного) у всіх водоймах свідчить про постійне надходження забруднюючих речовин, особливо інтенсивно до р. Стубелка та Хрінницького водосховища.

Ключові слова: розчинений кисень, активна реакція води, зміщення рівноваги в системі нітрати ↔ нітрити ↔ амоній, річка, водосховище, кар'єр, озеро.

Вступ. Сполуки Нітрогену в оптимальних концентраціях відіграють ключову роль у функціонуванні усіх водних екосистем. Насамперед сприяють більш ефективному поглинанню рослинами вуглекислого газу, забезпечують ефективний біосинтез пігментів, нормалізують інтенсивність азотного обміну та фотосинтезу біоти, а також підвищують продуктивність водних екосистем. Проте надмірне зростання концентрації сполук Нітрогену, чи зміщення їхньої рівноваги, зумовлює евтрофікацію, зниження видового багатства, зміни чисельності та біомаси біоти, домінування видів, які продукують високі концентрації токсичних речовин і відповідно погіршують якість води. Відомо, що на водні екосистеми негативно впливають високі та дуже низькі концентрації сполук Нітрогену. Передусім, за даних умов, відбувається порушення процесів самовідновлення та самоочищення водойми.

NH_4^+ , NO_2^- і NO_3^- мають різну швидкість надходження, трансформації та міграції у водоймі, а їхня концентрація суттєво залежить від форми водного об'єкту, його розмірів, глибини, умов утворення, особливостей розташування, гідрологічного режиму, кліматичних змін, внутрішньо-водоємних процесів, розвитку біоти та інтенсивності надходження з точкових і дифузних джерел тощо. Саме тому, важливо аналізувати зміни концентрації сполук Нітрогену в різнотипних водних екосистемах (річка, озеро, водосховище, кар'єр), що мають однакові та відмінні ознаки, а також зазнають різного антропогенного навантаження.

Матеріали та методи. Для проведення гідрохімічного аналізу проби води відбирали щомісяця впродовж червня-листопада 2022 р. у водних екосистемах різного типу (річка Стубелка – $50^\circ 28' 12.4''\text{N}$ $25^\circ 58' 03.9''\text{E}$, Хрінницьке водосховище – $50^\circ 27' 58.6''\text{N}$ $25^\circ 11' 49.9''\text{E}$, озеро Засвітське – $51^\circ 52' 35.0''\text{N}$ $25^\circ 44' 10.1''\text{E}$, Морозівський кар'єр – $50^\circ 39' 13.6''\text{N}$ $27^\circ 09' 45.3''\text{E}$) (рис. 1).

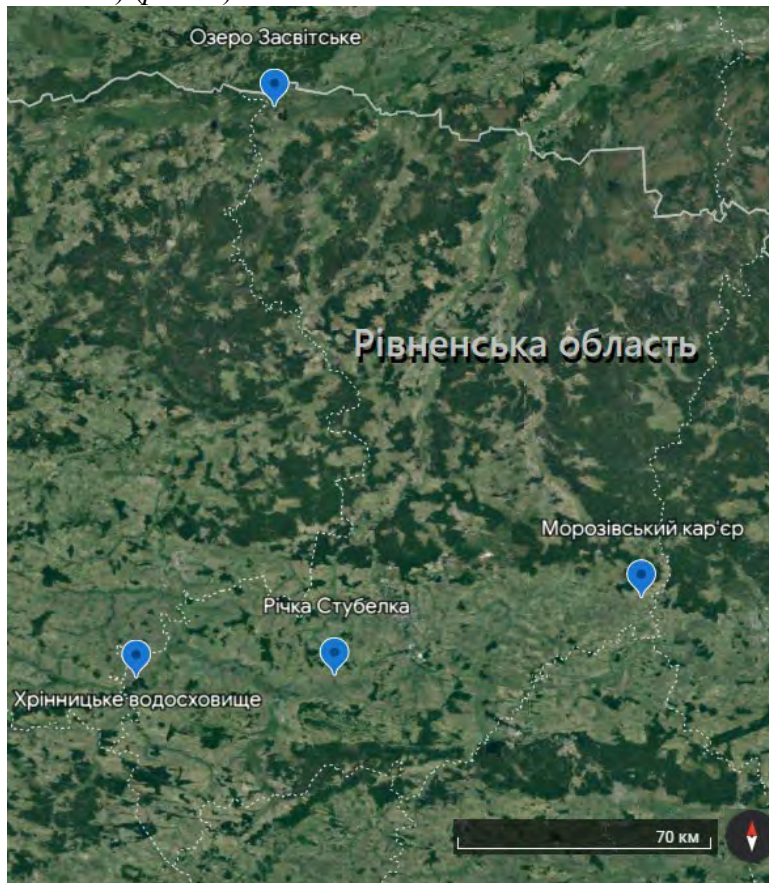


Рис. 1. Карта-схема розміщення об'єктів дослідження

Річка Стубелка бере початок на північних схилах Мізоцького кряжу, в західній частині села Білашів. Протікає річка в межах Здолбунівського, Дубенського та Рівненського районів Рівненської області. Довжина р. Стубелка 86 км, площа водозабору 1350 км², а глибина 1,2–1,5 м (Коротун, & Коротун, 1996). Хрінницьке водосховище розташоване на півдні Рівненської та Волинської областей. Водосховище побудовано на річці Стир (басейн Прип'яті). Площа Хрінницького водосховища 1830 га (18,3 км²), повний об'єм 22,2 млн м³, корисний – 20,4 млн м³. Глибина водосховища від 2-6 м і більше (Водний фонд, 2014). Розташоване оз. Засвітське у північно-західній частині Рівненської області (Нобельський національний природний парк). Площа водозбору складає 0,71 км². Середні значення глибин водойми близько 12,7 м, а максимальні глибини досягають 16 м. Ширина оз. Засвітське становить 0,35 км, довжина – 0,62 км, а площа водно дзеркала – 0,22 км² (Kovalchuk et al., 2020). Морозівський кар'єр знаходиться у Корецькому районі Рівненської області. Глибина гранітного кар'єру 3 м, а площа 7,8 га (Мазур, & Шелюк, 2014).

