DOI https://doi.org/10.32782/geotech2022.35.11
УДК 556.3+556.5(477.411):550.4:502.51

Кошлякова Т.О., Кошляков О.Є., Швайка І.Д.

Кошлякова Т.О., кандидат геологічних наук, старший науковий співробітник, Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, ORCID 0000-0001-8551-3531, tatianakoshliakova@gmail.com
Кошляков О.Є., доктор геологічних наук, завідувач кафедри, ННІ «Інститут геології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID 0000-0003-3090-4855, kosh57@ukr.net
Швайка І.Д., молодший науковий співробітник, Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, ORCID 0000-0002-1908-6639, I.Shvaika@nas.gov.ua

ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНИЙ СТАН ПОВЕРХНЕВИХ І ПРИПОВЕРХНЕВИХ ВОД МІСТА КИЄВА

Анотація. *Дослідження присвячено проблемі еколого-геохімічного оцінювання поверхневих і приповерхневих вод території м. Києва на прикладі озер Сонячне, Нижній Тельбін та верховодки острова Водників. У рамках поточного оцінювання еколого-гігієнічного та медико-біологічного стану Києва було відібрано та проаналізовано зразки поверхневих і приповерхневих підземних вод, за допомогою методу ICP-MS визначено вміст основних мікроелементів та забруднювальних речовин. Зразки поверхневих вод відібрано з двох озер, які є популярними місцями відпочинку містян. Хоча усі досліджені зразки води мали майже нейтральний pH, вміст кількох мікроелементів виявився вищим за гранично допустиму концентрацію: у озері Сонячне (Sb до 63, Mn до 337 мг/дм³) і Нижній Тельбін (Al до 4,0 мг/дм³, Fe до 1,4 мг/дм³, As до 50 мг/дм³). Зразки приповерхневих ґрунтових вод характеризувались підвищеними концентраціями Fe (до 16,3 мг/дм³), Mn (до 2,6 мг/дм³) та розчинених органічних кислот (до 25 мг/дм³). З метою пояснення встановлених особливостей було окреслено два основних фактори впливу: 1) темпи водообміну в поєднанні з геологічною будовою території; 2) близькість до промислових підприємств, включаючи сміттєспалювальний завод та очисні споруди. Крім того, було встановлено, що донні відклади озер локально забруднені (наприклад, вміст свинцю у 100 разів перевищує ГДК). Попередні дані про вміст металів у водній рослинності свідчать про потенційну загрозу здоров'ю людей і навколишньому середовищу. Загалом отримані результати свідчать, що відібрані зразки води за своєю якістю не відповідають мінімальним вимогам до II категорії використання (культурне, побутове, рекреаційне). Інші водні об'єкти в районі досліджень відповідають стандартам категорії II, однак очевидно, що подальше навантаження за рахунок надходження біоорганічних та техногенних неорганічних забруднювачів може погіршити якість води в майбутньому. Запобігти цьому можна лише шляхом упровадження на державному рівні науково та адміністративно обґрунтованих рекультиваційних заходів, які нині здійснюються надто повільно.*

Ключові слова: *еколого-геохімічна оцінка, поверхневі води, ґрунтові води, мікроелементний аналіз, техногенне забруднення.*

Вступ. Для багатьох міст України характерною є складна екологічна обстановка, обумовлена наявністю і концентрацією підприємств чорної та кольорової металургії, теплоенергетики, хімії та нафтохімії, гірничодобувної промисловості, цементних заводів. Іншою не менш небезпечною екологічною проблемою є стан каналізаційного господарства й очищення стічних вод. Практично в усіх містах України каналізаційні системи потребують заміни або капітального ремонту. Часті прориви каналізаційних колекторів є постійними джерелами небезпечного забруднення міського середовища, а іноді призводять до спалаху інфекційних захворювань. У переважній більшості міст України очисні споруди загальноміських стічних вод перевантажені. Виняток не становлять навіть найбільші міста – Київ та Харків. У багатьох містах наявна потужність очисних споруд у декілька разів нижча за потрібну. Приблизно половина міських стічних вод скидаються у водні об'єкти недостатньо очищеними, із них біля 15 % – взагалі без очищення. Без будь-якого очищення скидається до 70 % промислових стічних вод [4]. До екологічно небезпечних об'єктів міста Києва належать такі підприємства: завод з переробки твердих побутових відходів "Енергія" (переробляє близько 20 % всіх столичних відходів, ТОВ "Євро-Реконструкція" (підприємство експлуатує Дарницьку теплоелектроцентраль (ТЕЦ), що визнана одним із головних забруднювачів повітря у столиці), Бортницька станція аерації (на станції відбувається очищення усіх господарсько-побутових стічних вод, а також промислових стічних вод після попереднього їх очищення на самих підприємствах).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню хімічного складу поверхневих і підземних вод Києва присвячено низку наукових публікацій останніх років [1–6]. Зокрема, науковці досліджували сезонну динаміку вмісту азоту та фосфатів у водоймах міста із різним ступенем антропогенного навантаження [6],

