

ВОДНА ТОКСИКОЛОГІЯ

УДК 574.4:504.054

Л.О. ГОРБАТЮК, к. т. н., ст. наук. співроб., ст. наук. співроб.,
Інститут гідробіології НАН України,
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна,
e-mail: ludmila.horbatyuk@gmail.com
ORCID 0009-0004-0481-1027

О.О. ПАСІЧНА, к. б. н., ст. досл., ст. наук. співроб.,
Інститут гідробіології НАН України,
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна,
e-mail: ecorasichna@gmail.com
ORCID 0009-0008-4297-5291

П.Д. КЛОЧЕНКО, д. б. н., проф., завідувач відділу,
Інститут гідробіології НАН України,
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна
e-mail: pklochenko@ukr.net
ORCID 0000-0003-4886-6746

М.О. ПЛАТОНОВ, к. б. н., наук. співроб.,
Інститут гідробіології НАН України,
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна,
e-mail: n.platonov73@gmail.com
ORCID 0009-0008-4075-4604

Т.В. ВІТОВЕЦЬКА, к. х. н., доцент,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
просп. Повітрофлотський, 31, Київ, 03680, Україна
e-mail: vitovetskaya@ukr.net

О.О. ГОДЛЕВСЬКА, к. фіз.-мат. н., доцент,
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041, Україна
e-mail: godlevok@gmail.com
ORCID 0000-0001-9446-1112

СЕЗОННІ ЗМІНИ ВМІСТУ НАФТОПРОДУКТІВ, ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН ТА ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ВОДОЙМАХ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «ГОЛОСІВСЬКИЙ» (УКРАЇНА)

Досліджено сезонні зміни концентрації нафтопродуктів, аніонних поверхнево-активних речовин та важких металів у воді трьох каскадів ставків Національ-

Ц и т у в а н н я: Горбатюк Л.О., Пасічна О.О., Клоченко П.Д., Платонов М.О., Вітовецька Т.В., Годлевська О.О. Сезонні зміни вмісту нафтопродуктів, поверхнево-активних речовин та важких металів у водоймах Національного природного парку «Голосіівський» (Україна). *Гідробіол. журн.* 2026. Т. 62, № 3. С. 72—88.

ного природного парку «Голосіївський» (Україна). Зареєстровано суттєве зростання концентрації нафтопродуктів і аніонних поверхнево-активних речовин у воді зазначених водойм в літній період порівняно з весняним. Восени у більшості ставків відзначено зниження вмісту нафтопродуктів, проте концентрація аніонних поверхнево-активних речовин продовжувала зростати. Виявлено тенденцію до зменшення концентрації важких металів у воді Китаївських та Дідорівських ставків у літній сезон, тоді як у Горіховатських ставках спостерігалось зростання концентрації важких металів у різні сезони, що, очевидно, пов'язано з вищим рівнем антропогенного навантаження на ці водні об'єкти.

Ключові слова: нафтопродукти, аніонні синтетичні поверхнево-активні речовини, важкі метали, сезонна динаміка, ставки, Національний природний парк «Голосіївський», Україна.

Останні десятиліття спостерігається стійка тенденція до погіршення екологічного стану внутрішніх водойм м. Києва внаслідок стрімкого розвитку мегаполісу, що призводить до збільшення кількості забруднюючих речовин у водних об'єктах столиці [16]. Це стосується, насамперед, водойм, розташованих поблизу об'єктів промислової і транспортної інфраструктури міста, крупних житлових масивів, транспортних вузлів з інтенсивним рухом тощо. Однак, негативні екологічні наслідки інтенсивної господарської діяльності відзначаються також у водоймах рекреаційних і паркових зон м. Києва, серед яких особливе місце належить Національному природному парку (НПП) «Голосіївський». Цінність цього об'єкту природно-заповідного фонду України визначається не лише природним ландшафтом та біорізноманіттям його флори і фауни, а й наявністю складного комплексу водойм і водотоків. У північній частині парку він сформований трьома каскадами ставків: Горіховатським (на р. Горіховатка), Дідорівським (на Дідорівському струмку) та Китаївським (на Китаївському струмку). Кожний каскад складається з чотирьох штучно створених водойм, які сполучені між собою [7].

Розташування в глибині урбанізованого ландшафту зумовлює посилений техногенний і рекреаційний тиск на ставки Голосіївського парку з боку мегаполісу, про що свідчить багаторічна тенденція до погіршення еколого-токсикологічного стану цих водойм [1, 21, 22].

Одними з найбільш небезпечних поллютантів, що потрапляють у ставки Голосіївського парку, є нафтопродукти (НП), аніонні поверхнево-активні речовини (АПАР) та важкі метали (ВМ), токсичний вплив яких на гідробіоти та водні екосистеми в цілому доведений численними дослідженнями [1, 15, 19, 24, 32]. У зв'язку з цим метою роботи було дослідження сезонних змін вмісту токсичних речовин (НП, АПАР, ВМ) у водоймах НПП «Голосіївський» та оцінка їх потенційної загрози для функціонування гідробіотів.

Матеріал і методика досліджень

Об'єктами дослідження були 12 ставків, розташованих на території НПП «Голосіївський» (50°22'47" N, 30°30'21" E) (рис. 1). Вони утворюють три каскади ставків (Горіховатські, Китаївські та Дідорівські) з чотирьох

ISSN 0375-8990. Гідробіологічний журнал. 2026. 62(3) 73

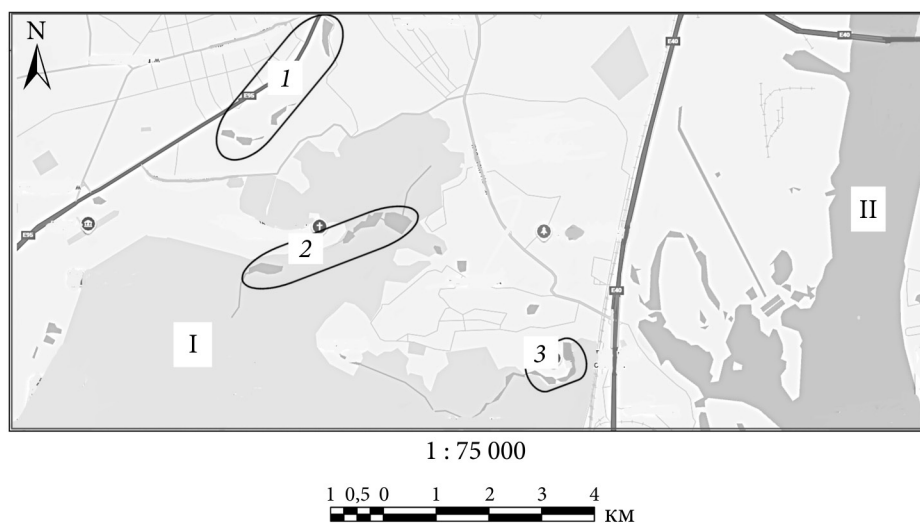


Рис. 1. Карта-схема розташування водойм Національного природного парку «Голосіївський». I — НПП «Голосіївський»: 1 — Горіховатські; 2 — Дідорівські; 3 — Ки-таївські ставки. II — річкова ділянка Канівського водосховища

сполучених між собою штучних водойм кожний (рис. 2) [15]. Загальна площа ставків становить 5,0, 4,3 і 10,3 га відповідно [23]. Глибина ставків в центральній частині коливається від 0,5—1,0 до 2,0—3,0 м, а живлення здійснюється за рахунок р. Горіховатки, джерельної води та атмосферних опадів.