Вміст амонію визначали при довжині хвилі 420 нм. фотометричним методом за якісною реакцією з реактивом Несслера Вміст нітритів визначали при довжині хвилі 520 нм. діазотуванням реактивом Грісса з утворенням з 1-нафтиламином діазосполуки червоно-фіолетового кольору. Вміст нітратів визначали при довжині хвилі 520 нм. фотометрично з фенолдисульфокислотою з утворенням нітровмісного фенолу жовтого кольору (Набиванець та ін., 2007). Реакцію водного середовища (рН) визначали за допомогою іономіра ЕВ-74.

Результати і їхнє обговорення. У водних екосистемах найактивнішим компонентом кругообігу Нітрогену є амоній. За оптимальних концентрацій, амоній є важливішим джерелом Нітрогену для автотрофів та мікроорганізмів (Kumar et al., 2007), тому зниження його концентрації часто пов'язують з активним поглинанням біотою. Сезонні зміни вмісту нітрогену амонійного у водних екосистемах різного типу наведено на *рисунку 2*.

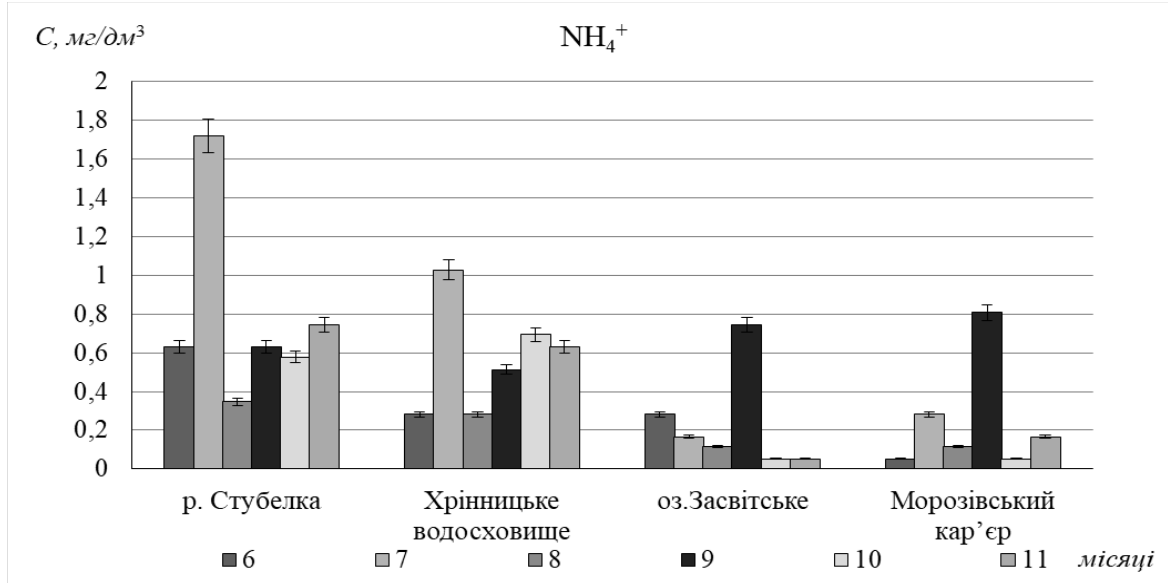


Рис. 2. Вміст нітрогену амонійного у воді гідроекосистем різних типів

Концентрація нітрогену амонійного у воді р. Стубелка у червні складає 0,6296 мг/дм³. Найвищий вміст нітрогену амонійного у воді р. Стубелка зафіксовано у липні, що становить 1,7219 мг/дм³ та перевищує ГДК у 3,44 рази (ГДКрибгосп. = 0,5 мг/дм³). Вже у серпні концентрація нітрогену амонійного знижується до 0,3469 мг/дм³. У наступні місяці вміст нітрогену амонійного знову зростає до 0,5782–0,7453 мг/дм³ та перевищує ГДК у 1,16–1,49 рази. Можливим джерелом надходження нітрогену амонійного до водойми є особливості утримання свійських тварин та птиці, оскільки річка протікає близько до населених пунктів. Крім того, нітроген амонійний менше поглинається біотою восени внаслідок зниження інтенсивності розвитку фітопланктону.

Мінімальний вміст нітрогену амонійного у воді Хрінницького водосховища виявлено у червні та серпні, що становить $0,2827 \text{ мг/дм}^3$. Максимальна концентрація нітрогену амонійного у воді водосховища зафіксована у липні та складає $1,028 \text{ мг/дм}^3$. Впродовж вересня-листопада вміст нітрогену амонійного варіює від $0,5140 \text{ мг/дм}^3$ до $0,6939 \text{ мг/дм}^3$. Перевищення ГДК нітрогену амонійного у воді Хрінницького водосховища становить $1,26\text{--}2,06$ рази. Загалом, спостерігаються подібні зміни вмісту нітрогену амонійного у воді р. Стубелка та Хрінницького водосховища впродовж досліджених місяців, що свідчить про ймовірність надходження нітрогену амонійного з атмосферними опадами.