вивчали закономірності розподілу хімічних елементів у відкритих водоймах міста, виділяли локальні аномалії підвищеного вмісту деяких важких металів, порівнюючи його з фоновими параметрами [1]. У результаті цих досліджень встановлено, що поверхневі водойми правобережної частини Києва забруднені більше за лівобережні. У сезонному аспекті було виявлено такі закономірності: вміст фосфатів збільшується у літній період, азоту амонійного – у ранньовесняний та ранньолітній. Також дослідники наголошували, що у гідрохімічному режимі озера Нижній Тельбін спостерігається відновлення природних процесів. У той же час еколого-геохімічний стан поверхневих водойм не є сталим, оскільки на нього чинить вплив низка природних та антропогенних факторів, тому він потребує регулярних моніторингових досліджень. Крім того, існує необхідність у вивченні взаємозв'язку між поверхневими та ґрунтовими водами із залученням геохімічних даних, виходячи з тісного гідравлічного зв'язку між ними.

Мета дослідження – здійснення попереднього оцінювання еколого-геохімічного стану поверхневих і ґрунтових вод міста Києва на прикладі озер Сонячне і Нижній Тельбін, а також заплави долини р. Дніпро (острів Водників), окреслення основних екологічних проблем обраних компонентів навколишнього природного середовища та пошук шляхів їх вирішення.

У роботі використано результати власних польових та лабораторних досліджень, а також звітні матеріали.

Методи дослідження. Для виконання дослідження було використано метод масспектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою (*ICP-MS*) на масспектрометрі з подвійним фокусуванням іонного променя *ELEMENT*-2 фірми *Thermo Scientific* (корпорація *Thermo Electron GmbH*, Бремен, Німеччина), що функціонує на базі Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України. Похибка вимірювання $\delta \leq 3\%$. Для отримання калібровок «сигнал – концентрація» застосовано сертифікований стандарт (*ICP multi-element standard solution* VI, виробник – *Merck KGaA*), з якого виготовлено серію з шести градуювальних стандартів від 1 до 1000 *ppb*. Підготовку проб і стандартів здійснено ваговим методом. Для приготування розчинів (промивні, холості, градуювальні й аналізовані) використано воду, очищену за допомогою апарату *Millipore-Q*3 (*Millipore SA*, Франція). Також було використано результати гідрохімічного моніторингу, виконаного у жовтні-грудні 2017 року науково-виробничим підрозділом ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України» – «Придніпровським регіональним центром з питань еколого-гігієнічної та медико-біологічної оцінки промислових відходів» (Н-ВТК «Центр») [7].

Виклад основного матеріалу дослідження. Водозбір з р. Дніпро, його заплави, а також русла колишніх річок за гідрографічними особливостями можна розділити на чотири основні групи. До першої, найбільшої, слід віднести озера, генетично пов'язані із заплавою Дніпра. Це більшість лівобережних водойм: озера Тельбін, Нижній Тельбін, Вирлиця та інші. До другої – озера, що утворились в історичних руслах малих річок, які раніше протікали по території міста та найближчих околиць. Третя група охоплює ставки, розташовані на водостоках, які діють постійно або пересихають. Четверту групу складають безстічні озера та кар'єри. Водойми і водотоки Дарницького району перетворені у водні об'єкти переважно дощового живлення, тому якість їхньої води залежить від якісного складу поверхневого стоку [7]. Типові проблеми поверхневих водойм Києва можна проілюструвати на прикладі озер Нижній Тельбін та Сонячне.