Відбір проб води з поверхневого шару (0,2—0,3 м) акваторії ставків проводили навесні, влітку та восени 2023 р. за відповідними методиками [2, 4].

В процесі відбору проб для визначення вмісту нафтопродуктів уникали потрапляння їх поверхневої плівки. Для видалення механічних домішок здійснювали фільтрування проб води через паперовий фільтр «червона стрічка». Масову концентрацію розчиненої у воді фракції нафтопродуктів визначали флуориметричним методом на аналізаторі рідини «Флюорат-02-3М». Метод заснований на екстракції нафтопродуктів з води гексаном з подальшим вимірюванням інтенсивності флуоресценції отриманого екстракту [5].

Визначення АПАР у воді проводили колориметричним методом, який заснований на реакції АПАР з катіонним барвником метиленовим блакитним з утворенням забарвленої комплексної сполуки, яку екстрагують із води хлороформом [3].

Для визначення ВМ у розчинній формі ($\text{Cu}_{\text{розч}}$, $\text{Zn}_{\text{розч}}$, $\text{Fe}_{\text{розч}}$, $\text{Mn}_{\text{розч}}$, $\text{Pb}_{\text{розч}}$, $\text{Ni}_{\text{розч}}$) відібрану воду фільтрували через нітроцелюлозні мембранні фільтри «Fioroni» (КНР) з діаметром пор 0,45 мкм, потім підкисляли концентрованою азотною кислотою (з розрахунку 12 см³ кислоти на 1 дм³

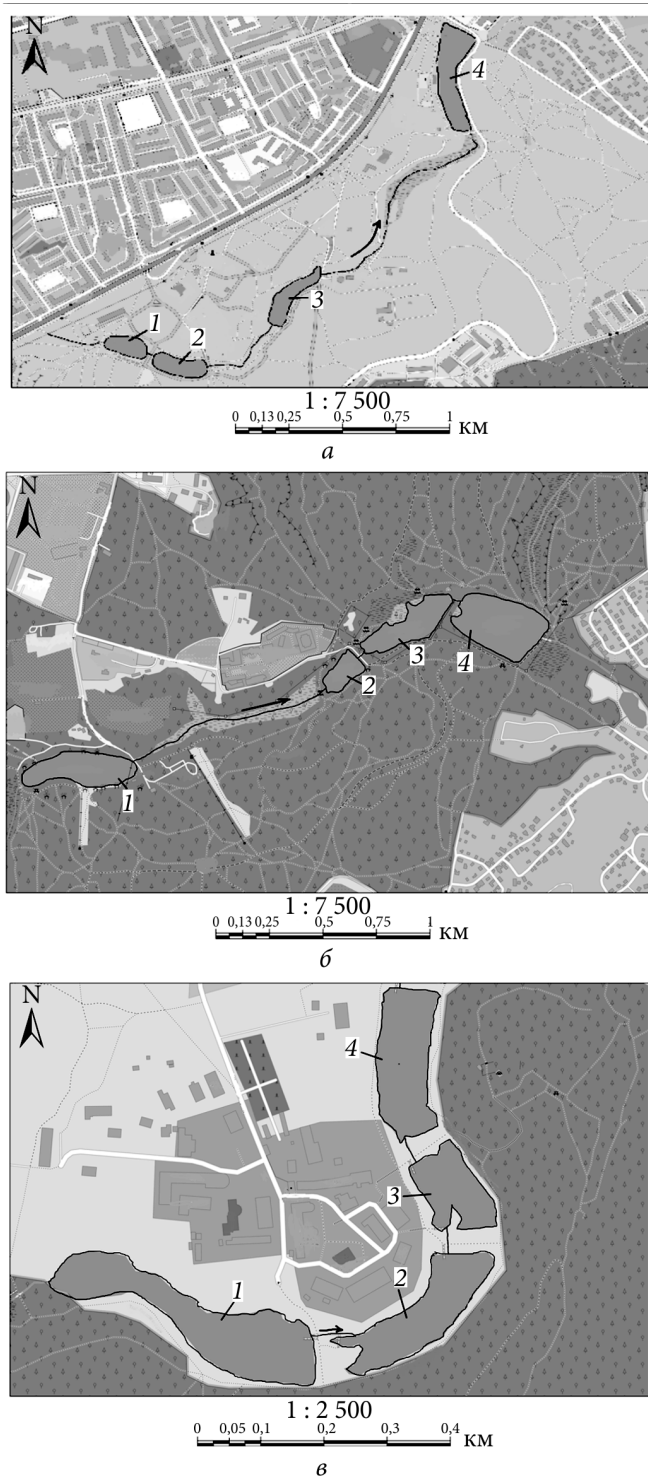


Рис. 2. Карта-схема каскадів ставків Національного природного парку «Голосіївський»: а — Горіховатські; б — Дідорівські; в — Китаївські. Цифрами позначено номери водойм

води) [2]. Визначення концентрації розчиненої форми металів у воді проводилось методом оптичної емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою на оптичному емісійному спектрометрі iCAP 6300 Duo (Thermo-Fisher Corporation, США) [6].

Статистичну обробку одержаних даних (розрахунок середнього значення та стандартного відхилення ($M \pm m$) із 3—4 визначень) проводили за допомогою програми MS Excel 2016. При описі результатів досліджень використовували середні значення. Результати статистичної обробки відображено на рисунках.

Результати досліджень

Нафтопродукти. Визначення концентрації розчиненої фракції нафтопродуктів у воді ставків НПП «Голосіївський» впродовж 2023 р. показало, що кожному каскаду ставків була властива своя сезонна динаміка концентрації зазначених поллютантів залежно від розташування водойм, а, відповідно, і ступеню антропогенного впливу на кожен із них (рис. 3).

Горіховатські ставки в цілому мали найвищий рівень забруднення нафтопродуктами порівняно з іншими водоймами. Так, зокрема, у літній сезон їхня концентрація у верхніх ставках (№ 1, 2) досягала значення $0,1 \text{ мг/дм}^3$, що удвічі перевищує межу допустимих значень, які є сприятливими для функціонування водних екосистем [13].

Серед водойм цього каскаду ставки № 3 і 4, які розташовані нижче за течією р. Горіховатки, відрізнялися більш низькими концентраціями нафтопродуктів в усі досліджені сезони року.

Слід зазначити, що для усіх Горіховатських ставків, окрім ставка № 4, спостерігалось збільшення концентрації нафтопродуктів у воді влітку, порівняно з весняним сезоном. Максимально зросла їхня кількість у ставку № 2 — практично у два рази, в той час, як у ставку № 1 і 3 зростання концентрації нафтопродуктів від весни до літа становило 27 і 19 % відповідно. І лише у ставку № 4 концентрація нафтопродуктів у весняно-літній сезон залишалася практично без змін (рис. 3, а).

Восени в усіх водоймах даного каскаду відзначалося суттєве (на 25,0—51,5 %) зменшення концентрації нафтопродуктів у воді порівняно з літнім сезоном.

