

УДК 574.4:504.054

Л.О. ГОРБАТЮК, к. т. н., 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. 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

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

ВМІСТ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН ТА ЇХ ПОТЕНЦІЙНА ТОКСИЧНІСТЬ У ВОДОЙМАХ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «ГОЛОСІЇВСЬКИЙ» (УКРАЇНА)

Досліджено рівні забруднення нафтопродуктами, важкими металами та аніонними синтетичними поверхнево-активними речовинами (СПАР) трьох систем ставків Національного природного парку (НПП) «Голосіївський» (Україна) і здійснено оцінку потенційної токсичності цих речовин для гідробіонтів. Найбільші концентрації нафтопродуктів, СПАР і деяких важких металів (Cu, Zn, Cd) виявлені у воді Горіховатських ставків, що може становити певну небезпеку для життєдіяльності гідробіонтів (водних рослин, риб і безхребетних організмів). Наявність

Ц и т у в а н н я: Горбатюк Л.О., Пасічна О.О., Клоченко П.Д., Платонов М.О., Годлевська О.О. Вміст забруднювальних речовин та їх потенційна токсичність у водоймах Національного природного парку «Голосіївський» (Україна). *Гідробіол. журн.* 2024. Т. 60, № 6. С. 71—85.

забруднювальних речовин у ставках НПП «Голосіївський» свідчить про погіршення еколого-токсикологічного стану його водойм та необхідність приділення належної уваги виявленню і ліквідації джерел забруднення, а також доцільність проведення екологічного моніторингу водних об'єктів природоохоронних територій.

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

До числа найнебезпечніших токсикантів, що потрапляють у водні об'єкти, насамперед з територій, трансформованих діяльністю людини, належать нафтопродукти (НП), важкі метали (ВМ) та синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР) [17, 24, 41].

Серед багатьох забруднювальних речовин значну небезпеку для гідробіонтів становлять нафтові вуглеводні внаслідок безпосередньої токсичної дії, яка призводить до ослаблення або загибелі чутливих видів, а також непрямих ефектів, зумовлених змінами у динаміці кисню та поживних речовин [17, 19, 20, 22, 30]. Головним джерелом надходження НП у водойми є промислові та комунальні стічні води, а також поверхневий стік дощових і талих вод з площі водозбору.

Антропогенне забруднення природних вод важкими металами відбувається головним чином внаслідок надходження у водойми недостатньо очищених стічних вод промислових та інших підприємств, неефективної утилізації побутових відходів, роботи сміттєспалювальних заводів, при використанні добрив у сільському господарстві тощо [18, 41]. Забруднення важкими металами водного середовища є серйозною проблемою у випадку, якщо їхні концентрації перевищують такі, що вважаються безпечними для живих організмів [32, 34]. Токсичність ВМ пов'язана з такими їхніми властивостями як стійкість (не зазнають біорозкладу), здатність до накопичення у донних відкладах та гідробіонтах, а також міграція по харчових ланцюгах [18, 41]

Також щорічно зростають обсяги використання, а, отже, і об'єми потрапляння у водойми різних класів СПАР. Є переконливі підтвердження їхньої токсичності для водної біоти [24, 42], здатності впливати на міжвидову взаємодію і конкурентні відносини між представниками різних трофічних рівнів [44].

В результаті інтенсивної різнобічної діяльності людини щорічно зростають обсяги надходження токсичних речовин і у внутрішні водойми України. На їх еколого-токсикологічний стан згубно впливають також наслідки тривалих військових дій [9].

З кожним роком погіршується екологічна ситуація й у м. Києві внаслідок активної розбудови мегаполісу та збільшення кількості його мешканців, що посилює антропогенне навантаження на внутрішні водойми столиці. Ця негативна тенденція спостерігається у водних об'єктах як промислових, так і паркових зон міста, зокрема, Національного природного парку «Голосіївський», що знаходиться в межах мегаполісу.

На території парку розташовані три каскади ставків (по чотири у кожному): Горіховатський, Китаївський та Дідорівський, які були утворені внаслідок загачування однойменних малих річок або лісових струмків, що протікають по днищах вузьких глибоких балок [10]. Усі водойми належать до басейну річки Дніпро і характеризуються достатньо високою проточністю [1]. Водні екосистеми Голосіївського парку є осередками своєрідного біорізноманіття, збереженого в глибині урбанізованого ландшафту сучасного мегаполісу, що зумовлює їх надзвичайну наукову цінність.

Слід відмітити, що каскади ставків НПП «Голосіївський» тривалий час були об'єктом ґрунтовних гідробіологічних досліджень. Так, багаторічні комплексні дослідження фахівцями Інституту гідробіології (ІГБ) НАНУ екологічного стану Китаївських ставків за гідрологічними і гідрохімічними показниками та видовим складом водоростей і вищих водних рослин узагальнено у монографії [3]. Встановлено, що дані водойми зазнають вагомого антропогенного навантаження та вторинного забруднення сполуками неорганічного азоту і фосфору.

