# ГІГІЄНА ВОДИ І ОХОРОНИ ВОДОЙМИЩ

### HYGIENE OF WATER AND WATER RESERVOIRS PROTECTION

https://doi.org/10.32402/hygiene2024.74.010 УДК: 614.777:628.14:613.32:669.018.674(477.63)

## МІКРОЕЛЕМЕНТНИЙ СКЛАД ПИТНОЇ ВОДИ ПРИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОМУ ВОДОПОСТАЧАННІ ПРОМИСЛОВИХ МІСТ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

*Юнтунен* Г.М.<sup>1</sup>, Онул Н.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Комунальне підприємство «Дніпропетровська обласна станція переливання крові» <sup>2</sup> Дніпровський державний медичний університет, м. Дніпро, Україна e-mail: annajukrov@gmail.com e-mail: sangreena\_@ukr.net

Юнтунен Г.М. ORCID: https://orcid.org/0009-0004-5918-6898 Онул Н.М. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4968-3469

**Мета.** Еколого-гігіснічна оцінка якості питної води при централізованому водопостачанні промислових міст Дніпропетровської області за вмістом мікроелементів з групи важких металів.

**Об'єкт і методи дослідження.** Проведено аналіз вмісту мікроелементів з групи важких металів у питній воді промислових міст Дніпропетровської області - Дніпро, Кривий Ріг, Кам'янське, за 5-річний період. Оцінку отриманих даних проводили відповідно до вимог чинного законодавства щодо безпечності та якості питної води згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10, міжнародними рекомендаціями та даними наукової літератури.

Результати дослідження та їх обговорення. Встановлено, що на території Дніпропетровської області за 5-річний період дослідження відсоток нестандартних проб питної води за санітарно-хімічними показниками коливався в межах 24,4-30,6% – з систем иентралізованого водопостачання, 14.5-18.4% 3 водопровідних мереж. Середньобагаторічні концентрації металів у питній воді досліджуваних міст коливались у широкому діапазоні — від 0,0001 мг/л для ртуті до 0,19 мг/л — для алюмінію, що відповідає вимогам ГДК, однак за максимальними значеннями вмісту окремих металів в усіх промислових містах спостерігалось перевищення гігієнічних регламентів, найбільш виражене для заліза, яке сягало 60%. При цьому питома вага проб з перевищенням гігіснічного нормативу у окремі роки дослідження становила 5-12%. У динаміці дослідження відзначається поступове зниження на 14,2-54,5% концентрації свинцю у питній воді усіх промислових та контрольного міст (p < 0,05;  $R^2 = 0,51 - 0,78$ ). Подібна тенденція характерна і для вмісту алюмінію у питній воді м. Кривий Ріг – зниження у 2,5 разів (p < 0,001;  $R^2 = 0,79$ ) за досліджуваний період. При цьому у м. Кам'янське виявлено достовірне зростання вмісту низки мікроелементів з групи біотичних та абіотичних важких металів, зокрема міді та цинку — у 2,0-2,4 рази (p < 0,01;  $R^2 = 0,72-0,77$ ), ртуті та миш'яку — у 1,3-1,9 разів (p < 0,01;  $R^2 = 0,87 - 0,92$ ). Динаміка концентрацій інших важких металів у питній воді досліджуваних міст виявилась недостовірною. Сума відношення концентрацій мікроелементів з групи важких металів, що належать до І та ІІ класів небезпеки за санітарно-токсикологічною лімітуючою ознакою шкідливості коливається в межах 1,1-1,9, тобто одночасна присутність цих металів у питній воді промислових міст перевищує регламентований ДСанПіН 2.2.4-171-10 безпечний рівень.

**Висновки.** Результати проведених досліджень свідчать про актуальність проблеми забезпечення якості та безпечності питної води, призначеної для споживання людиною, необхідність подальшого удосконалення методів водопідготовки та контролю на усіх рівнях.

*Ключові слова.* Мікроелементи, важкі метали, питна вода, вміст, забруднення, вплив, громадське здоров'я.

### MICROELEMENT COMPOSITION OF DRINKING WATER IN CENTRALIZED WATER SUPPLY OF INDUSTRIAL CITIES OF DNIPROPETROVSK REGION

### H.M. Yuntunen<sup>1</sup>, N.M. Onul<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Communal enterprise «Dnipropetrovsk regional blood transfusion station», Dnipro, Ukraine <sup>2</sup> Dnipro State Medical University, Dnipro, Ukraine

**The purpose.** Ecological and hygienic assessment of the quality of drinking water at the centralized water supply of industrial cities of the Dnipropetrovsk region by the content of trace elements from the group of heavy metals.