Рівень нафтового забруднення Китаївських ставків був найнижчим серед усіх трьох каскадів (рис. 3, б). Так само, як і для Горіховатських, для Китаївських ставків було властиве зростання концентрації нафтопродуктів влітку порівняно з весняними показниками, яке виявилось максимальним для ставків № 1 і 2.

Восени у більшості Китаївських ставків, на відміну від Горіховатських, мало місце незначне зменшення концентрації нафтопродуктів (не перевищувало 9,5 %) і лише у ставку № 4 вона знизилася на 35 % у порівнянні з літнім сезоном.

Дідорівські ставки за ступенем нафтового забруднення води займали проміжне місце серед інших досліджуваних водойм. При цьому сезонна динаміка концентрації нафтопродуктів в окремих ставках мала свою спе-

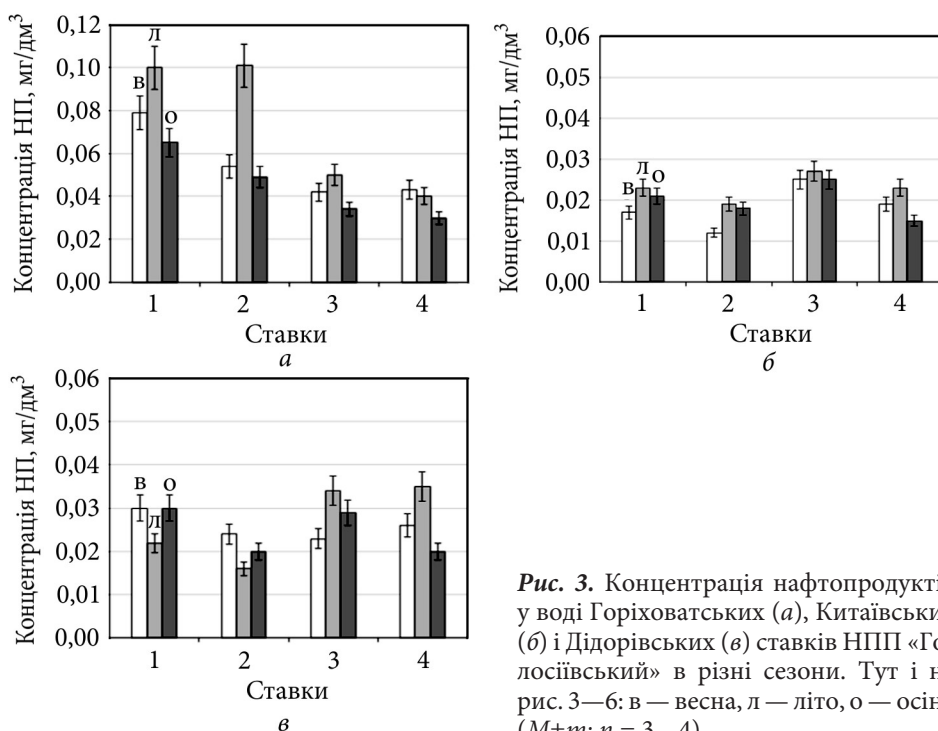


Рис. 3. Концентрація нафтопродуктів у воді Горіховатських (а), Китаївських (б) і Дідорівських (в) ставків НПП «Голосіївський» в різні сезони. Тут і на рис. 3—6: в — весна, л — літо, о — осінь ($M \pm t$; $n = 3-4$)

цифіку. Привертає увагу, що у ставках № 1 і 2 концентрація нафтопродуктів від весни до літа помітно знижувалася — на 27 і 33 % відповідно. Натомість у ставках № 3 і 4 влітку відмічалось збільшення забрудненості нафтопродуктами, концентрація яких зростала відповідно на 48 і 35 % порівняно з весняним рівнем.

В осінній сезон у Дідорівських ставках № 3 і 4, як і в переважній більшості ставків Голосіївського парку, концентрація нафтопродуктів зменшувалась порівняно з літніми величинами. В той же час, у ставках № 1 і 2 восени спостерігалася протилежна динаміка: концентрація нафтопродуктів підвищувалася порівняно з літнім періодом і практично поверталася на весняний рівень (рис. 3, в).

Отже, аналіз сезонних змін нафтового забруднення ставків НПП «Голосіївський» у 2023 р. свідчить про те, що у переважній більшості випадків спостерігалася тенденція до зростання концентрації нафтопродуктів у воді в літній період порівняно з весняним, з наступним її зниженням восени.

Аніонні поверхнево-активні речовини. Аніонні поверхнево-активні речовини — важлива складова більшості детергентів та миючих засобів. Незважаючи на високу ефективність видалення при очищенні стоків, певна частка АПАР все ж надходить у водні екосистеми внаслідок великих обсягів їхнього споживання [19].

Визначення концентрації АПАР у воді ставків НПП «Голосіївський» навесні 2023 р. показало (рис. 4), що майже в усіх водоймах рівень забруд-

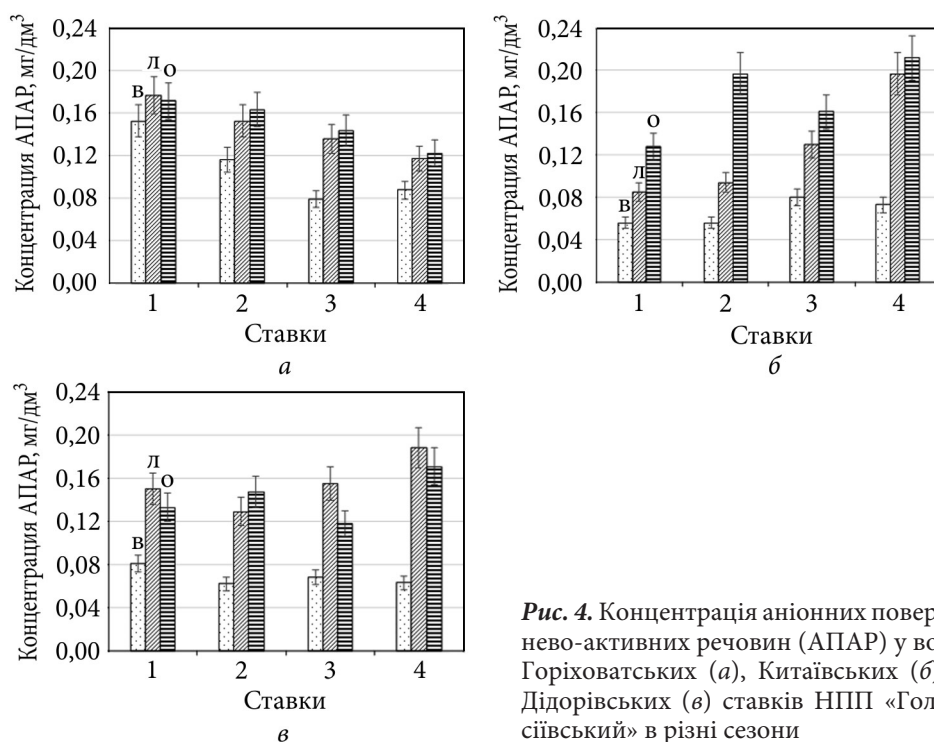


Рис. 4. Концентрація аніонних поверхнево-активних речовин (АПАР) у воді Горіховатських (а), Китаївських (б) і Дідорівських (в) ставків НПП «Голосіївський» в різні сезони

нення АПАР не перевищував встановлені нормативні значення ($0,1 \text{ мг/дм}^3$), які вважаються сприятливими для функціонування водних екосистем [3]. Виключення становили лише Горіховатські ставки № 1 і 2, концентрація АПАР у яких становила $0,152$ і $0,116 \text{ мг/дм}^3$ відповідно.