Значна увага була приділена вивченню особливостей видового складу фітопланктону ставків Голосіївського парку. Загалом у них було виявлено 272 види водоростей. Основу видового багатства фітопланктону досліджуваних водойм склали представники відділів Chlorophyta, Bacillariophyta, Cyanoprokaryota і Euglenophyta. Максимальну кількість видів зареєстровано в Дідорівських ставках (162 види), у Горіховатських знайдено 153 види, а в Китаївських — 101 вид водоростей [29]. Проведено й ґрунтовне порівняльне вивчення фітоепіфітону усіх трьох систем ставків. Всього в обростанні вищих водних рослин знайдено 198 видів водоростей. При цьому максимальна кількість видів (138) виявлена у Китаївських ставках, а найвищі значення чисельності і біомаси водоростей епіфітону були характерні для Горіховатських ставків [27].

Оцінка екологічного стану ставків НПП «Голосіївський» за біоіндикаційними характеристиками планктонних водоростей показала, що серед усіх водойм Горіховатські ставки є найбільш забрудненими органічними сполуками та біогенними елементами [28], що також підтверджується індикаторними характеристиками водоростей епіфітону [26].

Однак, на тлі вищезазначеного, стан забруднення водойм НПП «Голосіївський» специфічними токсичними речовинами, такими як нафтопродукти, важкі метали та синтетичні поверхнево-активні речовини до теперішнього часу залишається мало вивченим. Опубліковані результати досліджень, які проводилися науковцями ІГБ НАНУ у 2002—2006 рр., стосуються лише декількох ставків із 12 водойм, розташованих на території парку [4, 25]. Це обумовлює необхідність ретельного дослідження водойм НПП «Голосіївський» на предмет їхнього забруднення токсичними речовинами різної хімічної природи в умовах сьогодення.

Таким чином, метою роботи було визначення концентрації нафтопродуктів, важких металів і аніонних СПАР у трьох каскадах ставків, розташованих на території НПП «Голосіївський», та оцінка потенційної ток-

сичності зазначених забруднювальних речовин для життєдіяльності гідробіонтів.

Матеріал і методика досліджень

Об'єктами дослідження були 12 ставків, розташованих на території НПП «Голосіївський» (50°22'47" N, 30°30'1" E). Вони формують три каскади, з чотирьох сполучених між собою штучно створених водойм кожний, й відомі як Горіховатські, Китаївські та Дідорівські ставки (рис. 1). Їхня загальна площа становить 5,0, 4,3 і 10,3 га відповідно [29]. Глибина ставків в центральній частині коливається від 0,5—1,0 до 2,0—3,0 м, а живлення здійснюється за рахунок джерельної води та атмосферних опадів.

Відбір проб води для визначення вмісту нафтопродуктів, важких металів і аніонних СПАР проводили у липні 2022 р. за відповідними методами [5—7]. Проби відбирали в літоралі ставків з поверхневого (0,2—0,3 м) шару води.

При відборі проб для визначення вмісту нафтопродуктів уникали потрапляння їх поверхневої плівки. Фільтрування проб води здійснювали через паперовий фільтр «червона стрічка» для видалення механічних домішок. 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 гексанового екстракту [7].

Для визначення розчинної форми металів ($\text{Cu}_{\text{розч}}$, $\text{Zn}_{\text{розч}}$, $\text{Fe}_{\text{розч}}$, $\text{Mn}_{\text{розч}}$, $\text{Pb}_{\text{розч}}$, $\text{Ni}_{\text{розч}}$, $\text{Co}_{\text{розч}}$, $\text{Cd}_{\text{розч}}$) 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 води) [5]. 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) [11, 33].

Визначення аніонних СПАР у воді проводили колориметричним методом з використанням фотоколориметру КФК-3. Основою методу є реакція СПАР з катіонним барвником (метиленовий блакитний) з утворенням забарвленої комплексної сполуки, яку екстрагують із води хлороформом [6].

Оцінку якості води здійснювали згідно відповідної методики [8].

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 та їх обговорення

Нафтопродукти. Визначення концентрації розчиненої фракції нафтопродуктів у воді ставків НПП «Голосіївський» показало, що її величи-