Вміст нітрогену амонійного у воді оз. Засвітське у червні становить $0,2827 \text{ мг/дм}^3$. Впродовж липня-серпня концентрація нітрогену амонійного ще зменшується до $0,1157\text{--}0,1671 \text{ мг/дм}^3$, що свідчить про інтенсивне його поглинання біотою. У вересні вміст нітрогену амонійного зростає до $0,7453 \text{ мг/дм}^3$, що зумовлено завершенням вегетаційного періоду в окремих видів та потрапляння NH_4^+ внаслідок їх відмирання. Проте вже у жовтні та листопаді концентрація нітрогену амонійного знову знижується до $0,0514 \text{ мг/дм}^3$, що пов'язано з його трансформацією у NO_2^- . Загалом, перевищення ГДК нітрогену амонійного у озері виявлено лише у вересні в $1,49$ рази.

Мінімальну концентрацію нітрогену амонійного у Морозівському кар'єрі зафіксовано у червні та жовтні, що становить $0,0514 \text{ мг/дм}^3$. Впродовж липня та серпня вміст нітрогену амонійного складає $0,2827 \text{ мг/дм}^3$ та $0,1157 \text{ мг/дм}^3$, що свідчить про його ефективне засвоєння вищими водними рослинами та фітопланктоном. Максимальну концентрацію нітрогену амонійного виявлено у вересні, що становить $0,8096 \text{ мг/дм}^3$ та перевищує ГДК у $1,62$ рази. Відповідно споживання нітрогену амонійного біотою знижується, що призводить до збільшення його концентрації у воді кар'єру. Водночас, однією з причин зростання NH_4^+ є його надходження з водозбірної площі. Вміст нітрогену амонійного у листопаді не перевищує ГДК та становить $0,1671 \text{ мг/дм}^3$.

Зрештою найвищі середні концентрації нітрогену амонійного впродовж дослідження виявлено у воді р. Стубелка, а найнижчі – у воді оз. Засвітське. В умовах підвищеного вмісту нітрогену амонійного у воді ріст та розвиток біоти часто не зростає, а навпаки, пригнічується, що зумовлено різною здатністю видів зв'язувати амоній. Крім того, підвищені концентрації нітрогену амонійного та нітратів зумовлюють евтрофікацію водойм, що призводить до зміни видового багатства гідробіонтів та порушення трофічних ланцюгів.

Концентрація нітритів у воді екосистем різного типу характеризується суттєвими змінами (рис. 3).