З настанням літнього сезону в усіх Горіховатських ставках спостерігалось збільшення концентрації АПАР, інтенсивність якого відрізнялася для різних водойм (рис. 4, а). Так, в найбільшій мірі (на 71 %), зросла концентрація АПАР у ставку № 3, менш помітно у ставках № 4 і 2, у ставку № 1 — лише на 16 %.

Для Китаївських ставків влітку було характерне більш суттєве, ніж для Горіховатських, зростання концентрації АПАР (рис. 4, б). Згідно отриманих даних, воно становило 52—63 %, а у ставку № 4 концентрація АПАР досягала $0,197 \text{ мг/дм}^3$, що майже вдвічі перевищує гранично допустимий рівень.

Що стосується каскаду Дідорівських ставків, то від весни до літа в них також відзначалося інтенсивне зростання концентрації АПАР у воді (рис. 4, в). Так, у ставках № 1—3 концентрація АПАР влітку збільшилася в 1,8—2,3 рази, а у ставку № 4 — практично у 3 рази, що перевищує нормативне значення на 88 %.

В осінній період динаміка вмісту АПАР у воді ставків Голосіївського парку суттєво відрізнялася для різних каскадів водойм.

Так, зокрема, у Горіховатському ставку № 1 концентрація АПАР восени залишилася практично на тому ж рівні, що й влітку, в той час як у решті водойм зафіксовано її невелике зростання на 4—7 % порівняно з літнім показником.

У Китаївських ставках восени продовжувалося подальше зростання концентрації АПАР у воді. Максимально, понад ніж удвічі, збільшився цей показник у ставку № 2. В інших водоймах концентрація АПАР восени також зростає, і в результаті у ставках № 2 і 4 в осінній сезон вона перевищувала нормативне значення у 1,9 і 2,1 разів відповідно.

Стосовно Дідорівських ставків, то у більшості із них з настанням осені мало місце зниження на 9—24 % концентрації АПАР у воді порівняно з літнім сезоном. Виключення становив лише ставок № 2, у якому восени спостерігалось невелике зростання концентрації АПАР (на 14 %).

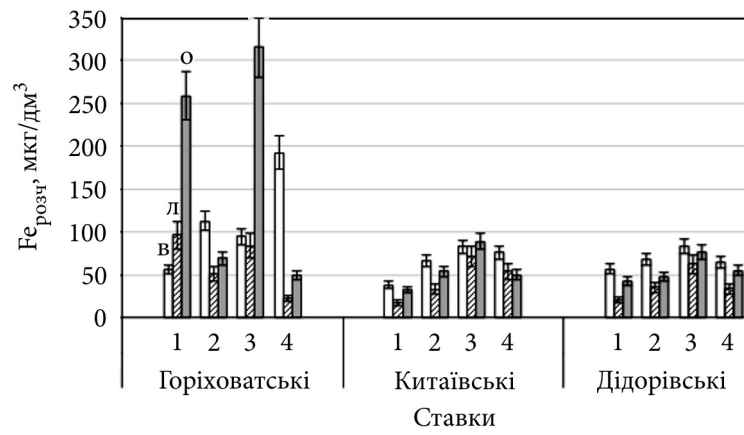
Незважаючи на відмінності у динаміці, концентрація АПАР в усіх ставках НПП «Голосіївський» восени перевищувала значення ($0,1 \text{ мг/дм}^3$), яке вважається прийнятним для функціонування водних екосистем [3].

Важкі метали. Відомо, що більшість ВМ (Mn, Fe, Zn, Cu, Co, Ni) є мікроелементами, необхідними для життєдіяльності живих організмів, однак, зростання концентрації ВМ у водоймах негативно впливає на біоту, призводячи до численних порушень фізіолого-біохімічних процесів [9, 11]. Такі метали як Pb, Cd, Hg не мають відомої біологічної ролі і можуть виявляти токсичність навіть у незначних концентраціях [9, 29].

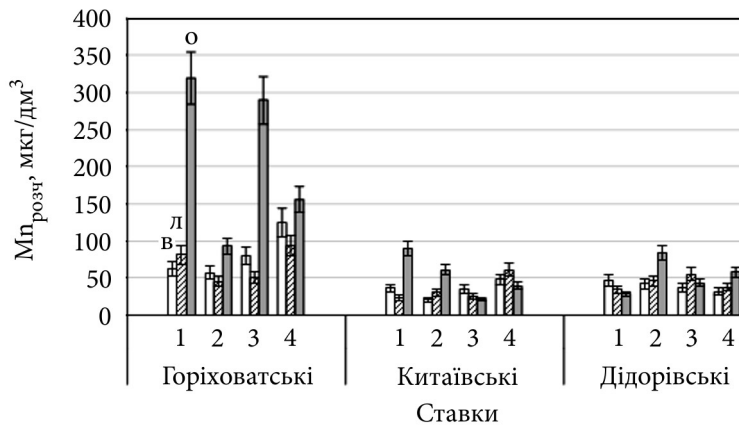
Найбільш токсичною і біодоступною є розчинна форма металів [26], концентрація якої у воді природних водойм визначається багатьма чинниками, зокрема, сезонним надходженням органічної речовини, рН водного середовища та вмістом в ньому кисню [11, 33].

Виявлені концентрації ВМ у розчиненій формі у водоймах НПП «Голосіївський» весною, влітку і восени відображені на рисунках 5 і 6.