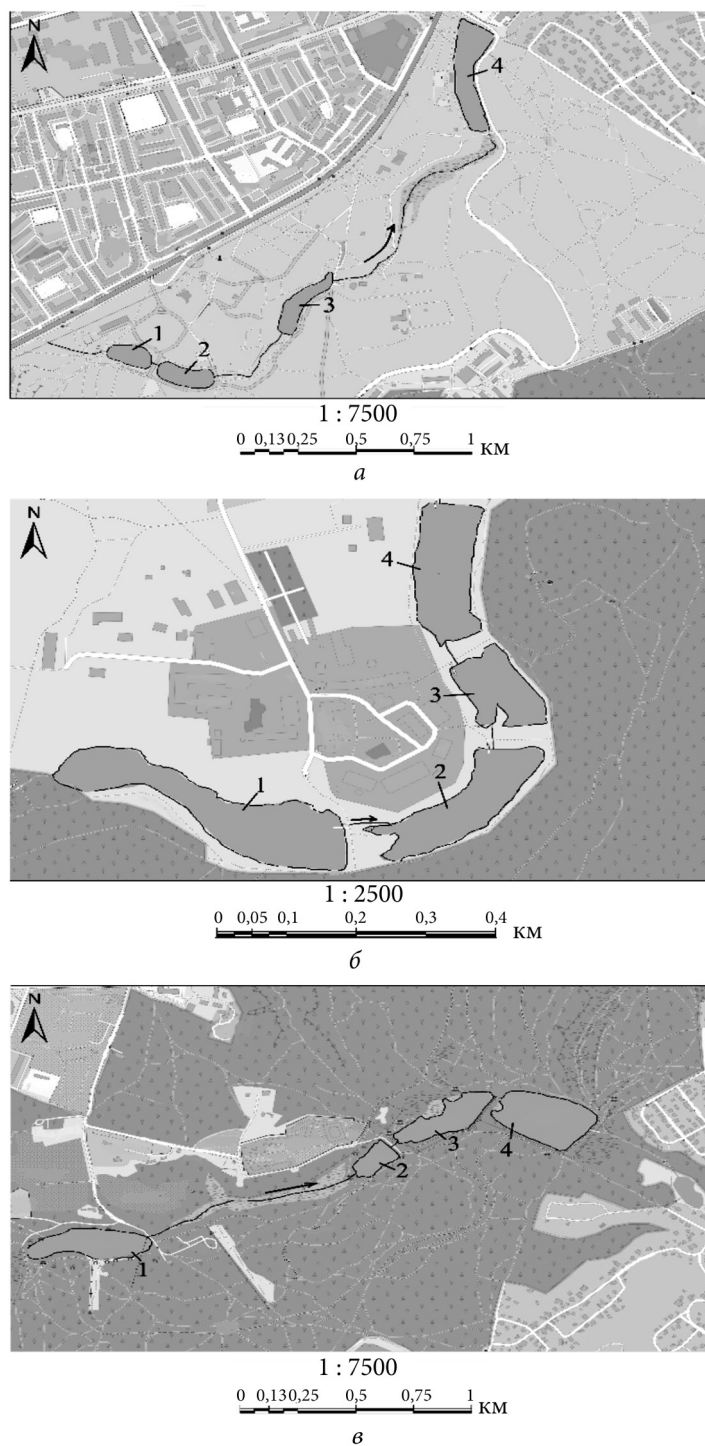


Рис. 1. Карта-схема ставків Національного природного парку «Голосіївський»: а — Горіховатські, б — Китаївські, в — Дідорівські

на відрізнялася для різних каскадів ставків залежно від їхнього розташування, а отже, ймовірно, ступеню антропогенного впливу на кожен водойму (рис. 2).

Виявилось, що найменші концентрації нафтопродуктів у межах 0,033—0,041 мг/дм³ спостерігалися у воді Китаївських ставків і не перевищували рекомендований граничний показник (0,05 мг/дм³) для поверхневих вод [40]. У воді Дідорівських ставків концентрація нафтопродуктів становила 0,049—0,062 мг/дм³, тобто знаходилася на межі допустимих значень, визначених як сприятливі для функціонування водних екосистем [40]. Найвищу концентрацію нафтопродуктів (0,062 мг/дм³) було зафіксовано у ставку № 1 — верхньому в даному каскаді. Згідно з екологічною класифікацією якості поверхневих вод [8] воду Китаївських ставків за вмістом нафтопродуктів можна віднести до категорії «досить чиста», а Дідорівських — «слабко забруднена».

У воді Горіховатських ставків визначено найбільші концентрації нафтопродуктів серед усіх досліджених водойм НПП «Голосіївський». Причому максимальна концентрація нафтопродуктів (0,124 мг/дм³) спостерігалася у Горіховатському ставку № 1 — верхньому в даному каскаді (див. рис. 2). У відповідності з екологічними нормативами [8] за показником вмісту нафтопродуктів його вода відповідає категорії «помірно забруднена». У решті водойм Горіховатського каскаду рівень нафтового забруднення був вдвічі меншим і знаходився у межах 0,058—0,064 мг/дм³, тобто за вмістом нафтопродуктів їхню воду можна класифікувати як «слабко забруднену».

Слід відмітити досить нетиповий характер нафтового забруднення каскаду Горіховатських ставків, оскільки найбільша концентрація нафтопродуктів була виявлена у водоймі, розташованій найвище за течією, у глибині лісопарку, де відсутні явні потенційні джерела надходження нафтопродуктів. Такий розподіл нафтового забруднення у ставках цього каскаду може бути викликаний наявністю антропогенних джерел надходження нафтопродуктів у верхів'ї річки Горіховатки. Відомо, що у місці витоку до неї потрапляють води з колектору зливової каналізації, який починається біля Виставкового центру [2]. Звідси починається міграція нафтових вуглеводнів вниз за течією, що, ймовірно, зумовлює їх високу концентрацію у верхів'ї каскаду з подальшим зниженням у решті Горіховатських ставків.

Наявність підвищених концентрацій нафтопродуктів у воді Горіховатських ставків становить потенційну загрозу для нормальної життєдіяльності гідробіонтів, через високу ймовірність негативних наслідків дії нафтових вуглеводнів, що доведено результатами численних досліджень у цьому напрямку [13, 21, 30].

Важкі метали. Відомо, що біодоступність і токсичність металів для гідробіонтів визначається, передусім, концентрацією їхньої розчинної форми [31]. В результаті проведених досліджень було виявлено різні концентрації важких металів у розчинній формі (Cu_{розч}, Fe_{розч}, Mn_{розч}, Zn_{розч}, Co_{розч}, Pb_{розч}, Ni_{розч}, Cd_{розч}) у воді ставків НПП «Голосіївський» (рис. 3 і 4).