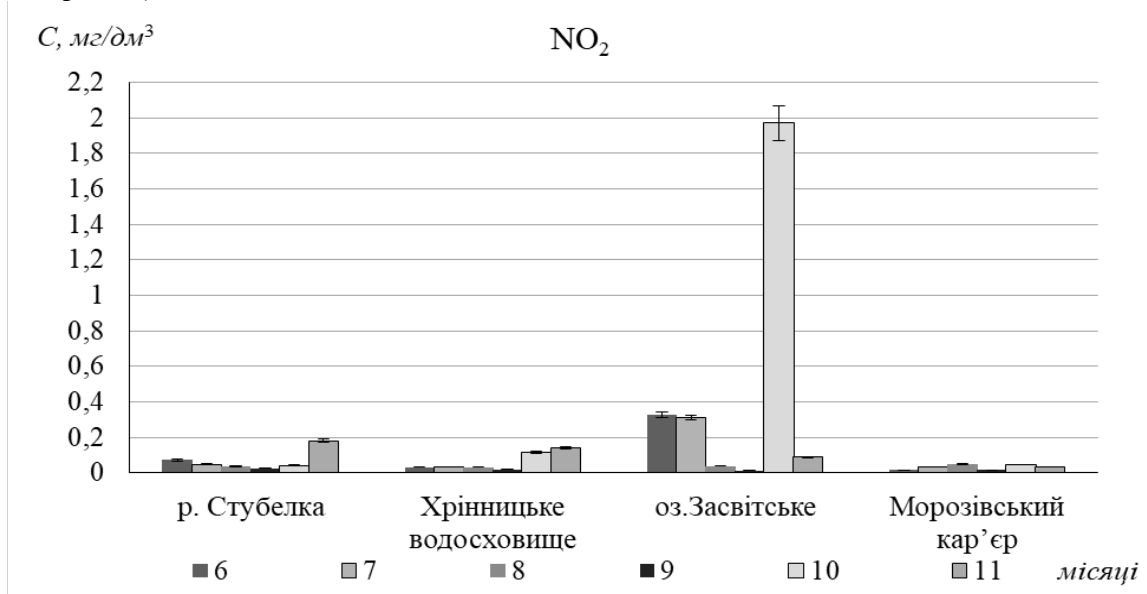


Рис. 3. Вміст нітритів у воді гідроекосистем різних типів

Вміст нітритів у воді р. Стубелка становить у червні $0,0723 \text{ мг/дм}^3$, а впродовж липня та серпня знижується до $0,0493 \text{ мг/дм}^3$ та $0,0362 \text{ мг/дм}^3$. Найменша концентрація виявлена у вересні та складає $0,0263 \text{ мг/дм}^3$, а найбільша у листопаді – $0,1807 \text{ мг/дм}^3$, що перевищує ГДК у 2,26 рази (ГДКрибгосп. = $0,08 \text{ мг/дм}^3$). Зростання вмісту нітритів у воді р. Стубелка ймовірно зумовлено, крім завершення вегетаційного періоду та розкладання біоти, надходженням з сільськогосподарських угідь. Концентрація нітритів у воді Хрінницького водосховища впродовж літніх місяців становить $0,0329 \text{ мг/дм}^3$, а в вересні знижується до $0,0197 \text{ мг/дм}^3$. Найвищий вміст нітритів зафіксовано у жовтні та листопаді, що становить $0,1183 \text{ мг/дм}^3$ та $0,1413 \text{ мг/дм}^3$. Вміст нітритів у воді водосховища перевищує оптимальні показники у 1,48–1,77 рази. Високі концентрації нітритів токсичні для гідробіонтів, особливо для водних тварин. Щодо оз. Засвітське, то варто зауважити суттєве зростання вмісту нітритів у порівнянні з іншими досліджуваними водними об'єктами. Так, у червні та липні вміст нітритів у воді оз. Засвітське становить $0,3286 \text{ мг/дм}^3$ та $0,3121 \text{ мг/дм}^3$, що перевищує ГДК у 3,90–4,11 рази. Впродовж серпня та вересня концентрація знижується до $0,0394 \text{ мг/дм}^3$ та $0,0131 \text{ мг/дм}^3$, а у жовтні знову підвищується до $1,9710 \text{ мг/дм}^3$, що перевищує нормативні значення аж у 24,64 рази. Відбувається сповільнення процесів окиснення нітритів до нітратів, ймовірно внаслідок активізації розкладу органічних речовин, що призводить до вторинного забруднення водної екосистеми. Вміст нітритів у воді Морозівського кар'єру у червні та липні становить $0,0164 \text{ мг/дм}^3$ та $0,0329 \text{ мг/дм}^3$. У серпні концентрація нітритів у воді кар'єру зростає до $0,0526 \text{ мг/дм}^3$, а в вересні знижується до $0,0164 \text{ мг/дм}^3$. Впродовж жовтня та листопада вміст нітритів становить $0,0460 \text{ мг/дм}^3$ та $0,0329 \text{ мг/дм}^3$. Перевищень ГДК нітритів у воді Морозівського кар'єру не зафіксовано.

Найвищі середні концентрації нітритів впродовж усіх місяців виявлено у воді р. Стубелка, а найнижчі – у воді Морозівського кар'єру.

Основним джерелом надходження нітратів до водойм, особливо річок, є добрива, що потрапляють внаслідок вимивання з сільськогосподарських угідь (Kumar et al., 2007; Kumar et al., 2020). Вміст нітратів у водних об'єктах наведено на *рисунку 4*.

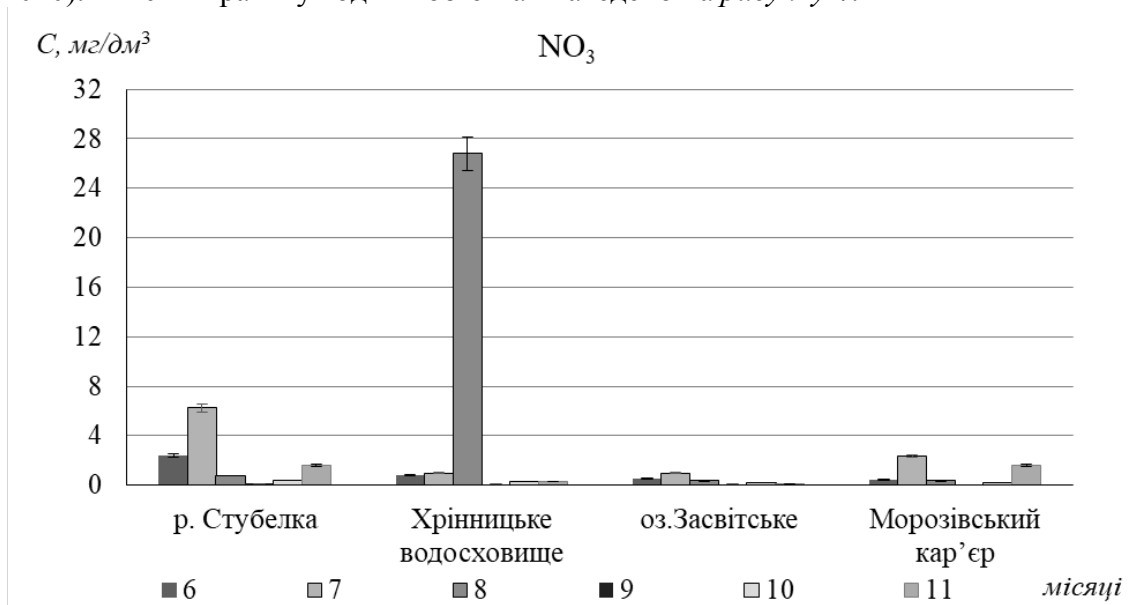


Рис. 4. Вміст нітратів у воді гідроекосистем різних типів

Концентрація нітратів у воді р. Стубелка становить у червні $2,3922 \text{ мг/дм}^3$ та зростає у липні до $6,2463 \text{ мг/дм}^3$. Впродовж серпня–листопада вміст нітратів варіює від $0,1285 \text{ мг/дм}^3$ до $1,5948 \text{ мг/дм}^3$. Перевищень ГДК нітратів у воді річки не виявлено (ГДКрибгосп. = 40 мг/дм^3). Вміст нітратів у воді Хрінницького водосховища у червні та липні суттєво не відрізняється і становить $0,7974 \text{ мг/дм}^3$ та $0,9746 \text{ мг/дм}^3$. У серпні