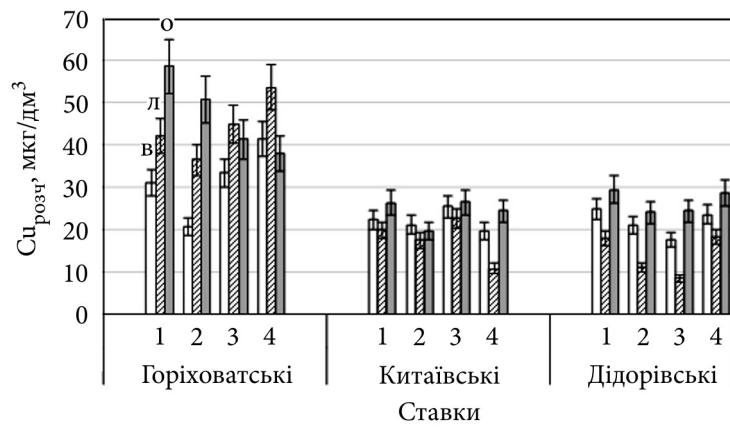
На рисунку 5, а показано, що вода Горіховатських ставків характеризувалась вищим вмістом розчиненого феруму порівняно з іншими водоймами НПП «Голосіївський». Так, у воді Горіховатських ставків № 1 і 3 максимальну концентрацію $\text{Fe}_{\text{розч}}$ виявлено восени ($258,3$ і $314,0 \text{ мкг/дм}^3$ відповідно), а у воді ставків № 2 і 4 — навесні ($113,2$ і $192,1 \text{ мкг/дм}^3$ відповідно). Виявлені максимуми концентрацій металу у воді Горіховатських ставків можуть бути пов'язані з антропогенним забрудненням [15]. Варто зазначити, що у поверхневому шарі води більшості досліджуваних водойм виявлена тенденція до зменшення концентрації $\text{Fe}_{\text{розч}}$ влітку порівняно з весняним сезоном, яка становила: для Горіховатських ставків — $22,4$ — $96,3 \text{ мкг/дм}^3$, для Китаївських — $17,3$ — $71,6$ і для Дідорівських ставків — $21,2$ — $62,8 \text{ мкг/дм}^3$. Зменшення концентрації феруму в поверхневому горизонті водойм і збільшення — у придонному може бути наслідком літньої стратифікації води [10]. Встановлено, що в умовах дефіциту розчиненого кисню у придонних шарах води збільшується концентрація Fe (II) у вигляді гідросокомплексів і комплексів з неорганічними лігандами внаслідок надходження з донних відкладів, а також



а



б



в

Рис. 5. Концентрація розчинної форми феруму (а), мангану (б) та купруму (в) у воді ставків НПП «Голосіївський» в різні сезони

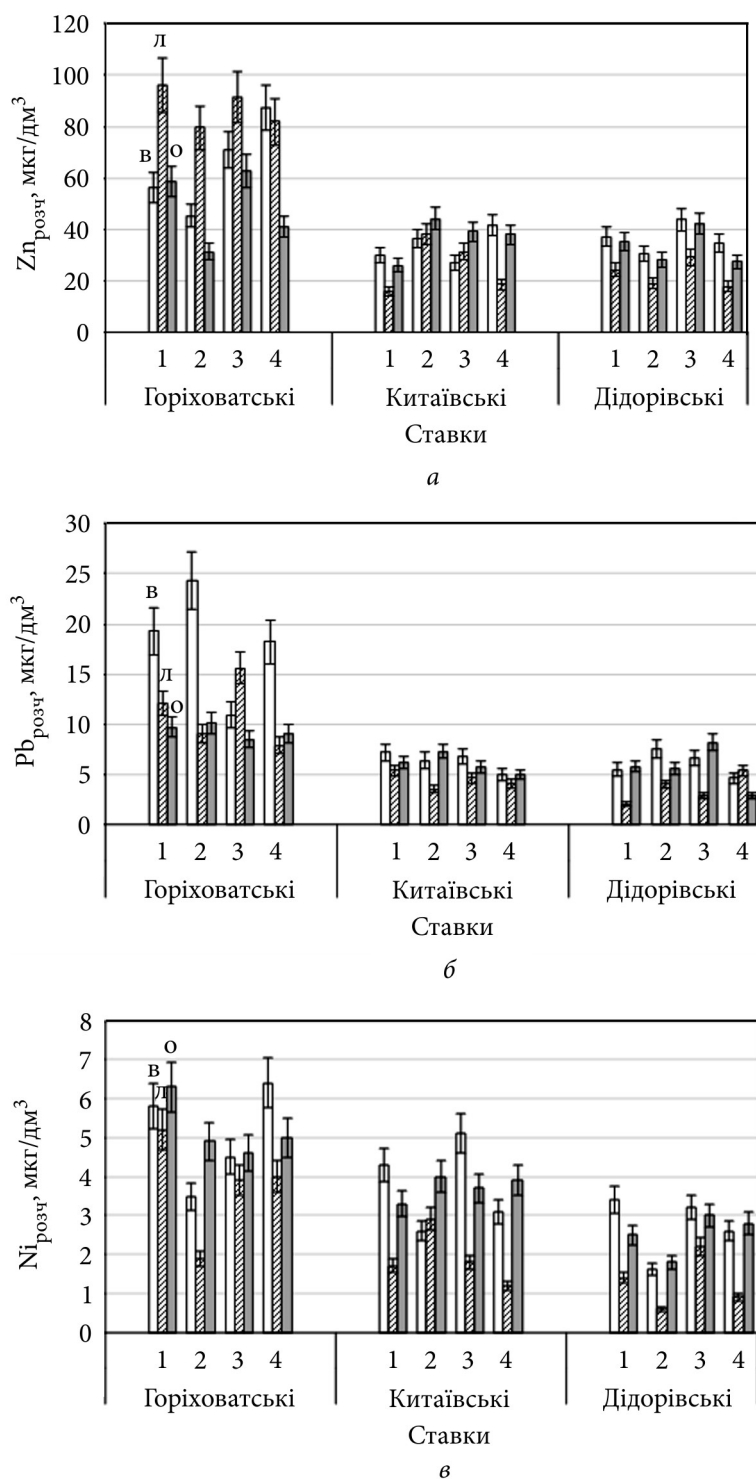


Рис. 6. Концентрація розчинної форми цинку (а), пльомбуму (б) та нікелю (в) у воді ставків НПП «Голосіївський» в різні сезони

Fe (II) міститься у складі слабких комплексів з розчиненими органічними речовинами [1]. Також влітку відбувається поглинання і накопичення феруму водними рослинами, оскільки цей метал є необхідним для життєдіяльності рослинних організмів мікроелементом, який бере участь в процесах фотосинтезу, дихання, синтезу хлорофілу, входить до складу багатьох ферментів та відіграє ключову роль у метаболізмі [33].

Щодо осіннього періоду, то концентрація $Fe_{розч}$ у воді досліджуваних ставків коливалася в таких межах: для Горіховатських ставків — від 50,4 до 314,0 мкг/дм³, для Китаївських — від 32,6 до 89,2 і для Дідорівських — від 42,7 до 77,1 мкг/дм³ (див. рис. 5, а).

Концентрації $Mn_{розч}$ у воді Горіховатських ставків весною, влітку та восени знаходились в межах 57,0—124,5, 45,2—93,7, 92,1—319,4 мкг/дм³ відповідно; Китаївських — 20,2—47,7, 23,2—60,7, 21,0—89,6 мкг/дм³; Дідорівських — 31,2—46,4, 34,3—55,1, 27,8—83,9 мкг/дм³ відповідно (рис. 5, б). Слід зазначити, що у Горіховатських ставках № 1—4, Китаївських — № 1 і 2 та Дідорівських — № 2 і 4 виявлено зростання концентрації розчиненого мангану восени порівняно з літнім сезоном, що може бути пов'язано як з відмиранням рослинних організмів, так і з порушенням літньої стратифікації води, що призводить до змішування її шарів. Це спричиняє підйом таких металів, як манган і залізо, з придонних горизонтів, де влітку в умовах дефіциту кисню підвищується концентрація їх розчинної форми внаслідок надходження з донних відкладів, до поверхневих шарів води [1, 10].