Озеро Нижній Тельбін. За якісними властивостями води, донних відкладів та рослинності ця водойма належить до стабільно забруднених промисловими відходами. Забруднювальні речовини у Нижній Тельбін були привнесені стічними водами Дарницького меліоративного каналу з Дніпровсько-Деснянської промзони. Попри те, що після 1990 року деякі підприємства припинили чи перепрофілювали свою діяльність, дані опробування води, мулу та рослинності свідчать, що забруднення у водоймі зберігається на дуже небезпечному рівні та загрожує природному середовищу. Загалом вода має нормальну мінералізацію (0,1–0,5 мг/дм^3), помірно жорстка (5,0–5,5), помірно лужна (7,2–8,0), за типом – гідрокарбонатно-хлоридно-сульфатна кальцієво-натрієво-магнієва. За хімічним складом вода в озері гідрокарбонатно-сульфатно-хлоридна кальцієво-натрієво-магнієва, спостерігається перевищення рівнів забруднення води важкими металами (барій – 5 ГДК, свинець – до 3,5, марганець – до 8,3, титан – до 7,7 ГДК). Окрім того, спостерігаються стабільні значні перевищення ГДК забруднення донних відкладів, наприклад, свинцю – до 100 ГДК. За якісними властивостями води, донних відкладів і рослинності водойму можна віднести до стабільно забрудненої з усіма рисами промислового забруднення, а рівень забруднення свідчить про тривалий і стійкий характер. Водойма Нижній Тельбін не відповідає вимогам до водойм II категорії водокористування, отже не може бути придатною для культурно-побутового використання, насамперед рекреаційного. Ця водойма викликає занепокоєння ще й тому, що вона безпосередньо має зв'язок із Дніпром [7].

Озеро Сонячне знаходиться в густо заселеній селітебній зоні Дарницького району, за походженням є змішаного генезису, а на формування його долини в сучасному стані вплинуло штучне намивання території під час будівництві житлового масиву Позняки. Живиться озеро за рахунок підземних вод та атмосферних опадів. Вода озера Сонячне характеризується помірним стабільним забрудненням. За хімічним складом вода озера гідрокарбонатно-сульфатно-хлоридна кальцієво-магнієво-натрієва. Перевищує ГДК вміст барію, марганцю та магнію. Органічне забруднення (сполуки азоту) носить суто сезонний характер: підвищується влітку. Погіршення якісного складу поверхневих водойм і водотоків може призвести до непередбачених санітарно-епідемічних наслідків.

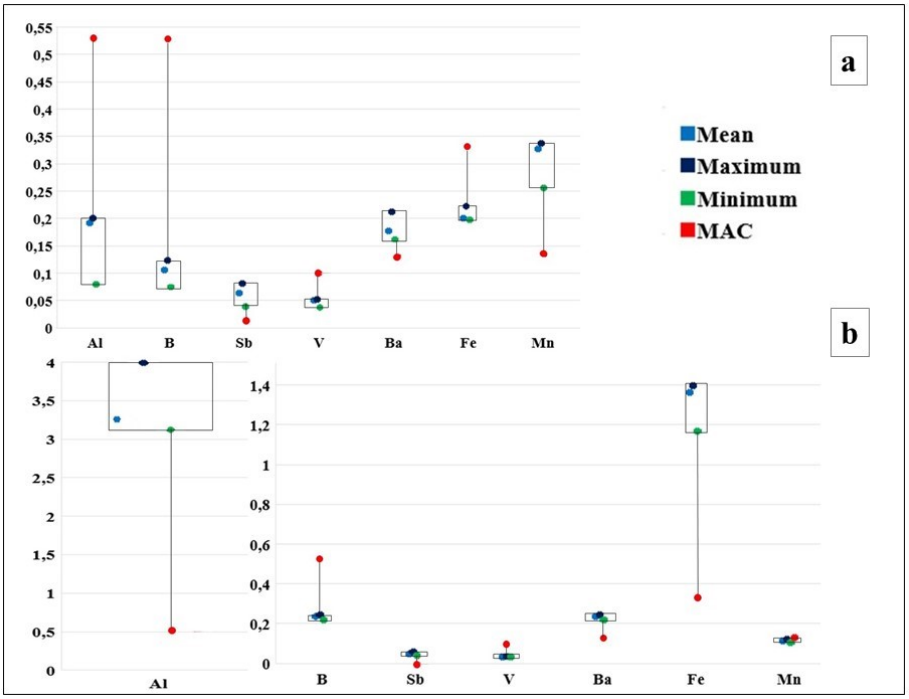


Fig. 1. Diagram of trace-elements content (in mg/dm^3) in the studied surface waters of Kyiv: a) Sunny Lake, b) Lower Telbin Lake; mean arithmetic mean, maximum – maximum value, minimum – minimum value, MAC – maximum allowable concentration

За оздоровчий сезон 2016 р. у рамках державного соціально-гігієнічного моніторингу була досліджена 101 проба води поверхневих водойм. Результати мікроелементного аналізу досліджуваних проб проілюстровано у вигляді діаграми (рис. 1).