концентрація нітратів суттєво зростає до 26,8015 мг/дм³, що насамперед зумовлено недостатнім їх споживанням біотою та додатковим надходженням NO₃⁻ з сільськогосподарських угідь внаслідок використання добрив, хімічних засобів захисту рослин тощо. Впродовж наступних місяців концентрація нітратів варіює від 0,0709 мг/дм³ до 0,3101 мг/дм³. Щодо вмісту нітратів у воді оз. Засвітське, то перевищень ГДК також не зафіксовано. Так, у червні концентрація нітратів становить 0,5316 мг/дм³, у липні досягає максимального значення за весь період дослідження та складає 0,9746 мг/дм³. Вміст нітратів у серпні становить 0,3544 мг/дм³, а далі знижується до мінімальних показників 0,0665 мг/дм³ у вересні. Впродовж жовтня та листопада концентрація нітратів у воді оз. Засвітське також низька та складає 0,1772 мг/дм³ і 0,0886 мг/дм³. Максимальний вміст нітратів у воді Морозівського кар'єру становить 2,3479 мг/дм³ у липні, а мінімальний – 0,0487 мг/дм³ у серпні та не перевищує допустимі значення.

Найвищі середні концентрації нітратів виявлено у воді Хрінницького водосховища, а найнижчі – у воді оз. Засвітське. Збільшення частки нітратів у водних екосистемах, порівняно з іншими формами Нітрогену, часто зумовлено зростанням їхньої концентрації у атмосферних опадах, а також інтенсивним використанням мінеральних і органічних добрив (Ostrom et al., 1998).

Співвідношення різних форм Нітрогену у водних екосистемах постійно змінюється та залежить від розвитку біоти, внутрішньо-водоємних процесів і додаткового надходження з точкових та дифузних джерел. Зміни співвідношення сполук Нітрогену у водних об'єктах наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

**Співвідношення сполук Нітрогену [NH₄⁺]: [NO₂⁻]: [NO₃⁻]
у воді гідроекосистем різних типів**

Місяці	Водні об'єкти			
	р. Стубелка	Хрінницьке водосховище	оз. Засвітське	Морозівський кар'єр
червень	1 : 0,11 : 3,80	1 : 0,12 : 2,82	1 : 1,17 : 1,89	1 : 0,32 : 8,62
липень	1 : 0,03 : 3,63	1 : 0,03 : 0,95	1 : 1,87 : 5,84	1 : 0,12 : 8,31
серпень	1 : 0,10 : 2,17	1 : 0,12 : 94,81	1 : 0,34 : 3,05	1 : 0,45 : 3,06
вересень	1 : 0,04 : 0,20	1 : 0,04 : 0,14	1 : 0,02 : 0,09	1 : 0,02 : 0,06
жовтень	1 : 0,07 : 0,69	1 : 0,17 : 0,38	1 : 38,65 : 3,47	1 : 0,89 : 3,45
листопад	1 : 0,24 : 2,14	1 : 0,22 : 0,49	1 : 1,75 : 1,75	1 : 0,20 : 9,55
Середнє	1 : 0,09 : 2,48	1 : 0,11 : 8,52	1 : 1,95 : 1,55	1 : 0,13 : 3,36

У воді р. Стубелка зафіксовано зміщення рівноваги в системі амоній ↔ нітрити ↔ нітрати в бік нітратів (червень–серпень, листопад) та амонію (вересень, жовтень). Максимальні відношення NO₃⁻/NH₄⁺ виявлено у червні (3,80) та липні (3,63).

Зміщення рівноваги в системі амоній ↔ нітрити ↔ нітрати у воді Хрінницького водосховища в бік нітратів виявлено лише у червні та серпні, а в бік амонію впродовж липня та вересня-листопада. Максимальні відношення NO₃⁻/NH₄⁺ виявлено у серпні (94,81).

У воді оз. Засвітське зафіксовано зміщення рівноваги в системі амоній ↔ нітрити ↔ нітрати в бік нітратів (червень–серпень, листопад), амонію (вересень), а в бік нітритів у жовтні та листопаді. Максимальні відношення NO₃⁻/NH₄⁺ виявлено у липні (5,84), а NO₂⁻/NH₄⁺ – у жовтні (38,65).

Зміщення рівноваги в системі амоній ↔ нітрити ↔ нітрати у воді Морозівського кар'єру в бік нітратів виявлено у всі місяці, за винятком вересня, що свідчить про переважання процесу нітрифікації. Максимальні відношення NO₃⁻/NH₄⁺ виявлено у червні (8,62) та листопаді (9,55).

За середніми концентраціями сполук Нітрогену зміщення рівноваги в системі амоній ↔ нітрити ↔ нітрати в бік нітратів характерно для р. Стубелка, Хрінницького водосховища та Морозівського кар'єру, а в бік нітритів для оз. Засвітське.

Відомо, що нітроген амонійний та нітрати є рівноцінними джерелами живлення для біоти. За одних умов краще поглинаються нітрати, а за інших – амоній. Вибірковість їхнього поглинання залежить від рН середовища, вмісту розчиненого кисню та інших чинників. Так, рН у воді р. Стубелка змінюється від 6,7 у серпні до 7,3 у липні та жовтні (рис. 5).