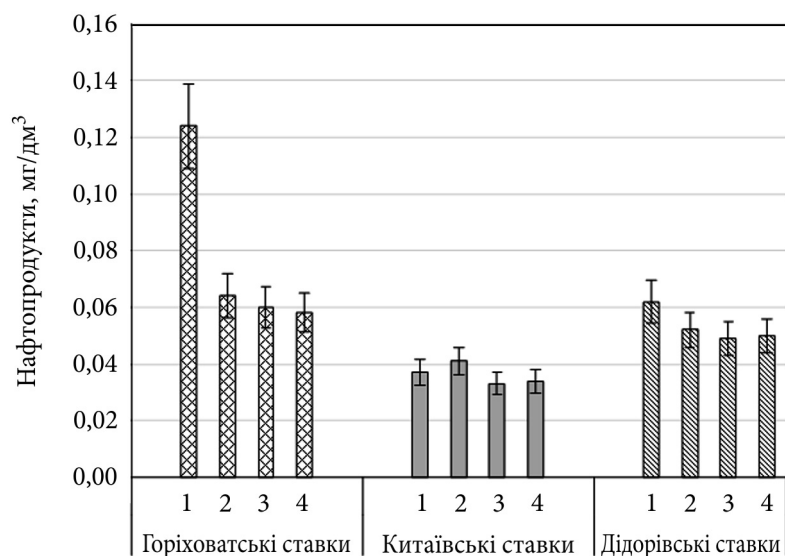


Рис. 2. Концентрація нафтопродуктів у воді ставків НПП «Голосіївський» ($M \pm m$; $n = 3-4$)

Зокрема, концентрації розчинної форми купруму у воді Горіховатських ставків знаходились у межах $37,2-65,1 \text{ мкг/дм}^3$, тобто були значно вищими за концентрації металу, вказані як достатньо сприятливі для функціонування водних екосистем ($<20 \text{ мкг/дм}^3 \text{ Cu}_{\text{розч}}$) [40]. Експериментальні дослідження показали, що виявлені концентрації $\text{Cu}_{\text{розч}}$ у воді Горіховатських ставків можуть негативно впливати на життєдіяльність як риби [15, 18], так і вищих водних рослин та водоростей [35—37]. Варто зазначити, що купрум проявляє токсичні властивості навіть за концентрації йонів $\text{Cu}^{2+} \geq 1 \text{ мкг/дм}^3$ [37]. Згідно [8] за концентрацією $\text{Cu}_{\text{розч}}$ вода ставків № 1 і 2 Горіховатського каскаду в досліджуваний період часу належала до категорії «дуже брудні», ставків № 3 і 4 — до категорії «брудні». Концентрація $\text{Cu}_{\text{розч}}$ у воді Китаївських і Дідорівських ставків була меншою і становила $16,4-25,0$ та $18,1-25,4 \text{ мкг/дм}^3$ відповідно (див. рис. 3).

В ставках НПП «Голосіївський» концентрація $\text{Fe}_{\text{розч}}$ знаходилась в межах $18-91 \text{ мкг/дм}^3$ (див. рис. 3). Слід зазначити, що нормативи якості поверхневих вод розраховані головним чином на вміст загального феруму. Так для Водної Рамкової Директиви було запропоновано концентрацію загального феруму $0,73 \text{ мг/дм}^3$ вважати граничним допустимим показником для безхребетних [39]. Однак, встановлено, що для риби, зокрема *Salmo trutta* L., токсичність феруму (III) може виявлятися вже за концентрації $50 \text{ мкг Fe}_{\text{розч}}$ [14]. Також доведено, що цитотоксичність феруму пов'язана, головним чином, з його двохвалентною формою, яка характеризується значною біодоступністю та може спричинити пошкодження у тканинах живих організмів навіть при відносно низьких концентраціях [23].

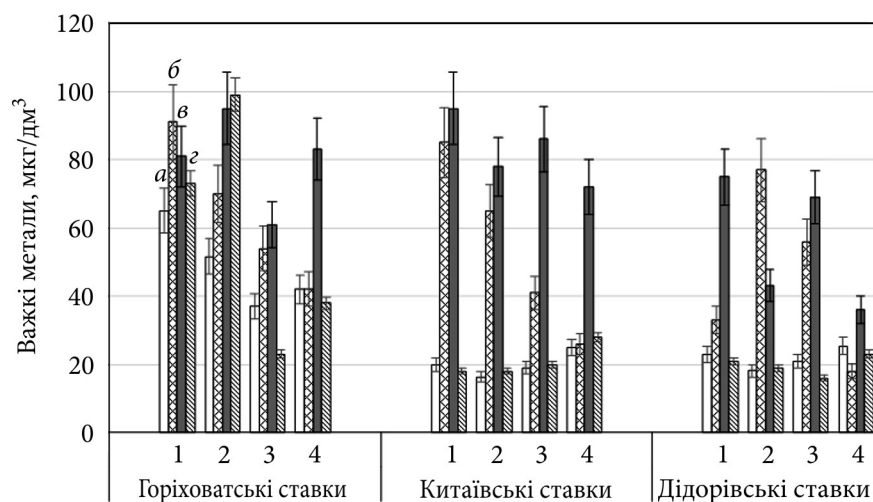


Рис. 3. Концентрація розчинної форми купруму (а), феруму (б), мангану (в) та цинку (г) у воді ставків НПП «Голосіївський» ($M \pm t$; $n = 3-4$)