**Object and research methods.** The analysis of the content of trace elements from the group of heavy metals in the drinking water of industrial cities of the Dnipropetrovsk region - Dnipro, Kryvyi Rih, Kamianske over a 5-year period was carried out. The evaluation of the obtained data was carried out in accordance with the requirements of the current legislation on the safety and quality of drinking water in accordance with SSRN 2.2.4-171-10, international recommendations and data from the scientific literature.

**Results.** It has been established that in the Dnipropetrovs'k region over the 5-year study period, the percentage of non-standard drinking water samples for sanitary and chemical parameters ranged from 24.4-30.6% from centralized water supply systems, and 14.5-18.4% from water supply networks. The average long-term concentrations of metals in the drinking water of the studied cities ranged from 0.0001 mg/l for mercury to 0.19 mg/l for aluminum, which meets the MAC requirements, but the maximum values of the content of individual metals in all industrial cities exceeded the hygienic regulations, most pronounced for iron, which reached 60%. At the same time, the proportion of samples exceeding the hygienic standard in some years of the study was 5-12%. In the dynamics of the study, a gradual decrease of 14.2-54.5% in the concentration of lead in drinking water in all industrial and control cities was noted (p < 0.05;  $R^2 = 0.51 - 0.78$ ). A similar trend is also characteristic of the aluminum content in drinking water in Kryvvi Rih - a 2.5fold decrease (p < 0.001;  $R^2 = 0.79$ ) during the study period. At the same time, a significant increase in the content of a number of trace elements from the group of biotic and abiotic heavy metals was found in Kamianske, in particular copper and zinc - by 2.0-2.4 times (p < 0.01;  $R^2 = 0.72 - 0.77$ ), mercury and arsenic - by 1.3-1.9 times (p < 0.01;  $R^2 = 0.87 - 0.92$ ). The dynamics of concentrations of other heavy metals in the drinking water of the studied cities was unreliable. The sum of the ratio of the concentrations of trace elements from the group of heavy metals belonging to hazard classes I and II according to the sanitary and toxicological limiting sign of harmfulness ranges from 1.1 to 1.9, i.e. the simultaneous presence of these metals in the drinking water of industrial cities exceeds the safe level regulated by SSRN 2.2.4-171-10.

**Conclusions.** The results of the conducted research indicate the urgency of the problem of ensuring the quality and safety of drinking water intended for human consumption and the need for further improvement of water treatment and control methods at all levels.

*Keywords.* Trace elements, heavy metals, drinking water, content, pollution, impact, public health.

Інтенсивний розвиток різних галузей промислового виробництва, засобів пересування призводить до значного хімічного забруднення, в тому числі важкими металами і металоїдами, всіх без винятку об'єктів навколишнього середовища [3,7,12].

Вода є основним ресурсом для існування життя, а доступ до безпечної питної води має вирішальне значення для здоров'я, основним правом людини та складовою ефективної політики захисту здоров'я [10]. Однак впродовж останніх десятиліть на якість води негативно вплинуло безперервне зростання населення, швидка індустріалізація, зростання урбанізації та недбале використання природних ресурсів [7,8]. Розвиток суспільства на основі концепції про невичерпність і самовідновлюваність запасів прісної води призвів до значної деградації світових водних ресурсів, їх дефіциту, виснаження й погіршення якості внаслідок постійного забруднення. На сьогоднішній день саме якість водних ресурсів, а не їх обмежуючим раціонального кількість фактором та екологічно безпечного € водокористування на фоні зростання попиту на якісну прісну воду [5]. Відповідність питної води санітарно-гігієнічним та епідеміологічним нормативам є запорукою екологічної безпеки, здоров'я та благополуччя населення планети [10]. Безпечна питна вода вважається досягненням системи громадського здоров'я та є одним з головних пріоритетів екологічної політики країн світу [9]. Проте сьогодні забруднена хімічними речовинами, особливо з групи важких металів, питна вода може стати проблемою та фактором ризику погіршення стану здоров'я людини та громадського здоров'я у цілому [1].

На сьогодні проблема забезпечення населення України питною водою нормативної якості продовжує залишатися актуальною, оскільки невідповідність води нормативним вимогам є однією з причин поширення інфекційних та неінфекційних захворювань, які становлять реальну загрозу для генофонду нації та безпеки країни [3].