У воді Горіховатських ставків в усі сезони виявлено такі концентрації $Cu_{розч}$, які значно перевищують концентрації металу, вказані як достатньо сприятливі для функціонування водних екосистем (<20 мкг/дм³ $Cu_{розч}$) [13] (рис. 5, в). При цьому концентрації $Cu_{розч}$, виявлені у воді цих водойм влітку (36,5—53,7 мкг/дм³) були вищими, ніж концентрації металу весною (20,6—41,8 мкг/дм³), що може бути зумовлено антропогенним забрудненням зазначених водойм. Наслідком цього могло бути і значне зростання концентрації $Cu_{розч}$ у воді Горіховатських ставків № 1 і 2 восени (58,7 і 49,9 мкг/дм³). Підвищений вміст $Cu_{розч}$ у цих ставках було зареєстровано і в минулі роки [20], що свідчить про їх хронічне забруднення. Виявлені концентрації купруму у водоймах Горіховатського каскаду можуть токсично впливати на гідробіонти, що доведено результатами експериментальних досліджень [27, 31, 32].

Для Китаївських ставків № 1, 2 і 3 не встановлено суттєвих відмінностей у концентрації $Cu_{розч}$ весною, влітку та восени, яка знаходилась в межах 11,4—26,5 мкг/дм³, тоді як у воді Китаївського ставка № 4 та Дідорівських ставків № 1—4 спостерігалось зниження концентрації $Cu_{розч}$ влітку та зростання — восени (див. рис. 5, в).

Концентрація $Zn_{розч}$ у водоймах НПП «Голосіївський» коливалась в межах від 27,1 до 87,6 мкг/дм³ весною, від 16,0 до 96,1 мкг/дм³ — влітку та від 26,0 до 63,2 мкг/дм³ — восени (рис. 6, а). Найвищі концентрації цинку виявлені у воді Горіховатських ставків влітку (79,5—96,1 мкг/дм³), які перевищують рекомендовану ЄС концентрацію $Zn_{розч}$ для водойм I—II кла-

су якості вод (≤ 70 мкг/дм³) [13], і можуть бути спричинені антропогенним забрудненням зазначених водойм. У воді Китаївських та Дідорівських ставків концентрація $Zn_{розч}$ знаходилась в межах від 16,1 до 44,3 мкг/дм³ та мала тенденцію до зниження в літній сезон порівняно з весняним та осіннім (див. рис. 6, а).

Високі концентрації $Pb_{розч}$ (10,9—24,3 мкг/дм³) виявлено у воді Горіховатських ставків у весняний сезон, що може бути обумовлено надходженням змивних вод внаслідок танення снігу (рис. 6, б). Влітку і восени концентрації $Pb_{розч}$ у воді Горіховатських ставків становили 7,9—15,6 і 8,5—10,1 мкг/дм³ відповідно. Згідно нормативів Європейського Союзу максимальна допустима концентрація плумбуму та його сполук у внутрішніх поверхневих водах становить 14 мкг/дм³, а середньорічне значення — 1,2 мкг/дм³ [12]. Тому за концентрацією плумбуму у воді Горіховатські ставки можна вважати досить забрудненими і з несприятливими умовами для функціонування гідробіонтів. У воді Китаївських та Дідорівських ставків концентрація плумбуму весною, влітку та восени знаходилась в межах 4,6—7,6, 2,0—5,4 і 2,9—8,2 мкг/дм³ відповідно (див. рис. 6, б). У більшості досліджуваних водойм парку концентрація $Pb_{розч}$ була нижчою в літній сезон, що, очевидно, обумовлено зростанням здатності металу до комплексоутворення і випадіння в осад при підвищенні рН водного середовища в результаті життєдіяльності рослинних організмів влітку [25].

Концентрація $Ni_{розч}$ у воді Горіховатських ставків весною, влітку і восени знаходились в межах 3,5—6,4, 1,9—5,2 і 4,6—6,3 мкг/дм³ відповідно; Китаївських — 2,6—5,1, 1,2—2,9 і 3,3—4,0 мкг/дм³; Дідорівських — 1,6—3,4, 0,6—2,2 і 1,8—3,0 мкг/дм³ відповідно (рис. 6, в). Згідно європейських нормативів [12] середньорічна концентрація нікелю та його сполук у внутрішніх поверхневих водах не повинна перевищувати 4 мкг/дм³.

Слід зазначити, що у більшості досліджуваних водойм відбувалося зниження концентрації нікелю влітку порівняно з весняним періодом, можливо, внаслідок поглинання металу вищими водними рослинами та водоростями, оскільки нікель є мікроелементом, який бере участь у процесах життєдіяльності рослинних організмів [11]. Восени ж відбувалося зростання концентрації металу у воді ставків НПП «Голосіївський», що може бути пов'язано із зниженням функціональної активності і відмиранням водних рослин.

Обговорення результатів досліджень

Відомо [1], що одним із головних чинників формування якості води ставків НПП «Голосіївський» є зовнішній водообмін, який визначається складовими водного балансу. Прибуткову частину цього балансу у досліджуваних водоймах складають атмосферні опади, поверхневі та підземні води.

Попередні дослідження засвідчили, що рівень забруднення ставків НПП «Голосіївський» нафтопродуктами, АПАР та важкими металами, маючи певні особливості для кожного каскаду, в цілому зумовлений

впливом антропогенного навантаження з боку розташованих поблизу об'єктів міської інфраструктури [14, 15]. З огляду на це, збільшення концентрації нафтопродуктів у воді ставків парку в літній сезон, ймовірно, викликано їх посиленням надходженням у складі поверхневого стоку з техногенно забруднених прилеглих територій мегаполісу внаслідок випадання значної кількості опадів. Так, за даними Центральної геофізичної обсерваторії ім. Бориса Срезневського кількість опадів в літній період 2023 р. у Києві становила 242 мм, або 122 % кліматичної норми, причому найбільша їх кількість (дві місячні норми) зафіксована у липні [8].

Осінній сезон 2023 р. у Києві характеризувався досить тривалим періодом підвищених температур, які були вищими за кліматичну норму, з невеликою кількістю опадів. Такі метеорологічні умови могли призвести до зменшення кількості нафтопродуктів, що потрапили з поверхневим стоком, а також сприяти активному перебігу процесів їхньої природної деградації, в результаті чого рівень нафтового забруднення більшості водойм НПП «Голосіївський» восени знизився.

Значне зростання (в деяких випадках у 2—3 рази) концентрації АПАР, яке відзначено влітку в усіх досліджуваних водоймах, може свідчити про інтенсивне потрапляння у ставки НПП «Голосіївський» неочищених або недостатньо очищених стоків комунально-побутового походження з високим вмістом детергентів та миючих засобів.

Варто також зазначити, що концентрація АПАР у воді переважної більшості ставків НПП «Голосіївський» з настанням осені або практично не знижувалася порівняно з літніми значеннями (Горіховатські ставки), або помітно зростала (Китаївські ставки), що вказує на існування стабільних джерел забруднення, мало залежних від сезону. Щодо Дідорівських ставків, то їм було притаманне у більшості випадків зниження концентрації АПАР восени порівняно з літом.