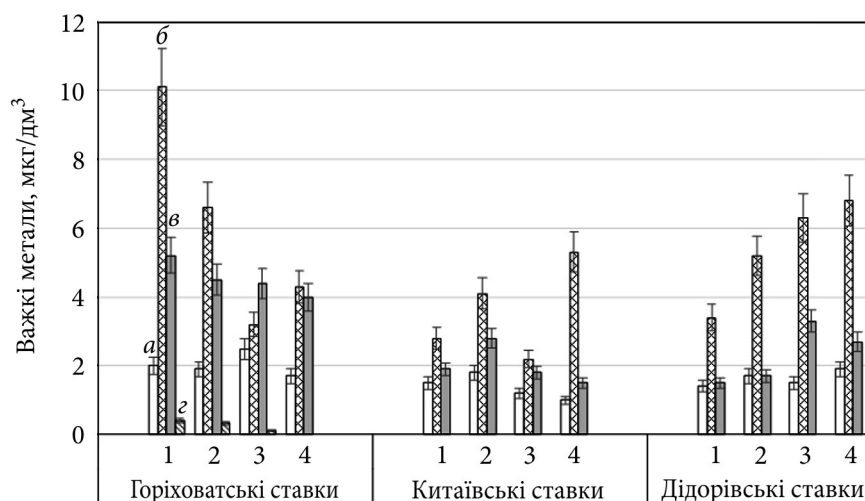


Рис. 4. Концентрація розчинної форми кобальту (а), плюмбуму (б), нікелю (в) та кадмію (г) у воді ставків НПП «Голосіївський» ($M \pm t$; $n = 3-4$)

Ставки парку характеризувалися концентрацією $Mn_{розч}$, що не перевищує 95 мкг/дм^3 (див. рис. 3). Такий вміст мангану у воді вважають достатньо сприятливим для нормального функціонування водних екосистем [40], а згідно класифікації якості поверхневих вод [8], за концентрацією мангану вода більшості ставків НПП «Голосіївський» належить до категорії «слабко забруднена» (крім Дідорівських ставків № 2 і 4, воду яких можна віднести відповідно до категорії «досить чиста» і «чиста»). Однак, існують відомості щодо негативного впливу мангану навіть у невисоких концентраціях на життєдіяльність риб, зокрема, вплив

0,1 мМ $Mn_{розч}$ на *Carassius auratus* L. викликав зміни в печінці і спричиняв окиснювальний стрес у їхньому організмі [43]. Також в експериментальних дослідженнях виявлено, що за хронічного впливу Mn^{2+} у концентраціях 50 мкг/дм³ і вище може виявлятися токсичність для газообмінних функцій деяких видів вищих водних рослин [38].

У воді ставків НПП «Голосіївський» концентрація $Zn_{розч}$ змінювалась в широких межах — від 16 до 99 мкг/дм³ в залежності від місця їх розташування і, відповідно, від ступеня антропогенного навантаження (див. рис. 3). Найвищу концентрацію $Zn_{розч}$ виявлено у воді Горіховатських ставків № 1 і 2 (відповідно 73 і 99 мкг/дм³), яка за вмістом $Zn_{розч}$ належала до категорії «помірно забруднена» згідно [8] і може бути токсичною для гідробіонтів [15, 18]. Вода Китаївських і Дідорівських ставків характеризувалася значно меншою концентрацією розчинної форми цинку (відповідно 18—28 та 16—23 мкг/дм³) і може вважатися достатньо сприятливою для функціонування водних екосистем згідно [40].

У воді ставків НПП «Голосіївський» також виявлено $Pb_{розч}$ у концентрації 2,2—10,1 мкг/дм³ (див. рис. 4). Існують рекомендації, що для нормального функціонування водних екосистем концентрація $Pb_{розч}$ у водоймах не повинна перевищувати 2,5 мкг/дм³ [40]. Однак, токсичність Pb^{2+} може зменшуватись внаслідок значної здатності йонів металу до комплексоутворення і випадіння в осад, яка зростає при підвищенні рН водного середовища в результаті життєдіяльності рослинних організмів [31]. Це пов'язано з утворенням нерозчинних або малорозчинних сполук металу майже з усіма наявними у воді аніонами, зокрема SO_4^{2-} , Cl^- , CO_3^{2-} . У зв'язку з цим зменшується біодоступність та токсичність плюмбуму для гідробіонтів [36]. У зв'язку з цим досліджувані водойми НПП «Голосіївський» можна віднести до категорії «досить чисті» за екологічною класифікацією якості поверхневих вод [8]. Згідно нормативів Європейського Союзу [16] максимальна допустима концентрація плюмбуму та його сполук у внутрішніх поверхневих водах — 14 мкг/дм³, а середньорічне значення — 1,2 мкг/дм³.

Щодо розчинної форми кобальту і нікелю, то в досліджуваних водоймах НПП «Голосіївський» їх концентрації становили 1,0—2,5 та 1,5—5,2 мкг/дм³ відповідно (див. рис. 4). Можна відмітити, що найвищим вмістом цих металів характеризувались Горіховатські ставки. Згідно [8], за концентрацією $Ni_{розч}$ воду усіх досліджуваних водойм парку можна віднести до категорії «досить чиста». Згідно європейських нормативів [16] середньорічне значення Ni та його сполук у внутрішніх поверхневих водах не повинно перевищувати 4 мкг/дм³.