Розповсюдження іонів важких металів, які володіють токсичними властивостями у вододжерелах та питній воді останніми роками стало глобальною проблемою як для водної екосистеми, так і для здоров'я людини, серйозною екологічною проблемою у цілому [11,12]. Адже багато важких металів є надзвичайно токсичними навіть у мінімальних кількостях через тривалий період біологічного розкладання та здатність до біологічного накопичення. З іншого боку, важкі метали розглядаються як мікроелементи через їх присутність у слідових концентраціях у різних екологічних матрицях, вони складають лише 0,01% маси тіла людини, однак приймають участь у забезпеченні росту, функціонування організму, обміні речовин, виконують важливу регуляторну роль та інші функції [9,14].

Вміст важких металів у питній воді у незначних концентраціях можна розглядати як чинник малої інтенсивності, оскільки їх дія може проявитися тільки за умов тривалого впливу на організм унаслідок процесів кумуляції, а відтак - призвести до розвитку хронічних захворювань [3].

З урахуванням вищеозначеного, екологічно-гігієнічна оцінка якості питної води за вмістом важких металів є важливою складовою комплексного аналізу впливу об'єктів довкілля на стан здоров'я населення, оскільки найрозповсюдженішим шляхом потрапляння ксенобіотиків та есенціальних мікроелементів у організм людини є споживання питної води та продуктів харчування [1,12]. Тому аналіз вмісту мікроелементів у питній воді, особливо з групи важких металів, є важливою складовою моніторингу її якості, оцінки ризику для здоров'я людини та пошуку шляхів вирішення проблеми мікроелементного забезпечення населення екокризових регіонів.

**Мета роботи**. Еколого-гігієнічна оцінка якості питної води при централізованому водопостачанні промислових міст Дніпропетровської області за вмістом мікроелементів з групи важких металів.

Об'єкт і методи дослідження. На першому етапі нами проведено аналіз якості питної води в Дніпропетровській області впродовж 2017-2021 рр. за даними регіональних доповідей про стан навколишнього природного середовища [5,6]. Аналізували результати лабораторних досліджень проб води з систем централізованого водопостачання та з водопровідних мереж. На другому етапі проведено поглиблений аналіз вмісту

12 есенціальних та токсичних мікроелементів з групи важких металів – алюмінію, заліза, кадмію, кобальту, марганцю, миш'яку, міді, молібдену, нікелю, ртуті, свинцю, цинку у питній воді найбільших промислових міст Дніпропетровській області – Дніпро, Кривий Ріг, Кам'янське впродовж 2017-2021 рр. Оцінку отриманих даних проводили відповідно до вимог чинного законодавства щодо безпечності та якості питної води згідно з Державними санітарними нормами та правилами "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10) [2], міжнародними рекомендаціями ВООЗ [10] та даними наукової літератури. Для визначення потенційної небезпеки комбінованого впливу хімічних речовин з групи важких металів, що належать до І (ртуть) та II (алюміній, кадмій, миш'як, молібден, свинець) класів небезпеки за санітарно-токсикологічною ознакою шкідливості, на третьому етапі досліджень нами проведено розрахунок суми відношення концентрацій (С1, С2,.....Сn) кожної із речовин до відповідної ГДК, яка не повинна перевищувати одиницю [2].

Статистична обробка отриманих результатів проведена на персональному комп'ютері з використанням статистичного пакету STATISTICA 6.1 (ліцензійний номер AGAR909E415822FA). Для первинної підготовки таблиць та проміжних розрахунків використовували пакет Microsoft Excel. Для оцінювання достовірності розбіжностей між досліджуваними групами було використано параметричний t-критерій Ct`юдента з урахуванням однорідності дисперсій.

Результати дослідження та їх обговорення. Якість та безпечність питної води є одним із важливих факторів забезпечення громадського здоров'я, що особливо актуально в регіонів, відноситься Дніпропетровська промислових до яких область. умовах Підтвердженням чому є класифікація регіонів України за рівнем ризику для питного водопостачання, розроблена О.В. Лотоцькою та В.О. Прокоповим [3] з урахуванням традиційних та гідрохімічних характеристик, інтегрального показника екологічної небезпеки. При цьому Дніпропетровська область відноситься до першої групи - регіонів із найвищим ризиком екологічної небезпеки, високою мінералізацією, значною кількістю забруднювальних речовин у питній воді та воді джерел водопостачання (ризик реалізації загрози у сфері питного водопостачання даного регіону наближується до 1).

