

УДК 504.064

Р.І. Гураль

ЗАБРУДНЕННЯ ГІДРОТОПІВ ЛЬВОВА ТА ЙОГО ОКОЛИЦЬ ІОНАМИ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

Ключові слова: іони важких металів, забруднення, моніторинг, урбосередовище.

Однією з найактуальніших проблем існування урбанізованого середовища залишається водозабезпечення. Існуючий рівень забруднення відкритих водойм Львова та Львівської області є значним, що становить важливу екологічну проблему. Гідрологічні об'єкти на території міста представляють понад 140 водойм різних типів, з яких значна частина належить до басейну р. Полтви – найзабрудненішого об'єкту на теренах заходу України [10].

Іони важких металів (надалі у тексті ВМ) становлять значний відсоток у забрудненні цих гідротопів. Усі вони, за винятком ртуті, потрапляють до водного середовища у вигляді аерозолів і внаслідок процесів самоочищення осідають поблизу джерела забруднення [5, 7, 11]. Особливо небезпечною властивістю ВМ є те, що вони, потрапивши одного разу до складу гідроекосистеми, не підлягають розпаду, як радіонукліди, та не розкладаються, як токсичні речовини органічної природи [3, 4, 12], а акумулюються, впливаючи на фізіологічний стан усіх гідробіонтів [4].

В останні роки, у зв'язку із зменшенням антропогенного навантаження зі сторони великих підприємств, спостерігається значне покращення екологічного стану гідротопів щодо їх забруднення іонами ВМ, проте до цього часу відсутні узагальнені відомості щодо рівня забруднення ними найбільших водойм території Львова та його околиць.

Метою цієї статті є комплексне дослідження рівня забруднення водойм, розташованих у межах м. Львова та околиць, іонами важких металів та аналіз одержаних даних з їх подальшою інтерпретацією.

Матеріал і методика досліджень

Відбір проб води з метою встановлення концентрації ВМ у гідротопах було проведено постійних водоймах Львова та його околиць, а також на території ПЗ "Розточчя" у весняно-літньо-осінній період 2005 р. У першому випадку дослідженнями охоплено наступні водойми (надалі у тексті ПД): ПД 1 – рибогосподарські стави у с. Чишки, ПД 2 – о. Телевізійне, ПД 3 – о. Винниківське, ПД 4 – потік Медовопечерський, ПД 5 – ставок у ботанічному саду Львівського національного університету імені Івана Франка, ПД 6 – Карстове озеро (на перетині вул. Стрийської та вул. Наукової), ПД 7 – потік Софіївський (парк "Залізна вода"), ПД 8 – озеро в регіональному ландшафтному парку "Знесіння", ПД 9 – потік Скнилівок (поблизу ринку "Південний"), ПД 10 – р. Марунька. Для порівняння ступеня забруднення гідротопів, розташованих у міській та заміській зоні, було обстежено пробні ділянки на території ПЗ "Розточчя" (надалі у тексті КПД).

У кожній з обстежених водойм щомісячно відбирали проби води згідно стандартних методик [2, 8, 9]. Кількість відібраних проб змінювалася в залежності від площі водойми – від 2 з однієї водойми до 5-6. Загалом за весь період досліджень було відібрано близько 400 проб води. Об'єм одноразової проби води становив 0,25 л [8, 9].

Відібрані проби аналізували на вміст Pb^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Cd^{2+} , Fe^{2+} і Co^{2+} , визначаючи їх методом емісійного спектрального аналізу на спарених дифракційному і кварцовому спектрографах при фотометрії на реєструючому мікрофотометрі [9].

Для одержання інтегральних показників ступеня забруднення води нами був використаний індекс забруднення водного середовища [3].

Результати досліджень та їх обговорення

У рибогосподарських ставах з позаміської зони іони Pb^{2+} відзначалися найбільшою концентрацією та перевищенням рівня ГДК, встановленого для цього ВМ (табл. 1). У гідротопах розташованих у межах міста найбільша їх концентрація спостерігалася у ПД6-7 (табл. 2).

Статистично достовірна різниця у забрудненні Pb^{2+} досліджених гідротопів у водоймах позаміської зони зафіксована лише для ПД1 при попарному порівнянні водойм розташованих поза межами міста, а у випадку з міськими водними біотопами така різниця зафіксована при порівнянні концентрацій у ПД5-ПД9.