Серед досліджуваних водойм кадмій був виявлений тільки в Горіховатських ставках у концентрації 0,10—0,42 мкг/дм³ (див. рис. 4). Вода Горіховатських ставків № 1 і 2 згідно [8] за концентрацією $Cd_{розч}$ належать до категорії «слабко забруднена». Однак, виявлені концентрації кадмію у воді зазначених водойм ставків можуть викликати порушення у процесах життєдіяльності гідробіонтів, оскільки встановлено, що кадмій не має встановленої біологічної ролі для живих організмів і навіть у незначних

концентраціях може спричиняти токсичні ефекти [12]. Згідно нормативів Європейського Союзу [16] допустимі концентрації кадмію у внутрішніх поверхневих водах поділено на класи в залежності від рівня твердості води, зокрема, для I класу максимальна допустима концентрація Cd та його сполук не повинна перевищувати 0,45 мкг/дм³, середньорічне значення — 0,08 мкг/дм³.

Аніонні синтетичні поверхнево-активні речовини. Дослідження концентрації аніонних СПАР у воді ставків НПП «Голосіївський» також показало певні відмінності для кожного каскаду, зумовлені впливом розташованих поблизу об'єктів міської інфраструктури та різним ступенем антропогенного навантаження на водойми (рис. 5).

Вода Китаївських ставків, у порівнянні з іншими водоймами, відрізнялася найнижчою концентрацією аніонних СПАР, яка знаходилася в межах 0,069—0,080 мг/дм³ і не перевищувала рекомендований граничний показник (0,1 мг/дм³) у поверхневих водах [40], що дозволяє класифікувати її як «помірно забруднену» аніонними СПАР [8].

Визначення концентрації аніонних СПАР у Дідорівських ставках показало дещо вищий рівень забруднення (0,080—0,096 мг/дм³). Згідно методики [8] вода Дідорівських ставків за вмістом аніонних СПАР відповідала категорії «помірно забруднена».

Що стосується Горіховатських ставків, то у їхній воді концентрація аніонних СПАР змінювалася в досить широкому діапазоні від мінімальної 0,055 мг/дм³ у ставку № 4 (найнижчому в каскаді) до максимальної 0,121 мг/дм³ у ставку № 1 (найвищому в каскаді). Концентрація аніонних СПАР (0,121 і 0,103 мг/дм³) у верхніх ставках цього каскаду (відповідно № 1 і 2) перевищувала концентрації цих речовин, за яких відсутній негативний вплив на водні екосистеми (<0,1 мг/дм³) згідно [40]. Вода цих ставків відповідно до методики екологічної оцінки може бути віднесена до категорії «брудна» [8]. Воду ж двох нижніх за течією Горіховатських ставків (№ 3 і 4) за вмістом аніонних СПАР (відповідно, 0,096 і 0,055 мг/дм³) можна класифікувати як «помірно забруднена».

Підвищені концентрації аніонних СПАР у Дідорівських і, особливо, Горіховатських ставках, свідчать про потрапляння у їхні води комунально-побутових стоків. Відомо, що аніонні та інші класи СПАР виявляють токсичність для мешканців водойм і становлять потенційний ризик для їхнього існування [24, 42].

Отже, враховуючи результати наших досліджень, можна констатувати, що найбільш несприятлива еколого-токсикологічна ситуація склалася у Горіховатських ставках як за вмістом нафтопродуктів, так і деяких важких металів та аніонних СПАР. Слід відзначити найбільше забруднення нафтопродуктами і СПАР Горіховатського ставка № 1, а важкими металами (Cu, Zn, Cd, Pb, Ni) — Горіховатських ставків № 1 і 2. Окрім того, за даними фахівців ІГБ НАНУ, Горіховатські ставки є найбільш забрудненими водоймами Голосіївського парку також і за вмістом неорганічного азоту, фосфору, хлоридів та нетоксичних органічних речовин [26]. Підвищені концентрації токсикантів різної хімічної природи (на-

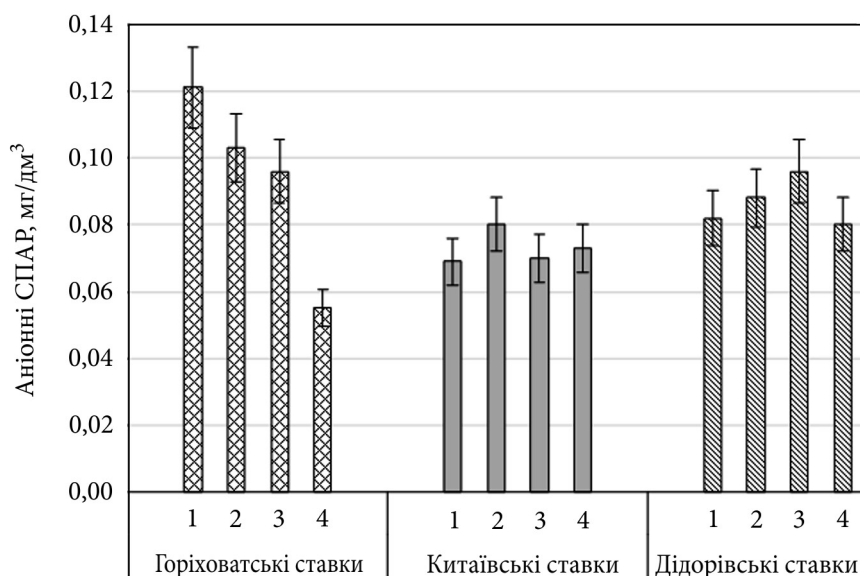


Рис. 5. Концентрація аніонних синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР) у воді ставків НПП «Голосіївський» ($M \pm m$; $n = 3-4$)

фтопродуктів, важких металів, СПАР) у ставках Горіховатського каскаду НПП «Голосіївський», очевидно, пов'язані з наявністю джерел потрапляння зливових та комунальних стоків у водойми.