Згідно з даними [5,6], за 5-річний період дослідження виявлено досить високий відсоток нестандартних проб питної води на території Дніпропетровської області за санітарно-хімічними показниками. Так, впродовж 2017-2021 рр. кількість нестандартних проб питної води з систем централізованого водопостачання коливалась в межах 24,4-30,6%, проб питної води з водопровідних мереж – в межах 14,5-18,4%. При цьому нестандартні проби питної води централізованого водопостачання здебільш зумовлені перевищенням вмісту хлороформу, перманганатної окиснюваності та заліза практично по всій території області. Слід відзначити, що впродовж останніх років відзначається позитивна динаміка щодо зниження на 15,6% питомої ваги нестандартних проб води з систем централізованого водопостачання. У той же час, що стосується динаміки якості питної води водопровідної мережі, вона, навпаки, погіршувалась за показником питомої ваги нестандартних проб за санітарно-хімічними показниками, свідчення чому є його зростання на 17,2%. На жаль, проблема негативних змін якості питної води у водопровідних мережах при централізованому водопостачанні є загальнодержавною, адже зношеність технологічного обладнання в Україні становить 65-70%, понад 33% мереж перебувають в аварійному стані та потребують заміни, а незадовільний стан водопровідно-каналізаційних мереж призводить до повторного забруднення питної води [3,4] та зумовлює відносну стабільність або зростання вмісту значної кількості хімічних речовин, у тому числі важких металів.

Результати дослідження якості питної води за вмістом мікроелементів з групи важких металів, які є важливою складовою санітарно-хімічних показників безпечності та якості питної води, представлені у таблиці 1 та свідчать, що у найбільших промислових містах Дніпропетровської області середньо багаторічні концентрації металів коливались у широкому діапазоні – від 0,0001 мг/л для ртуті до 0,19 мг/л – для алюмінію, що відповідає

вимогам чинного законодавства [2]. Детальний аналіз вмісту окремих мікроелементів утруднений через те, що їх концентрація нижче чутливості методу визначення.

Алюміній міститься у питній водопровідній воді у концентраціях, що за середніми значеннями 5-річного періоду дослідження становлять 0,16 мг/л у м. Дніпро, 0,19 мг/л – у м. Кривий Ріг та 0,13 мг/л – у м. Кам'янське, що відповідає гігієнічному регламенту. Однак у окремі роки дослідження спостерігалось перевищення чинного регламенту на 18-27%. При цьому ВООЗ встановлено більш жорсткіші обмеження щодо вмісту алюмінію у питній воді: 0,1 мг/л або менше – на великих водоочисних спорудах і 0,2 мг/л або менше – на малих установках [1,10].

Концентрація заліза у питній водопровідній воді м. Дніпро варіювала від рівнів, що нижче чутливості методу визначення – 0,05 мг/л до 0,32 мг/л, що у 1,6 разів вище ГДК та узгоджується з результатами оцінки якості питної води за вмістом важких металів у інших регіонах України [1]. При цьому, як зазначають автори, концентрація заліза у питній воді понад 0,2 мг/л може бути фактором ризику розвитку різних алергічних реакцій та змін складу крові людини. Вміст заліза у питній воді інших промислових міст за середніми значеннями становив 0,106 та 0,075 мг/л у м. Кривий Ріг та м. Кам'янське відповідно, за максимальних значень 0,23 та 0,27 мг/л, що на 15-35% вище чинного нормативу. При цьому перевищення гігієнічного нормативу у окремі роки дослідження сягало 5-12% проб. Концентрація заліза у м. Кривий Ріг виявилась найвищою – у 2,1 рази перевищувала показники вмісту металу в питній воді м. Дніпро та в 1,4 рази – м. Кам'янське.

Концентрація марганцю у питній воді коливалась від рівнів, що нижче чутливості методу визначення, до рівнів, що відповідають ГДК, за середніх значень, що становлять 0,015-0,032 мг/л у промислових містах. Вміст міді у питній воді промислових міст за середніми значеннями становив 0,0054 мг/л, 0,004 мг/л та 0,0024 мг/л у м. Дніпро, м. Кривий Ріг та м. Кам'янське відповідно, що суттєво нижче ГДК. Концентрація цинку у зазначених містах за середньобагаторічним показником знаходилась в межах 0,016-0,068 мг/л, що, як і у випадку з міддю, суттєво нижче існуючого гігіснічного регламенту. Отримані нами результати за середньобагаторічними показниками щодо концентрації міді та цинку у питній воді м. Дніпро та м. Кривий Ріг вищі аналогічних досліджень у іншому регіоні України [9].