З метою отримання оцінки забруднення поверхневих водойм було визначено кратність перевищення ГДК за основними мікроелементами. Для озера Сонячне кратність перевищення ГДК Ba становить 1,2–2,0, Mn – 1,7–2,6, Sb – 3,0–6,2. Для озера Нижній Тельбін кратність перевищення ГДК становить Mn – 0,5–1,0, As – 0,8–0,9, Ba – 1,6–1,8, Fe – 3,0–4,0, Sb – 3,5–4,6,Al – 6,0–7,0.

На підставі оцінки кратності перевищення ГДК можна класифікувати забрудненість обстежених водойм за хімічними показниками води (вмістом певних елементів) таким чином: озеро Сонячне належить до помірно забруднених, а озеро Нижній Тельбін – до забруднених водойм [7].

Додатково у 2021 році ми дослідили загальний хімічний склад і вміст мікроелементів у зразках води з 20 колодязів, що знаходяться в межах заплави р. Дніпро (острів Водників).

За хімічним складом досліджувані приповерхневі води є гідрокарбонатно-сульфатно-хлоридними натрієво-кальцієвими, спостерігається перевищення рівнів забруднення води деякими елементами і сполуками (Ba – до 1,6 ГДК, Mn – до 5, Fe – до 16,3, перманганатна оксинюваність – до 2,6); вміст нітратів і Ni – на рівні ГДК).

Порівняння хімічного складу поверхневих і приповерхневих вод Києва дало змогу виявити, що найбільші концентрації заліза та марганцю характерні для верховодки, що обумовлено тісним гідравлічним зв'язком з р. Дніпро, а також особливостями геологічної будови водовмісної товщі: водоносний горизонт у відкладах канівської і бучацької серій еоцену, регіонально витриманий у межах досліджуваної території, також характеризується підвищеними концентраціями заліза [3].

Висновки. Екологічні проблеми Києва суттєво пов'язані зі зростанням урбаністичного навантаження, зокрема стрімким збільшенням кількості населення, площі і щільності забудови та браком інфраструктурних об'єктів і послуг, занадто повільним упровадженням заходів з інженерного благоустрою території.

1. Об'єктами, що справляють найбільший негативний вплив на навколишнє середовище міста, слід вважати: а) автомобільний транспорт; б) завод з переробки твердих побутових відходів «Енергія»; в) ТОВ «Євро-Реконструкція», що експлуатує Дарницьку ТЕЦ; г) Бортницьку станцію аерації. Їх функціонування призводить до комплексного екологічного тиску на об'єкти довкілля, зокрема до забруднення поверхневих та підземних вод унаслідок складування і накопичення твердих та шламоподібних відходів теплоенергетики і сміттєспалювання, скидання недостатньо або частково очищених промислових стоків, а також до порушення природних гідрогеологічних режимів підземних водотоків.

2. Деградація природних об'єктів має комплексний характер і відбувається як унаслідок їх біологічного

та органічного забруднення, так і накопичення неорганічних техногенних компонентів (важких металів, радіонуклідів тощо).

3. Моніторинг санітарного та екологічного стану об'єктів довкілля в місті Києві має дискретний і вибірково-фрагментарний характер, а його результати, на жаль, суттєво не впливають на ухвалення відповідних адміністративно-управлінських рішень.

Перспективи подальших досліджень. На нашу думку, подальші дослідження варто зосередити на вивченні форм знаходження мікроелементів у водному середовищі досліджуваних об'єктів. У ході цих робіт потрібно враховувати вміст органічної складової, зокрема перманганатної окиснюваності, органічного вуглецю, фульвових та гумінових кислот. Для реалізації таких досліджень доцільно буде використати метод термодинамічного моделювання.

References

1. Akimova, O.R., Kuraieva, I.V., Samchuk, A.I. (2011), Features of distribution of chemical components in natural reservoirs of Kyiv, *Geochemistry and ore formation,* 29: 94–98.