За рівнем концентрації Zn^{2+} , у водному середовищі обох типів досліджених водойм, знаходиться на першому місці. Цей ВМ входить в трійку ВМ з найбільшими значеннями концентрації. Концентрація Zn^{2+} змінювалася у діапазоні від 0,21 до 0,76 мг/л у позаміських гідротопах (табл. 1), а у міських 0,36-0,82 мг/л. В обох типах гідротопів рівень забруднення водного середовища Zn^{2+} не перевищувала значення ГДК, лише в одному випадку концентрація у пробах води, відібраних у ПД9, була до неї близькою (табл. 2).

Найменші значення концентрації цього ВМ у позаміських гідротопах зареєстровані у пробах води, відібраних із ПД2 і ПД3, а найбільші – з ПД1. В гідротопах, розташованих у міській зоні, найменша концентрація цинку спостерігається у водному середовищі ПД5, а максимальна у ПД9. Визначаючи достовірність різниці у концентрації дослідженого ВМ у водоймах, розташованих у межа однієї групи, виявилось, що у водоймах позаміської зони статистично достовірна різниця спостерігається при порівнянні концентрації цинку у водному середовищі ПД1 з рештою досліджених гідротопів, і у випадку з ПД3-ПД10. У водоймах, розташованих у межах міста, статистично достовірна різниця у значеннях концентрації виявлена у ПД5-ПД8 з ПД9.

Концентрація Cu^{2+} у водоймах обох порівнюваних груп не перевищувала значення ГДК і змінювалась у діапазоні 0,20-0,74 мг/л у пробах води з позаміських гідротопів (табл.1) та від 0,01 до 0,66 мг/л у водоймах міської зони (табл.2). Достовірно статистичну різницю у концентрації дослідженого ВМ у позаміських гідротопах виявлено при порівнянні її значень усіх досліджених водойм цієї групи із ПД10. У міських гідротопах ситуація щодо різниці у накопиченні іонів міді дещо інша. Достовірна різниця виявлена у ПД5-ПД9; ПД6-ПД8, ПД9; ПД7-ПД9; ПД8-ПД9.

Таблиця 1

Концентрація важких металів у водному середовищі позаміських гідротопів, мг/л

Іони важких металів	Пробні ділянки									
	ПД 1	ПД 2	ПД 3	ПД 4	ПД 10	КПД				
Pb ²⁺	0,05±0,005 0,030,01	0,01±0,003 0,030,01	0,02±0,005 0,030,01	0,01±0,005 0,030,01	0,02±0,003 0,030,01	0,01±0,023 0,030,01				
Zn ²⁺	0,76±0,054 1,00,05	0,24±0,042 1,00,05	0,21±0,018 1,00,05	0,37±0,017 1,00,05	0,42±0,022 1,00,05	0,19±0,015 1,00,05				
Cu ²⁺	0,41±0,066 1,00,05	0,25±0,040 1,00,05	0,33±0,023 1,00,05	0,32±0,017 1,00,05	0,74±0,035 1,00,05	0,20±0,022 1,00,05				
Al ³⁺	0,16±0,017 0,500,20	0,26±0,036 0,500,20	0,28±0,023 0,500,20	0,27±0,031 0,500,20	0,23±0,020 0,500,20	слідки 0,500,20				
Cr ³⁺	0,29±0,015 0,030,01	0,01±0,003 0,030,01	0,02±0,005 0,030,01	0,01±0,005 0,030,01	0,01±0,005 0,030,01	0,03±0,008 0,030,01				
Cr ⁶⁺	0,01±0,005 0,010,03	0,02±0,006 0,010,03	слідки 0,010,03	0,02±0,005 0,010,03	0,03±0,009 0,010,03	0,03±0,011 0,010,03				
Fe ²⁺	0,20±0,026 0,310,10	0,19±0,02 0,310,10	слідки 0,310,10	слідки 0,310,10	слідки 0,310,10	слідки 0,310,10				
Mn ²⁺	слідки 0,250,10	слідки 0,250,10	слідки 0,250,10	слідки 0,250,10	слідки 0,250,10	слідки 0,250,10				
Co ²⁺	слідки 0,10,05	слідки 0,10,05	0,06±0,018 0,10,05	слідки 0,10,05	слідки 0,10,05	0,01±0,004 0,10,05				

Примітки: ПД 1 – рибгосподарські стави у с. Чишки, ПД 2 – о. Телевізійне, ПД 3 – о. Винниківське, ПД 4 – потік Медовопечерський, ПД 10 – р. Марунька; у чисельнику – середнє значення концентрації іонів важких металів, у знаменнику – значення ГДК санітарно-токсикологічна вимога | стандарт ВОЗ (Предложеніе Всемирной организации здравоохранения ВОЗ; Стандарты содержания приоритетных неорганических загрязняющих веществ) [1].