Діапазон концентрацій свинцю, як одного з найбільш розповсюджених і токсичних важких металів, складає 0,00001-0,01 мг/л за середніх значень 5-річного періоду дослідження 0,0065 мг/л у м. Дніпро, 0,0032 мг/л – у м. Кривий Ріг та 0,0022 мг/л – у м. Кам'янське, що відповідає 0,65 ГДК, 0,32 ГДК та 0,22 ГДК відповідно та не перевищує рекомендації ВООЗ. При цьому вміст свинцю виявився найвищим у м. Дніпро – вдвічі перевищує рівень металу у питній воді інших промислових міст, та у 4,6 разів вище подібних досліджень в зоні екологогеохімічного оптимуму [1]. Не зважаючи на відповідність середніх рівнів металу в питній воді його ГДК та міжнародним регламентам, слід зазначити, що проблема тотального забруднення свинцем об'єктів довкілля надзвичайно актуальна, адже забруднена свинцем питна вода навіть у невеликих кількостях шкідлива для здоров'я людини [9]. Враховуючи рекомендацію Американської академії педіатрії (ААР) про те, що безпечний вміст свинцю в питній воді для дітей не повинен перевищувати 1 мкг/л [13], отримані нами концентрації свинцю у питній воді перевищують зазначений рекомендований безпечний рівень у 1,2-6,5 разів.

Вміст миш'яку у питній воді м. Дніпро був нижче чутливості методу визначення, у м. Кривий Ріг – 0,0019 мг/л, м. Кам'янське – 0,00042 мг/л. Ртуть у питній воді м. Дніпро не визначалась. У питній воді інших промислових міст концентрація ртуті виявилась на рівні 0,00024-0,0004 мг/л. Концентрація нікелю у пробах питної води досліджуваних міст знаходилась на рівні, що нижче чутливості методу визначення та гігієнічного регламенту, так само як і вміст кадмію, кобальту і молібдену, за винятком м. Дніпро, де середньо багаторічна концентрація Мо становила 0,0092 мг/л, що суттєво нижче чинної ГДК.

Вміст важких металів у питній воді досліджуваних міст за ранжуванням їх середньорічних концентрацій можна представити наступним чином: Al > Fe > Zn > Mn > Mo

> Pb > Cu для м. Дніпро, Al > Fe > Mn > Zn > Cu > Pb для м. Кам'янське, Al > Fe > Zn > Mn > Cu > Pb – для м. Кривий Ріг. Тобто в усіх містах спостерігається найвищий рівень забруднення питної води алюмінієм та заліза за їх абсолютною концентрацією (табл. 1).

Таблиця 1. Вміст мікроелементів з групи важких металів у питній воді промислових міст за період 2017-2021 рр., мг/л М (95% ДІ).

Хімічний	Місто дослідження			ГЛК [1]
елемент	Дніпро	Кривий Ріг	Кам'янське	і дк [1]
алюміній	0,16	0,19	0,13	≤0,2
	[0,12-0,20]	[0,11-0,27]	[0,07-0,18]	
залізо	0,051	0,106	0,075	≤0,2
	[0,038-0,063]	[0,097-0,116]	[0,062-0,087]	
марганець	0,015	0,032	0,02	≤0,05
	[0,013-0,017]	[0,027-0,037]	[0,019-0,021]	
миш'як	<0,01	0,0019	0,00042	≤0,01
		[0,0006-0,0033]	[0,00005-0,00078]	
мідь	0,0054	0,004	0,0024	≤1,0
	[0,005-0,006]	[0,003-0,005]	[0,0011-0,0037]	
ртуть	-	0,00024	0,0001	≤0,0005
		[0,00018-0,0003]	[0,00002-0,00018]	
свинець	0,0065	0,0032	0,0022	≤0,01
	[0,0039-0,0091]	[0,0025-0,0039]	[0,0017-0,0027]	
цинк	0,031	0,068	0,016	≤1,0
	[0,021-0,041]	[0,044-0,091]	[0,007-0,024]	