Таким чином, наявні концентрації забруднювальних речовин, зокрема нафтопродуктів, важких металів та аніонних СПАР, становлять певну загрозу для нормального функціонування та збереження екологічної рівноваги водних екосистем НПП «Голосіївський». Тому необхідним є вчасне виявлення і ліквідація джерел надходження токсичних сполук у водойми парку з метою запобігання незворотнім перебудовам в їхніх екосистемах та вжиття дієвих заходів, спрямованих на зменшення негативного впливу антропогенних чинників та покращення їх екологічного стану.

Висновки

Визначення концентрацій розчиненої фракції нафтопродуктів, важких металів та аніонних СПАР у воді ставків НПП «Голосіївський» показало, що їх значення відрізнялися для різних каскадів ставків залежно від їхнього розташування, а отже, ймовірно, ступеня антропогенного навантаження на кожну водойму.

У Горіховатських ставках встановлено значно більшу концентрацію таких важких металів, як Cu, Zn, Pb, Ni і Cd, порівняно з Китаївськими та Дідорівськими. Виявлений рівень забруднення Горіховатських ставків такими металами, як купрум, цинк та кадмій, може спричинити суттєве порушення процесів життєдіяльності гідробіонтів та нормального функціонування екосистем цих водойм.

Вода усіх ставків парку у тій чи іншій мірі забруднена нафтопродуктами та аніонними СПАР залежно від ступеню антропогенного навантаження на конкретну водойму. Найвищу концентрацію нафтопродуктів (0,124 мг/дм³) та аніонних СПАР (0,121 мг/дм³) виявлено у воді Горіховатського ставка № 1 — верхнього в каскаді.

Значні рівні забруднення води Горіховатських ставків нафтопродуктами, важкими металами та аніонними СПАР можуть спричинити небезпечні токсичні ефекти у гідробіонтів та негативно вплинути на стан водної екосистеми в цілому.

Враховуючи отримані результати досліджень, актуальним завданням сьогодення є прийняття екологічно ефективних рішень і технічно можливих заходів, спрямованих на запобігання надходженню нафтопродуктів, важких металів і СПАР у водні екосистеми НПП «Голосіївський». Нагальною необхідністю є також проведення моніторингу за вмістом токсичних речовин у воді ставків та ступенем їх акумуляції у гідробіонтах, що дозволить оцінити екологічний стан водойм і спрогнозувати наслідки токсичного забруднення. Обов'язковим також є виявлення і ліквідація джерел потрапляння неочищених промислових та комунально-побутових стічних вод у водойми НПП «Голосіївський».

Список використаної літератури

1. Батог С.В. Еколого-гідрологічна характеристика водойм м. Києва : автореф. дис. ... канд. біол. наук. Київ. 2018. 22 с.
2. Вишневецький В.І. Малі річки Києва. Київ : Інтерпрес ЛТД, 2013. 84 с.
3. Екологічний стан водних об'єктів урбанізованих територій. Китаївські ставки. / П.М. Линник, В.А. Жежеря, С.В. Батог та ін. Київ : Логос, 2015. 76 с.
4. Екологічний стан водойм м. Києва : [відп. ред. В. А. Кундієв]. Київ : Фітосоціоцентр, 2005. С. 13-29.
5. 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>
6. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / За ред. В.Д. Романенка. Київ : Логос, 2006. 408 с.
7. 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.
8. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, О.П. Оксіюк та ін. Київ : Символ-Т, 1998. 28 с.
9. Офіційний ресурс Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України <https://ecozagroza.gov.ua/>.
10. Прядко О.І., Арап Р.Я., Андрієвська О.Л. та ін. Водно-болотні комплекси НПП «Голосіївський» - середовища існування цінного біорізноманіття (м. Київ). *Завідна справа в Україні*. 2013. Т. 19. Вип. 1. С. 89-93.
11. ЦККП «Спектриметричний центр елементного аналізу (СЦЕА)» при Національному ботанічному саду ім. М.М. Гришка НАН України. <http://www.nbg.kiev.ua>.
12. Balali-Mood M., Naseri K., Tahergorabi Z. et al. Toxic mechanisms of five heavy metals: mercury, lead, chromium, cadmium and arsenic. *Front. Pharmacol.* 2021. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.643972>