Таблиця 2

Концентрація важких металів у водному середовищі міських гідротопів, мг/л

Іони важких металів	Пробні ділянки						
	ПД 5	ПД 6	ПД 7	ПД 8	ПД 9	КПД	
Pb ²⁺	0,01±0,005 0,03±0,01	0,03±0,007 0,03±0,01	0,04±0,009 0,03±0,01	0,02±0,006 0,03±0,01	0,03±0,001 0,03±0,01	0,01±0,023 0,03±0,01	
Zn ²⁺	0,36±0,037 1,0±0,05	0,41±0,013 1,0±0,05	0,50±0,041 1,0±0,05	0,46±0,038 1,0±0,05	0,82±0,026 1,0±0,05	0,19±0,015 1,0±0,05	
Cu ²⁺	0,19±0,017 1,0±0,05	0,01±0,005 1,0±0,05	0,29±0,050 1,0±0,05	0,20±0,018 1,0±0,05	0,66±0,034 1,0±0,05	0,20±0,022 1,0±0,05	
Al ³⁺	0,26±0,030 0,50±0,20	0,21±0,057 0,50±0,20	0,27±0,021 0,50±0,20	0,49±0,009 0,50±0,20	0,27±0,024 0,50±0,20	слід 0,50±0,20	
Cr ³⁺	0,01±0,004 0,03±0,01	0,02±0,006 0,03±0,01	слід 0,03±0,01	0,27±0,004 0,03±0,01	0,02±0,005 0,03±0,01	0,03±0,008 0,03±0,01	
Cd ²⁺	0,02±0,007 0,01±0,003	0,04±0,006 0,01±0,003	0,02±0,006 0,01±0,003	0,01±0,028 0,01±0,003	слід 0,01±0,003	0,03±0,011 0,01±0,003	
Fe ²⁺	0,28±0,022 0,31±0,10	0,07±0,019 0,31±0,10	0,20±0,019 0,31±0,10	0,20±0,014 0,31±0,10	0,19±0,021 0,31±0,10	слід 0,31±0,10	
Mn ²⁺	слід 0,25±0,10	слід 0,25±0,10	слід 0,25±0,10	слід 0,25±0,10	0,09±0,009 0,25±0,10	слід 0,25±0,10	
Co ²⁺	0,11±0,018 0,1±0,05	слід 0,1±0,05	0,19±0,035 0,1±0,05	слід 0,1±0,05	0,002±0,0005 0,1±0,05	0,01±0,004 0,1±0,05	

Примітки: ПД 5 – ставок у ботанічному саду Львівського національного університету імені Івана Франка, ПД 6 – Карстоє озеро (на перетині вул. Стрийської та Наукової), ПД 7 – потік Софійський (парк "Залізна вода"), ПД 8 – озеро в РЛП "Знесіння", ПД 9 – потік Скнишівок (поблизу р. "Південний").

Відібрані в позаміській зоні проби води характеризувалися діапазоном концентрації Al^{3+} від 0,16 до 0,28 мг/л (табл. 1), а у гідротопах міської – 0,21-0,49 мг/л (табл. 2), у межах ГДК. Різниця у концентрації Al^{3+} у різних гідротопах позаміської зони, достовірно встановлена лише для водойм ПД1-ПД3. У гідротопах міської зони статистичну достовірну різницю у накопиченні дослідженого ВМ виявлено при порівнянні із концентрацією ВМ у ПД8.

У досліджених гідротопах концентрація іонів Cr^{3+} у більшості випадків характеризується невисокими значеннями, у межах від 0,01 до 0,03 мг/л, у водоймах, розташованих, як в позаміській (табл. 1), так і міській (табл. 2) зонах. Проте у двох досліджених гідротопах було виявлено значне перевищення рівня ГДК: у 9,7 рази у випадку із ПД1 та 9 разів у пробах води, відібраних із ПД8. Для позаміських гідротопів статистично достовірна різниця у концентрації дослідженого ВМ зафіксована лише при попарному порівнянні його концентрацій у пробах води з ПД1 з рештою гідротопів, а у міських водоймах вміст ВМ достовірно відрізняється у групах гідротопів: ПД5-ПД8, ПД6-ПД8 та ПД8-ПД9.

У досліджених гідротопах вміст Cd^{2+} змінювався у діапазоні від 0,01 до 0,03 мг/л у пробах води, відібраних у позаміських (табл. 1), та в межах 0,01–0,04 мг/л – у міських (табл. 2) гідротопах. Концентрація цього ВМ перевищувала значення ГДК лише у випадку з пробами води, відібраними у ПД6. Статистично достовірної різниці у концентрації Cd^{2+} у воді досліджених ПД позаміської та міської зони не виявлено.