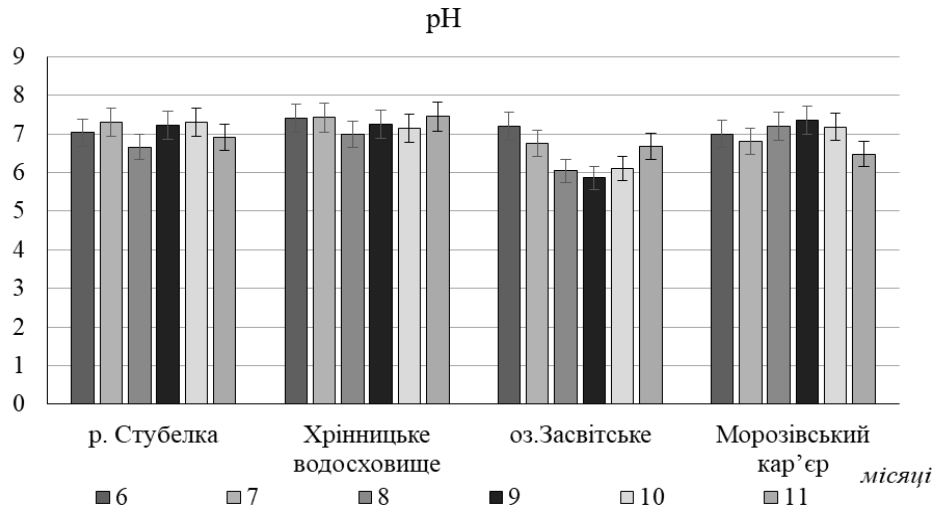


Рис. 5. Зміни рН води у гідроекосистемах різних типів

Встановлено залежність між рН та вмістом нітрогену амонійного ($r = 0,55$) у воді р. Стубелка. Мінімальне значення рН у воді Хрінницького водосховища становить 7,0 у серпні, а максимальне у 7,5 у листопаді. Виявлено тісну залежність між рН та вмістом нітратів ($r = -0,76$). Менші значення рН, у порівнянні з іншими водними об'єктами, зафіксовано у воді оз. Засвітське. Так, мінімальні показники становлять 5,9 у вересні, а максимальні – 7,2 у червні. Встановлено обернену залежність між рН та вмістом нітрогену амонійного ($r = -0,52$) у воді оз. Засвітське. Також виявлено тісну залежність між рН та вмістом нітратів та нітритів ($r = 0,71$ та $r = 0,66$, $p < 0,01$). У воді Морозівського кар'єру рН варіює від 7,4 у вересні до 6,48 у листопаді. Встановлено тісну обернену залежність між рН та нітратами ($r = -0,80$) у воді Морозівського кар'єру. Загалом, найвищий середній показник рН виявлено у воді Хрінницького водосховища, а найнижчий – у воді оз. Засвітське.

Розчинений кисень витрачається на окиснення сполук Нітрогену, що часто зумовлює зниження його вмісту у водоймі. Вміст розчиненого кисню у воді гідроекосистем різних типів наведено на *рисунок 6*.

Найбільші коливання вмісту розчиненого кисню виявлено у воді р. Стубелка та Хрінницькому водосховищі. Зокрема, вміст розчиненого кисню у воді р. Стубелка змінюється від 5,7 мг $O_2/дм^3$ у серпні до 8,5 мг $O_2/дм^3$ у жовтні. Встановлено пряму залежність між розчиненим киснем та нітрогеном амонійним ($r = 0,61$) і нітратами ($r = 0,48$).

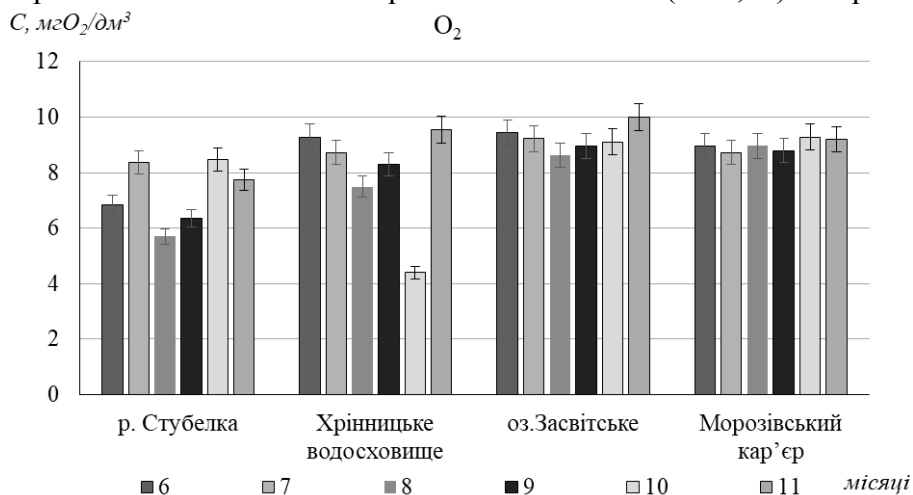


Рис. 6. Вміст розчиненого кисню у воді гідроекосистем різних типів

Мінімальний вміст розчиненого кисню у воді Хрінницького водосховища становить 4,4 мг $O_2/дм^3$ у жовтні, а максимальний – 9,5 мг $O_2/дм^3$ у листопаді. Високі показники вмісту розчиненого кисню зафіксовано у воді оз. Засвітське. Так, максимальне значення становить 10,0 мг $O_2/дм^3$ у листопаді, а мінімальне – 8,6 мг $O_2/дм^3$ у серпні. Встановлено обернену залежність між розчиненим киснем та нітрогеном амонійним ($r = -0,58$) у воді оз. Засвітське.