Також для ставків НПП «Голосіївський» можна відмітити і певні закономірності щодо змін концентрації більшості досліджуваних ВМ:

зростання їхньої концентрації у водоймах навесні, очевидно, спричинене надходженням в них змивних вод з навколишніх територій внаслідок танення снігу;

зменшення концентрації металів у воді влітку, ймовірно, обумовлено активним розвитком мікроводоростей та макрофітів у цей період та, відповідно, акумуляцією і поглинанням металів рослинними організмами [28, 30], а також зв'язуванням у комплекси найбільш біодоступної розчинної форми металів при зростанні рН водного середовища внаслідок життєдіяльності гідрофітів. Зниження концентрації $Fe_{розч}$ і $Mn_{розч}$ у поверхневих шарах води може бути також зумовлено літньою стратифікацією води, що зумовлює зростання концентрації цих металів у придонному горизонті в умовах дефіциту кисню [1, 10];

підвищення концентрації металів у воді восени може бути пов'язано з відмиранням і розкладом рослинних організмів та вивільненням акумульованих ними металів у водне середовище, а також зумовлено порушенням літньої стратифікації води [10].

Варто наголосити, що зазначені закономірності сезонних змін концентрації металів у воді були більш характерні для Китаївських та Дідорівських ставків НПП «Голосіївський», які мають менше антропогенне навантаження, тоді як у Горіховатських ставках спостерігалось зростання концентрації важких металів у різні сезони (Cu, Zn — влітку, Mn — восени, Pb — навесні, Fe та Ni — весною і восени), що, очевидно, пов'язано із вищим рівнем антропогенного навантаження на ці водойми.

Значне підвищення вмісту нафтопродуктів у ставках НПП «Голосіївський», яке спостерігалось влітку, АПАР — у багатьох водоймах влітку і восени, а також виявлені концентрації ВМ, які перевищують встановлені нормативи для водних екосистем [12, 13], — зокрема, у Горіховатських ставках в усі сезони, без сумніву, становлять потенційну загрозу для нормального функціонування біоти [9, 14, 17—19, 27, 31, 32]. Це спонукає до регулярного моніторингу еколого-токсикологічного стану водойм НПП «Голосіївський», а також до вжиття невідкладних заходів для виявлення і ліквідації джерел надходження нафтопродуктів, АПАР, важких металів та інших токсичних речовин у водні екосистеми.

Висновки

Визначення концентрації нафтопродуктів, АПАР та важких металів у воді ставків НПП «Голосіївський» впродовж 2023 р. показало, що кожному каскаду була властива своя сезонна динаміка концентрації зазначених токсичних речовин залежно від розташування водойм, а, відповідно, і ступеня антропогенного впливу на кожен із них.

Аналіз сезонних змін ступеня нафтового забруднення ставків НПП «Голосіївський» у досліджуваний період свідчить про тенденцію до зростання концентрації нафтопродуктів у воді більшості водойм влітку порівняно з весною, з наступним її зниженням восени.

Значне підвищення концентрації АПАР в усіх досліджуваних водоймах НПП «Голосіївський» влітку, а в багатьох ставках і восени, вказує на існування стабільних джерел забруднення води цими речовинами, мало залежних від сезону року.

У воді Китаївських і Дідорівських ставків у більшості випадків виявлено зменшення концентрації важких металів у літній сезон порівняно з весняним та осіннім, тоді як у Горіховатських ставках спостерігалось зростання концентрації важких металів у різні сезони, що, очевидно, пов'язано із вищим рівнем антропогенного навантаження на ці водні об'єкти.

Високі концентрації нафтопродуктів, АПАР та важких металів, які спостерігалися у ставках НПП «Голосіївський» протягом кількох сезонів, становлять потенційну загрозу розвитку токсичних ефектів у гідробіонтів та можуть призвести до порушення екологічної рівноваги у досліджених водоймах в цілому.

Для запобігання негативним наслідкам токсичного впливу забруднюючих речовин на водні організми доцільним є як регулярний моніторинг еколого-токсикологічного стану ставків, так і своєчасне виявлення

та ліквідація джерел надходження поллютантів у водойми НПП «Голосіївський».

Список використаної літератури

1. Екологічний стан водних об'єктів урбанізованих територій. Китайські ставки / П.М. Линник, В.А. Жежеря, С.В. Батог та ін. Ін-т гідробіології НАН України. Київ: Логос, 2015. 76 с.
2. Інструкція з відбирання, підготовки проб води і ґрунту для хімічного та гідробіологічного аналізу гідрометеорологічними станціями і постами. Затверджено наказом ДСНС України № 30 від 19.01.2016 р. <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0030388-16#Text>
3. КНД 211.1.4.017-95. Методика екстракційно-фотометричного визначення аніонних поверхнево-активних речовин (АПАР) з метиленовим блакитним у природних та стічних водах. *Якість вимірювання складу та властивостей об'єктів довкілля та джерел їх забруднення* / під ред. В.Ф. Осики, М.С.Кравченко. Київ: Мінбезпеки України, 1997. С. 155—174.
4. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / за ред. В.Д. Романенка. Київ: Логос, 2006. 408 с.
5. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах питьевых, природных и сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02». МВВ 99-12-98. 1998. 19 с.
6. Національний Ботанічний сад ім. М.М.Гришка: ЦККП «СЦЕА». www.nbg.kiev.ua/scientific_activity/scea/
7. Прядко О.І., Арап Р.Я., Андрієвська О.Л. та ін. Водно-болотні комплекси НПП «Голосіївський» — середовища існування цінного біорізноманіття (м. Київ). *Заповідна справа в Україні*. 2013. Т. 19. Вип.1. С. 89—93.
8. Центральна геофізична обсерваторія ім. Бориса Срезневського. <https://www.facebook.com/CGO.Official/posts/pfbid02Y43etPCH97HkuQ5mEsVCopQNS9JGTTdDKDrnFpxFniVg6QRKEG6HaRdoiB3SvUS5l>
9. Basile A., Sorbo S., Conte B. et al. Toxicity, accumulation, and removal of heavy metals by three aquatic macrophytes. *Int. J. Phytoremediation*. 2012. Vol. 14, N 4. P. 374—387.
10. Coutelot F., Kaplan D.I., Kersting A.B. et al. Effect of seasonal anoxia on geochemical cycling in a stratified pond: comparison to cooler pond conditions 40 years ago. *Sci. Total Environ*. 2025. Vol. 976. Art. 179337.
11. Dengg M., Stirling C.H., Lehto N.J. et al. Trace metals in natural lakes: seasonal variation of manganese, cobalt, nickel, copper and zinc speciation in lakes of different trophic states. *Biogeochemistry*. 2025. Vol. 168. Art. 23.
12. Directive 2013/39/EU of the European Parliament and of the Council of 12 August 2013 amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy Text with EEA relevance. Directive - 2013/39 - EN - EUR-Lex (europa.eu).
13. Establishing a dynamic system of surface water quality regulation: guidance for countries of Eastern Europe, Caucasus and Central Asia. 2011. OECD. www.cawater-info.net/pdf/oecd_e.pdf.
14. Gorbatiuk L.O., Pasichna O.O. Peculiarities of the toxic effect of synthetic surfactants on hydrophytes (a review). *Hydrobiol. J*. 2024. Vol. 60, N 6. P. 33—46.
15. Gorbatiuk L.O., Pasichna O.O., Klochenko P.D. et al. Content of pollutants and their potential toxicity in the water bodies of the «Golosiivivsky» National Nature Park (Ukraine). *Ibid*. 2025. Vol. 61, N 2. P. 61—74.
16. Gorbatiuk L.O., Pasichna O.O., Platonov M.O. et al. Assessment of the current level of pollution of the lakes of Kyiv by petroleum hydrocarbons. *Ibid*. 2021. Vol. 57, N 3. P. 95—101.