У ПД, розташованих у позаміській зоні, концентрація Fe^{2+} змінювалась від слідових концентрацій до 0,20 мг/л (табл. 1), тоді як у водному середовищі діапазон змін концентрацій зафіксовано від 0,07 до 0,28 мг/л (табл. 2). Статистично достовірна різниця у концентрації дослідженого ВМ у різних типах ПД спостерігалась лише у гідротопах, розташованих у міській зоні, і спостерігалась у ПД5-ПД6, ПД6-ПД7, ПД6-ПД8 та ПД6-ПД9.

Так, достовірні відмінності концентрації Zn^{2+} були зафіксовані для всіх проаналізованих гідротопів, розташованих в обох досліджених зонах. На другому місці за кількістю пробних ділянок, концентрація ВМ в яких статистично відрізняється у порівнянні із пробами води, відібраних у контрольній пробній ділянці, знаходиться Cu^{2+} . Для гідротопів, розташованих у позаміській зоні, достовірна різниця зафіксована у ПД3, ПД4 та ПД10, а у випадку з водоймами, розташованими у міській зоні, – ПД6 та ПД9. Статистична різниця у концентрації Cr^{3+} у досліджених зонах виявлена лише в гідротопах позаміської та міської зон: ПД1 та ПД8 відповідно.

Отримані дані дають можливість зробити певні узагальнюючі висновки щодо особливостей забруднення досліджених водойм ВМ. Усі гідротопи можна поділити на такі групи: риборозплідні стави (ПД1), озера (ПД2, ПД3, ПД6, ПД8), декоративні ставки (ПД5) та потоки (ПД4, ПД7, ПД9, ПД10).

Розташування ПД1 поблизу пожевленої траси та неподалік від населеного пункту спричинило перевищення рівня ГДК для двох ВМ Pb^{2+} і Cr^{3+} (табл. 1). Аналогічний антропогенний вплив простежується також і у випадку з озерами і потоками. У результаті досліджень цих гідротопів для двох вищевказаних ВМ відзначені концентрації близькі за значенням до ГДК. Також у цих гідротопах у

зв'язку з інтенсивним процесом розкладу рослинних і тваринних решток спостерігалися концентрації Cd^{2+} , близькі до ГДК (табл. 1, 2).

Для узагальнення відомостей щодо забруднення водного середовища досліджених гідротопів ВМ було використано індекс забруднення водного середовища (надалі у тексті ІЗВС). Виявилось, що більшість досліджених гідротопів за рівнем забруднення ВМ належать до чистих (клас якості води 2). Найбільш забрудненими виявилися озера, розташовані у міській зоні, значення ІЗВС становить для них 2,11 (клас якості води 4). До помірно забруднених (клас чистоти води 3) належать потоки, розташовані у межах міста (ІЗВС=1,34), і риборозплідні ставки (ІЗВС=1,74).

Вирішальним чинником, який визначає рівень забруднення водного середовища ВМ, є антропогенний, а меншою мірою – особливості природного середовища. Яскравим прикладом цього є рівень забруднення гідротопів свинцем і хромом. У випадку з першим ВМ підвищення концентрації у воді спостерігалось на незначній відстані від шосейних доріг. А при дослідженні гідротопів, розташованих неподалік населених пунктів, як правило, спостерігається збільшення концентрації хрому, що викликане невпорядкованим скиданням забруднених комунальних стоків у водне середовище.

Досить високі концентрації цинку у водоймах дослідженої території спостерігаються внаслідок природних процесів руйнування і розчинення мінеральних солей [3, 5]. При цьому, згідно літературних відомостей, зафіксовані його концентрації не перевищують норми, і є звичайними для водойм дослідженої території [10].

Включаючись у загальний кругообіг речовин в гідроекосистемі, ВМ також знаходяться у взаємодії з чинниками зовнішнього середовища. Для ілюстрації цього прослідковано особливості сезонної динаміки окремих іонів ВМ, в залежності від пори року і температури, для двох ВМ: Zn^{2+} та Cu^{2+} , які характеризувались найбільшими значеннями їхньої концентрації. В результаті проведених досліджень відмічена наступна тенденція: зростання температури навколишнього середовища призводить до підвищення концентрації іонів у водному середовищі. Так, починаючи з березня і до травня чітко простежується зростання концентрації цих ВМ. Початок літа характеризується певною стабілізацією процесу зміни концентрації, а з середини липня спостерігається поступове зниження концентрації ВМ у водному середовищі. Це можна пояснити тим, що ВМ по суті включаються в загальний кругообіг речовин в гідроекосистемі. І зниження підвищення концентрації мікроелементів, на нашу думку, може бути зумовлене інтенсифікацією процесів обміну у весняно-літній період та сповільненням цих процесів наприкінці літа-початку осені.