13. Beyer J., Trannum H.C., Bakke T. et al. Environmental effects of the Deepwater Horizon oil spill: a review // *Mar. Pollut. Bull.* 2016. Vol. 110, N 1. P. 28-51.
14. Dalzell D.J.B., Macfarlane N. The toxicity of iron to brown trout and effects on the gills: a comparison of two grades of iron sulphate. *J. Fish Biology.* 2005. Vol. 55, N 2. P. 301—315.
15. Delahaut V., Rašković B., Salvado M.S. et al. Toxicity and bioaccumulation of Cadmium, Copper and Zinc in a direct comparison at equitoxic concentrations in common carp (*Cyprinus carpio*) juveniles. *PLoS One.* 2020. Vol. 15, N 4. <https://journals.plos.org/plosone/article/file?type=printable&id=10.1371/journal.pone.0220485>
16. 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). <http://data.europa.eu/eli/dir/2013/39/oj>.
17. Fleeger J.W., Carman K.R., Nisbet R.M. Indirect effects of contaminants in aquatic ecosystems. *Sci. Total. Environ.* 2003. Vol. 317, N 1—3. P. 207—233.
18. Garai P., Banerjee P., Mondal P., Saha N.C. Effect of Heavy Metals on Fishes: Toxicity and Bioaccumulation *J. Clin. Toxicol.* 2021. Vol. 11. P.1—10. <https://www.longdom.org/open-access/effect-of-heavy-metals-on-fishes-toxicity-and-bioaccumulation-82260.html>
19. Gorbatiuk L.O., Pasichna O.O. Toxic impact of oil pollution on fish organism in freshwater and marine ecosystems (a review). *Hydrobiol. J.* 2020. Vol. 56, N 6. P. 83—93.
20. Gorbatiuk L.O., Pasichna O.O. Some problems of oil contamination of bottom sediments in aquatic ecosystems (a review). *Ibid.* 2022. Vol. 58, N 4. P. 78—90.
21. 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.
22. 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.
23. He W.-l., Feng Y., Li X.-l. et al. Availability and toxicity of Fe (II) and Fe (III) in Caco-2 cells. *J. Zhejiang Univ. Sci. B.* 2008. Vol. 9, N 9. P. 707—712.
24. 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.
25. 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.
26. 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.
27. Klochenko P.D., Shevchenko T.F., Kharchenko G.V. Epiphyton algae of the water bodies of the Golosiivsky national nature park (Ukraine). *Ibid.* 2022. Vol. 58, N 3. P. 15—28.
28. 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.
29. 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.
30. 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—367.
31. 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.

32. Md Shahjahan, Taslima K., Rahman M.S. et al. Effects of heavy metals on fish physiology — a review. *Chemosphere*. 2022. Vol. 300. <https://www.sciencedirect.com/journal/chemosphere/vol/300/suppl/C>.
33. Michalke B., Nischwitz V. Chapter 22. Speciation and element-specific detection. *Liquid Chromatography*. 2013. P. 633—649. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128146156000035>.
34. Pasichna O.O. Use of macrophytes for biomonitoring and purification of the aquatic environment at combined pollution by heavy metals. *Hydrobiol. J.* 2013. Vol. 49, N 6. P. 72—79.
35. 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.
36. 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.
37. Pasichna 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.
38. Pasichna Ye.A., Arsan O.M., Godlevskaya O.A. Respiratory metabolism of the higher aquatic macrophytes under the effect of manganese ions (II) of the aquatic environment. *Ibid.* 2009. Vol. 45, N 6. P. 97—109.
39. Proposed quality standards for iron in freshwaters based on field evidence (for consultation) by Water Framework Directive — United Kingdom technical advisory group (WFD-UKTAG). Sniffer/environment agency 2012. <https://wfd.uk.org/sites/default/files/Media/Iron%20-%20UKTAG.pdf>
40. Proposed system of surface water quality standards for Moldova: Technical report for the EAP task force secretariat/OECD in the framework of the project «Support for convergence with EU water quality standards in Moldova». <https://www.oecd.org/env/outreach/38205453.pdf>.
41. Singh A., Sharma A., Verma R.K. et al. Heavy metal contamination of water and their toxic effect on living organisms. 2022. DOI: 10.5772/intechopen.105075. <https://www.intechopen.com/chapters/82246>.
42. Sobrino-Figueroa A. Toxic effect of commercial detergents on organisms from different trophic levels. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2018. Vol. 25, N 14. P. 13283—13291.
43. Vieira M.C., Torronteras R., Córdoba F., Canalejo A. Acute toxicity of manganese in goldfish *Carassius auratus* is associated with oxidative stress and organ specific antioxidant responses. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2011. Vol. 78. P. 212—217.
44. Zhu X., Wang Z., Yunfei Sun Y. et al. Surfactants at environmentally relevant concentrations interfere the inducible defense of *Scenedesmus obliquus* and the implications for ecological risk assessment. *Environ. Pollut.* 2020. Vol. 261. Art. 114131.

Надійшла 03.05.2024

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

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

CONTENT OF POLLUTANTS AND THEIR POTENTIAL TOXICITY IN THE
WATER BODIES OF THE «GOLOSIYIVSKY» NATIONAL NATURE PARK
(UKRAINE)

The levels of pollution by petroleum products, heavy metals and anionic synthetic surfactants in three systems of ponds of the «Golosiivsky» National Nature Park (Ukraine) were studied and potential toxicity of these substances for hydrobionts was assessed. The highest concentrations of petroleum products, surfactants and some heavy metals (Cu, Zn, Cd) were found in the water of Gorikhovatka ponds, which can cause a certain danger to the life of hydrobionts (aquatic plants, fish and invertebrates). The presence of pollutants in the ponds of the «Golosiivsky» National Nature Park indicates the deterioration of the ecological and toxicological conditions of its water bodies and the need to pay due attention to the identification and elimination of sources of pollution, as well as the expediency of conducting ecological monitoring of water bodies in nature conservation areas.

Keywords: *petroleum products, heavy metals, anionic surfactants, ponds, the «Golosiivsky» National Nature Park, Ukraine, hydrobionts, toxicity.*