2. Dyniak, O.V., Koshliakova, T.O., Koshliakova, I.Ye., Koshliakov, O.Ye. (2021), Spatial analysis and modeling of tritium content in groundwater of Senoman-Callovian aquatic complex on the territory of Kyiv for the purpose of assessing changes in its ecological condition in time, *Abstracts of XV International Scientific Conference «Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment».* https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215K2055.

3. Koshliakova, T.O., Dolin, V.V. (2016), Natural and man-caused factors of Cenomanian-Callovian groundwater complex chemical composition formation within urban agglomeration of Kyiv, *Visnyk Taras Shevchenko National University of Kyiv: Geology*, 4(75): 73–76.

4. Koshliakova, T.O., Koshliakov, O.Ye., Dyniak, O.V., Koshliakova, I.Ye. (2021), Tritium content as indicator of Cenomanian-Callovian groundwater complex state changes as a result of long-term operation within Kyiv, *Abstracts of XXth International Conference «Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects».* https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521053.

5. Kuraieva, I.V., Koshliakova, T.O., Zlobina, K.S. (2020), Peculiarities of Pb, Mo, Cu and Zn distribution in water of artesian aquifers (within Kyiv deposit), *Mineralogical Journal*, **42**(2): 63–73. https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.02.063.

6. Prokopuk, M.S., Pohorielova, Yu.V. (2017), *Seasonal dynamics of biogenious substances in reservoirs of Kyiv*, Visnyk of Zaporizhzhia National University, 1: 161–169.

7. Shevchenko, O.A., Bezotosnyi, V.M. (2017), *Ecological laboratory researches with examination of water objects, soil and condition of atmospheric air on the territory of Darnytskyi district of Kyiv. (Scientific report),* Dnipropetrovsk Medical Academy of the Ministry of Health of Ukraine, Dnipro.

ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL CONDITIONS OF SURFACE AND NEAR-SURFACE WATERS OF KYIV

T. Koshliakova, O. Koshliakov, I. Shvaika

Koshliakova T., PhD (Geol.), Senior Research Associate, M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine, ORCID 0000-0001-8551-3531, tatianakoshliakova@gmail.com

Koshliakov O., D. Sc. (Geol.), Head of the Department, Institute of Geology of Taras Shevchenko National University of Kyiv, ORCID 0000-0003-3090-4855, kosh57@ukr.net

Shvaika I., PhD (Geol.), Junior Research Associate, M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine, ORCID 0000-0002-1908-6639, I.Shvaika@nas.gov.ua

Abstract. *Investigation presented is devoted to the problem of ecological and geochemical assessing of surface and near-surface waters of Kyiv (on the example of Sunny Lake, Lower Telbin Lake and shallow groundwater of Vodnykiv Island). As part of an ongoing assessment of the ecological-hygienic and medico-biological state of Kyiv, a set of surface water and shallow groundwater samples was collected and analysed (ICP-MS) for major and trace-element concentrations. Surface-water samples included two lakes that are popular recreation sites. Although all waters had near-neutral pH, concentrations of several trace elements were found to be above the maximum permissible concentrations (MPC) in Sunny Lake (Sb to 63 mg/dm³, Mn to mg/dm³) and Lower Telbin Lake (Al to 4,0 mg/dm³, Fe to 1,4 mg/dm³, As to 50 mg/dm³). Shallow groundwater samples had highly elevated concentrations of Fe (to 16,3 mg/dm³) and Mn (to 2,6 mg/dm³), as well as dissolved organic acids (to 25 mg/dm³). Two primary controls were established to explain the observed peculiarities in water quality: 1) water residence time coupled with the underlying geology; and 2) proximity to industrial effluent, including incineration and wastewater treatment facilities. In addition, lake-bed sediment was locally contaminated (e.g., lead up to 100 times the MPC). Preliminary data on the metal content of aquatic vegetation suggests a potential threat to human health and the environment. As a whole, our data show that the sampled water bodies fail to meet minimum requirements for category II (cultural, household, recreational) use. Although other water bodies in the area meet category II standards, continued loading of bio-organic and man-made inorganic pollutants may degrade water quality in the future. This situation can only be avoided by the introduction of scientifically sound and administratively supported reclamation measures which are at the moment slowly implementing in Ukraine.*

Key words: *ecological and geochemical assessing, surface water, shallow groundwater, trace-element analysis, man-made contamination.*