Висновки

В результаті проведених досліджень виявлено, що стан забруднення водного середовища міських та позаміських гідротопів м. Львова знаходиться у припустимих межах. Про це, насамперед, свідчать значення концентрацій ВМ у водному середовищі досліджених гідротопів, які не перевищують рівня ГДК, за винятком

Pb²⁺, Cr³⁺ і Cd²⁺ та значення індексу забруднення водного середовища. Подальші дослідження особливостей накопичення ВМ у різних типах гідротопів можуть бути спрямовані на біоіндикацію, а саме на вивчення особливостей накопичення ВМ в організмі прісноводних моллюсків – природних фільтраторів і відмінних накопичувачів цих хімічних елементів.

1. Беспаятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник. – Л.: Химия, 1985. – 429 с.
2. Вода хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения. Отбор, хранение и транспортировка // ГОСТ 5215–50. – М., 1950. – С. 2-48.
3. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Справочные материалы [Электронный ресурс] // – 2005. – Режим доступа до ресурсу URL: <http://www.ecolife.org.ua/>
4. Курамшина Н.Г. Гастроподы в биотестировании продуктов нефтехимии, нефтепереработки и биоиндикации тяжелых металлов та территории Башкортостана: автореф. дисс. на соискание научн. степени д-ра биол. наук: 03.00.16 спец. "Экология" / Н.Г. Курамшина. – Екатеринбург, 1997. – 45 с.
5. Мур Дж., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. – М.: Мир, 1987. – 280 с.
6. Никаноров А.М. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 311 с.
7. Овчаренко С.В. Флокулянти і якість питної води. – Харків: Основа, 2001. – 200 с.
8. Пролл М.В. Методы и материалы анализа // Методы химического анализа в гидробиологических исследованиях / отв. ред. В.Н. Золотарев. – Владивосток: изд-во ДНУ, 1979. – С. 5-43.
9. Руководство по химическому и технологическому анализу воды. – М.: Стройиздат, 1973. – 271 с.
10. Сиренко А.А., Евтушенко Н.Ю., Комаровский Ф.Я. Гидробиологический режим Днестра и его водоемов. – К.: Наук. думка, 1992. – 325 с.
11. Kori R., Shrivastava K.P., Upadhyay N. et al. Studies on presence of heavy metals and halogenated hydrocarbons in river Betwa (MP), India // Поволж. экол. журн. – 2006. – № 2/3. – С. 147-153.
12. Wildi W., Dominik J., Loizeau J.-L. et al. River, reservoir and lake sediment contamination by heavy metals downstream from urban areas of Switzerland // Lakes and reservoirs: Research and management. – 2004. – 9. – P. 75-87.

Державний природознавчий музей НАН України, м. Львів
e-mail: gural@museum.lviv.net

Гураль Р.И.

Загрязнение гидротопов Львова и его окрестностей ионами тяжелых металлов

На протяжении 2005 г. проведены исследования уровня загрязнения водной среды гидротопов, размещенных в городской и загородной зоне г. Львова, ионами тяжелых металлов: Pb²⁺, Zn²⁺, Cu²⁺, Al³⁺, Cr³⁺, Cd²⁺, Fe²⁺ и Co²⁺. Наибольшие концентрации отмечены у алюминия и меди, наименьшие – у кобальта. Превышение уровня ПДК было зафиксировано в случае со свинцом, хромом и медью в 5 исследованных водоёмах, однако общее состояние их загрязнения можно считать удовлетворительным.

Ключевые слова: ионы тяжелых металлов, загрязнение, мониторинг, урбосреда.

Gural R.I.

Pollution of water biotopes of city Lviv and its vicinity by ions of heavy metals

During 2005 the level of contamination investigated heavy metal ions: Pb^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Cd^{2+} , Fe^{2+} and Co^{2+} , aquatic hydrotopes located in urban and suburban area of Lviv. The highest concentrations were observed in aluminum and copper, the lowest – in cobalt. Exceeding the maximum permissible concentration level was recorded in the case of lead, chromium and copper in the five ponds studied, but the overall condition of pollution can be considered satisfactory.

Key words: *heavy metal ions, pollution, monitoring, urban environment.*