У воді Морозівського кар'єру вміст розчиненого кисню варіює від 8,7 мг $O_2/дм^3$ у липні та вересні до 9,3 мг $O_2/дм^3$ у жовтні. Встановлено обернену залежність між розчиненим киснем та нітрогеном амонійним ($r = -0,59$), а також пряму між розчиненим киснем та нітритами ($r = 0,43$, $p < 0,01$).

Найвищі середні концентрації розчиненого кисню впродовж усіх місяців виявлено у воді оз. Засвітське, а найнижчі – у воді р. Стубелка.

Таким чином, концентрація нітрогену амонійного перевищує нормативні значення у воді р. Стубелка у 1,16–3,44 рази, Хрінницького водосховища у 1,26–2,06 рази, оз. Засвітське у 1,49 рази та Морозівського кар'єру у 1,62 рази. Відповідно найвищі середні концентрації нітрогену амонійного впродовж дослідження виявлено у воді р. Стубелка, а найнижчі – у воді оз. Засвітське. Вміст нітритів перевищує нормативні значення у воді р. Стубелка у 2,26 рази (листопад), Хрінницького водосховища у 1,48–1,77 рази (жовтень, листопад), оз. Засвітське у 3,90–24,64 рази (червень, липень та жовтень). Концентрація нітратів змінюється у воді р. Стубелка від 0,1285 мг/дм³ до 6,2463 мг/дм³, Хрінницького водосховища від 0,0709 мг/дм³ до 26,8015 мг/дм³, оз. Засвітське від 0,0665 мг/дм³ до 0,9746 мг/дм³, а Морозівського кар'єру від 0,0487 мг/дм³ до 2,3479 мг/дм³. Впродовж усіх місяців перевищень ГДК нітратів у воді водних об'єктів не виявлено. Присутність індикатора «свіжого» забруднення води (нітрогену амонійного) у водоймах свідчить про постійне надходження забруднюючих речовин, особливо до р. Стубелка та Хрінницького водосховища. Перевищення нормативних показників нітритів восени (р. Стубелка, Хрінницьке водосховище, оз. Засвітське) та влітку (оз. Засвітське) зумовлено вповільненням процесів їхнього окиснення до нітратів та посиленням антропогенного впливу.

Вміст сполук Нітрогену у водних об'єктах змінюється наступним чином: NH_4^+ – річка > водосховище > кар'єр > озеро; NO_2^- – озеро > річка > водосховище > кар'єр; NO_3^- – водосховище > річка > кар'єр > озеро. Зміщення рівноваги в системі амоній ↔ нітрити ↔ нітрати в бік нітратів характерно для всіх водних об'єктів, особливо влітку. Зміщення рівноваги в бік амонію найчастіше спостерігається восени. Найвищі значення рН виявлено у воді Хрінницького водосховища, а найнижчі – у оз. Засвітське. Найбільш помітні коливання та найнижчі концентрації розчиненого кисню зафіксовано у р. Стубелка, а найвищі у воді оз. Засвітське. рН у водних об'єктах змінюється наступним чином: водосховище > річка > кар'єр > озеро. Вміст розчиненого кисню у водоймах має вигляд: озеро > кар'єр > водосховище > річка.

ЛІТЕРАТУРА

- Водний фонд України: штучні водойми – водосховища і ставки : довідник / В. В. Гребінь, В. К. Хільчевський, В. А. Сташук, О. В. Чунарьов, О. Є. Ярошевич. Київ : «Інтерпрес ЛТД», 2014. 164 с.
- Коротун І. М., Коротун Л. К. Географія Рівненської області: природа, населення, господарство, екологія : навч. підручник. Рівне: 1996. 380 с.
- Мазур К. Ю., Шелюк Ю. С. Різноманіття фітопланктону кар'єру Морозівського (Рівненська область). *Біологічні дослідження – 2014* : збірник наукових праць V Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2014. С. 241–243.
- Набиванець Б. Й., Осадчий В. І., Осадча Н. М., Набиванець Ю. Б. Аналітична хімія поверхневих вод / Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут. Київ : Наукова думка, 2007. 456 с.
- Kovalchuk I. P., Martyniuk V. O., Šeirienė V. The basin-landscape approach to the protection and condition optimization of the lakes of the National Parks. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2020. Т. 53. С. 238–254. DOI: 10.26565/2410-7360-2020-53-18

- Kumar P., Lai S. H., Wong J. K., Mohd N. S., Kamal M. R., Afan H. A., Ahmed A. N., Sherif M., Sefelnasr A., El-Shafie A. Review of nitrogen compounds prediction in water bodies using artificial neural networks and other models. *Sustainability*. 2020. Vol. 12(11). P. 43–59. DOI: 10.3390/su12114359
- Kumar S., Sterner R. W., Finlay J. C., Brovold S. Spatial and temporal variation of ammonium in Lake Superior. *Journal of Great Lakes Research*. 2007. Vol. 33(3). P. 581–591. DOI: 10.3394/0380-1330(2007)33[581:SATVOA]2.0.CO;2
- Ostrom N. E., Long D. T., Bell E. M., Beals T. The origin and cycling of particulate and sedimentary organic matter and nitrate in Lake Superior. *Chem. Geol.* 1998. Vol. 152. P. 13–28.