17. Gorbatiuk L.O., Pasichna O.O., Platonov M.O. et al. Peculiarities of the influence of oil products on the content and ratio of photosynthetic pigments of *Ceratophyllum demersum* L. *Ibid.* 2023. Vol. 59, N 1. P. 81—93.
18. Gorbatiuk L.O., Pasichnaya Ye.A. Hydrophytes in the oil-polluted water bodies: some aspects of functioning and practical use (a review). *Ibid.* 2019. Vol. 55, N 1. P. 75—86.
19. Jackson M., Eadsforth C., Schowanek D. et al. Comprehensive review of several surfactants in marine environments: Fate and ecotoxicity. *Environ. Toxicol. Chem.* 2016. Vol. 35, N 5. P. 1077—1086.
20. Klochenko P.D., Kharchenko G.V., Zubenko I.B., Shevchenko T.F. Some peculiarities of accumulation of heavy metals by macrophytes and epiphyton algae in water bodies of urban territories. *Hydrobiol. J.* 2007. Vol. 43, N 6. P. 46—57.
21. Klochenko P.D., Shevchenko T.F., Gorbunova Z.N. Phytoepiphyton as indicator of the state of water bodies of the «Golosiivsky» National Nature Park (Ukraine). *Ibid.* 2022. Vol. 58, N 4. P. 30—41.
22. Klochenko P.D., Shevchenko T.F., Lilitskaya G.G. Bioindication of the ecological state of water bodies of the Goloseyevo National Natural Park. *Ibid.* 2018. Vol. 54, N 5. P. 17—27.
23. Klochenko P.D., Tsarenko P.M., Ivanova I.Yu. Peculiarities of phytoplankton species composition in water bodies of the Goloseyevo National Natural Park (Kiev). *Ibid.* 2010. Vol. 46, N 3. P. 36—44.
24. Lewis M., Pryor R. Toxicities of oils, dispersants and dispersed oils to algae and aquatic plants: Review and database value to resource sustainability. *Environ. Pollut.* 2013. Vol. 180. P. 345—67.
25. Linnik P.N. Heavy metals in surface waters of Ukraine: their content and forms of migration. *Hydrobiol. J.* 2000. Vol. 36, N 3. P. 31—54.
26. Linnik P.N., Zhezherya V.A., Ignatenko I.I. Role of suspended matter fractions differing in the size of their particles in the accumulation and migration of metals in lake systems. *Ibid.* 2019. Vol. 55, N 6. P. 91—107.
27. Pasichna O.O. Content of pigments in *Cladophora glomerata* under the influence of copper (II) and manganese (II) ions in the aquatic environment. *Ibid.* 2017. Vol. 53, N 1. P. 60—68.
28. Pasichna O.O., Gorbatiuk L.O., Platonov M.O. et al. Peculiarities of accumulation of heavy metals by aquatic macrophytes of the lakes of Kyiv and assessment of their bioremediation capacity. *Ibid.* 2021. Vol. 57, N 4. P. 64—77.
29. Pasichna O.O., Gorbatiuk L.O., Platonov M.O. et al. Peculiarities of the influence of copper (II) and lead (II) on the content of pigments in *Ceratophyllum demersum* L. *Ibid.* 2022. Vol. 58, N 6. P. 46—55.
30. Pasichna O.O., Gorbatiuk L.O., Platonov M.O. et al. Biomonitoring of heavy metals pollution in lakes of Kyiv (Ukraine) using submerged macrophytes and assessment of their phytoremediative potential. *Ibid.* 2023. Vol. 59, N 5. P. 80—92.
31. Pasichnaya Ye.A. Toxicity of copper for hydrophytes: accumulation, effects on photosynthesis, respiration and pigment system (a review). *Ibid.* 2002. Vol. 38, N 4. P. 103—118.
32. Pietrini F., Carnevale M., Beni C. et al. Effect of different copper levels on growth and morpho-physiological parameters in giant reed (*Arundo donax* L.) in semi-hydronic mesocosm experiment. *Water.* 2019. Vol. 11, N 9. Art. 1837.
33. Zhu Y., Hu X., Pan D. et al. Speciation determination of iron and its spatial and seasonal distribution in coastal river. *Sci. Rep.* 2018. Vol. 8. Art. 2576.

Надійшла 27.06.2025

L.O. Gorbatiuk, PhD (Tech.), Senior Researcher,
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,
Volodymyr Ivasyuk Avenue, 12, Kyiv, 04210, Ukraine
e-mail: ludmila.horbatiuk@gmail.com
ORCID 0009-0004-0481-1027

O.O. Pasichna, PhD (Biol.), Senior Researcher,
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,
Volodymyr Ivasyuk Avenue, 12, Kyiv, 04210, Ukraine,
e-mail: ecopasichna@gmail.com
ORCID 0009-0008-4297-5291

P.D. Klochenko, Dr. Sci. (Biol.), Prof., Head of Department,
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,
Volodymyr Ivasyuk Avenue, 12, Kyiv, 04210, Ukraine,
e-mail: pklochenko@ukr.net
ORCID 0000-0003-4886-6746

M.O. Platonov, PhD (Biol.), Researcher,
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,
Volodymyr Ivasyuk Avenue, 12, Kyiv, 04210, Ukraine
e-mail: n.platonov73@gmail.com
ORCID 0009-0008-4075-4604

T.V. Vitovetska, PhD (Chem.), Assoc. Prof.,
Kyiv National University of Construction and Architecture
31 Povitroflotsky Ave., Kyiv, 03680, Ukraine
e-mail: vitovetskaya@ukr.net

O.O. Godlevska, PhD (Phys. and Math.), Assoc. Prof.,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Heroyiv Oborony str.12, Kyiv, 03041, Ukraine,
e-mail: godlevok@gmail.com
ORCID 0000-0001-9446-1112

SEASONAL CHANGES IN CONTENT OF PETROLEUM PRODUCTS,
SURFACTANTS AND HEAVY METALS IN WATER BODIES OF THE
«GOLOSIYIVSKY» NATIONAL NATURE PARK (UKRAINE)

Seasonal changes in the concentration of petroleum products, anionic surfactants and heavy metals in the water of three cascades of ponds of the «Golosiivsky» National Nature Park (Ukraine) were studied. A significant increase in the concentration of petroleum products and anionic surfactants in the water of these ponds was recorded in the summer period compared to the spring. In the autumn, a decrease in the content of petroleum products was noted in most ponds, but the concentration of anionic surfactants continued to increase. A tendency to a decrease in the concentration of heavy metals in the water of the Kytaiivsky and Didorivsky ponds in the summer season was revealed. In the water of the Gorikhovatsky ponds an increase in the concentration of heavy metals was observed in different seasons, which is associated with a higher level of anthropogenic load on these water bodies.

Keywords: petroleum products, anionic synthetic surfactants, heavy metals, seasonal dynamics, ponds, the «Golosiivsky» National Nature Park, Ukraine