REFERENCES

- Hrebin, V. V., Khilchevskiy, V. K., Stashuk, V. A., Chunarov, O. V., & Yaroshevych, O. Ye. (2014). *Vodnyi fond Ukrainy: shtuchni vodoimy – vodoskhovyshcha i stavky: dovidnyk [Water Fund of Ukraine: artificial reservoirs - reservoirs and ponds: reference book]*. Kyiv: “Interpres LTD” [in Ukrainian].
- Korotun, I. M. & Korotun, L. K. (1996). *Heohrafiia Rivnenskoï oblasti: pryroda, naselennia, hospodarstvo, ekolohiia: navch. pidruchnyk [Geography of the Rivne region: nature, population, economy, ecology: a textbook]*. Rivne [in Ukrainian].
- Kovalchuk, I. P., Martyniuk, V. O., & Šeirienė, V. (2020). The basin-landscape approach to the protection and condition optimization of the lakes of the National Parks. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina, seriia «Heolohiia. Heohrafiia. Ekolohiia» [Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series «Geology. Geography. Ecology»]*, 53, 239–254. DOI: 10.26565/2410-7360-2020-53-18
- Kumar, P., Lai, S.H., Wong, J.K., Mohd, N.S., Kamal, M.R., Afan, H.A., Ahmed, A.N., Sherif, M., Sefelnasr, A., & El-Shafie, A. (2020). Review of nitrogen compounds prediction in water bodies using artificial neural networks and other models. *Sustainability*, 12(11), 43–59. DOI: 10.3390/su12114359
- Kumar, S., Sterner, R. W., Finlay, J. C., & Brovold, S. (2007). Spatial and temporal variation of ammonium in Lake Superior. *Journal of Great Lakes Research*, 33(3), 581–591. DOI: 10.3394/0380-1330(2007)33[581:SATVOA]2.0.CO;2
- Mazur, K. Y., & Sheliuk, Y. S. (2014). Diversity of phytoplankton of Morozovsky quarry (Rivne region) [Diversity of phytoplankton in the Morozivskiy quarry (Rivne region)]. In *Biologichni doslidzhennia – 2014: zbirnyk naukovykh prats V Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh uchenykh i studentiv [Biological research – 2014: Collection of scientific papers of the V All-Ukrainian scientific and practical conference of young scientists and students]* (pp. 241–243). Zhytomyr: I. Franko Zhytomyr State University [in Ukrainian].
- Nabyvanets, B. I., Osadchyi, V. I., Osadcha, N. M., & Nabyvanets Yu. B. (2007). *Analitychna khimiia poverkhnevyykh vod. [Analytical chemistry of surface waters]*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
- Ostrom, N. E., Long, D.T., Bell, E. M., & Beals, T. (1998). The origin and cycling of particulate and sedimentary organic matter and nitrate in Lake Superior. *Chem. Geol.* 152, 13–28.

Basaraba I. V., Sukhodolska I. L.

Rivne State University for the Humanities

THE NITROGEN COMPOUNDS CONCENTRATION IN WATER ECOSYSTEMS OF DIFFERENT TYPES

The study researches the changes in the nitrogen compounds concentration (NH_4^+ , NO_2^- i NO_3^-) in water ecosystems of different types (the river Stubelka, the Khrinnyky reservoir, Lake Zasvitske and Morozivka quarry) and discusses ecological consequences of their balance shift. The author defines ammonium and nitrites as the predominant form of the nitrogen compounds. It was

recorded the exceeding of the maximum permissible concentrations of ammonium nitrogen in the water of river Stubelka (1.16–3.44 times), the Khrinnyky reservoir (1.26-2.06 times), Lake Zasvitske (1.49 times) and Morozivka quarry (1.62 times) that is primarily caused by precipitation, household and agricultural land sewage as a result of mineral and organic fertilizers use. The nitrites concentration exceeds the standard values in the water of the river Stubelka (2.26 times), the Khrinnyky reservoir (1.48-1.77 times) and Lake Zasvitske (3.90-24.64 times) that indicates a slowdown in their oxidation to nitrates and a high risk of secondary pollution of water reservoirs. The nitrates concentration is within the limits of permissible values. It is demonstrated that the nitrogen compounds concentration in water reservoirs changes as follows: NH_4^+ – river > reservoir > quarry > lake; NO_2^- – lake > river > reservoir > quarry; NO_3^- – reservoir > river > quarry > lake. The balance shift in the ammonium ↔ nitrite ↔ nitrate system towards nitrates is most often characteristic of all water reservoirs in summer and towards ammonium in autumn. $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ maximum ratio was found in the Khrinnyky reservoir (94.81), Morozivka quarry (9.55), Lake Zasvitske (5.84) and the river Stubelka (3.80). The pH changes in the water of the river Stubelka (6.7-7.3), the Khrinnyky reservoir (7.0-7.5), Lake Zasvitske (5.9-7.2) and Morozivka quarry (6.5-7.4). The study researches fluctuations in the dissolved oxygen concentration in the water of the river Stubelka (5.7-8.5 mg O_2/dm^3), the Khrinnyky reservoir (4.4-9.5 mg O_2/dm^3), Lake Zasvitske (8.6-10.0 mg O_2/dm^3) and Morozivskyi quarry (8.7-9.3 mg O_2/dm^3). The concentration of dissolved oxygen in water reservoirs is as follows: lake > quarry > reservoir > river. The presence of an indicator of «fresh» water pollution (ammonium nitrogen) in all reservoirs indicates a constant influx of pollutants, especially intensively to the river Stubelka and the Khrinnyky Reservoir.

Keywords: dissolved oxygen, water active reaction, equilibrium shift in the nitrates ↔ nitrites ↔ ammonium system, river, reservoir, quarry, lake.

Надійшла до редакції 12.04.2023