Важливою складовою оцінки рівня хімічного забруднення питної води є визначення змін концентрацій важких металів у часовому аспекті. Встановлено певні тенденції у динаміці дослідження. Так, відзначається поступове зниження на 14,2-54,5% концентрації свинцю у питній воді усіх промислових та контрольного міст (p < 0,05; R<sup>2</sup>=0,51-0,78). Подібна тенденція характерна і для вмісту алюмінію у питній воді досліджуваних міст, однак достовірним зниження концентрації металу в 2,5 рази було характерним лише для м. Кривий Ріг (p < 0,001; R<sup>2</sup>=0,79). При цьому у м. Кам'янське виявлено достовірне зростання вмісту низки мікроелементів з групи біотичних та абіотичних важких металів, зокрема міді та цинку - у 2,0-2,4 рази (p < 0,01; R<sup>2</sup>=0,72-0,77), ртуті та миш'яку – у 1,3-1,9 разів (p < 0,01; R<sup>2</sup>=0,87-0,92). Динаміка концентрацій інших важких металів у питній воді досліджуваних міст виявилась недостовірною.

Небезпека для здоров'я населення від впливу ксенобіотиків не може розглядатись лише за ізольованої їх дії, особливо для сполук I (ртуть) та II (алюміній, кадмій, миш'як, молібден, свинець) класів небезпеки. Згідно з [2], за наявності у питній воді декількох речовин з однаковою лімітуючою ознакою шкідливості, що належать до I та II класів небезпеки, сума відношення концентрацій ( $C_1, C_2,....,C_n$ ) кожної із речовин до відповідної ГДК не повинна перевищувати одиницю. Враховуючи вищеозначене нами проведено оцінку комбінованого впливу досліджуваних металів, які відносяться до групи санітарнотоксикологічних показників. Проведений розрахунок виявив, що сума відношення концентрацій кожної із зазначених речовин до їх ГДК у досліджуваних містах коливається в межах 1,1-1,9, тобто за санітарно-токсикологічною ознакою шкідливості одночасна присутність цих металів перевищує безпечний рівень комбінованої дії у воді усіх промислових міст.

#### Висновки

- 1. На території Дніпропетровської області за 5-річний період дослідження відсоток нестандартних проб питної води за санітарно-хімічними показниками коливався в межах 24,4-30,6% з систем централізованого водопостачання, 14,5-18,4% з водопровідних мереж. При цьому відзначається позитивна динаміка щодо якості питної води систем централізованого водопостачання, свідченням чому є зниження на 15,6% питомої ваги нестандартних проб води. У той же час, що стосується якості питної води водопровідної мережі впродовж періоду дослідження вона, навпаки, погіршувалась за показником питомої ваги нестандартних проб за санітарно-хімічними показниками, свідчення чому є його зростання на 17,2%.
- 2. Середньобагаторічні концентрації металів у питній воді усіх досліджуваних міст коливались у широкому діапазоні від 0,0001 мг/л для ртуті до 0,19 мг/л для алюмінію, що відповідає вимогам чинного законодавства. Однак за максимальними значеннями вмісту окремих металів в усіх промислових містах спостерігалось перевищення гігієнічних регламентів, найбільш виражене для заліза, яке сягало 60%. При цьому питома вага проб з перевищенням гігієнічного нормативу у окремі роки дослідження становила 5-12%. Середній рівень свинцю у питній воді досліджуваних міст відповідає гігієнічному регламенту та рекомендаціям ВООЗ, однак перевищує рекомендовані ААР рівні безпечного для дітей вмісту металу в питній воді у 1,2-6,5 разів. Концентрації інших мікроелементів з групи важких металів як за середніми показниками, так і за максимальними значеннями відповідають ГДК, хоча вищі відповідних показників у непромисловому регіоні України.
- 3. У динаміці дослідження відзначається поступове зниження на 14,2-54,5% концентрації свинцю у питній воді усіх промислових та контрольного міст (p<0,05; R<sup>2</sup>=0,51-0,78). Подібна тенденція характерна і для алюмінію зниження його концентрації у 2,5 рази (p<0,001; R<sup>2</sup>=0,79) у питній воді м. Кривий Ріг. У той же час у м. Кам'янське виявлено достовірне зростання вмісту низки мікроелементів з групи біотичних та абіотичних важких металів, зокрема міді та цинку у 2,0-2,4 рази (p<0,01; R<sup>2</sup>=0,72-0,77), ртуті та миш'яку у 1,3-1,9 разів (p<0,01; R<sup>2</sup>=0,87-0,92). Динаміка концентрацій інших важких металів у питній воді досліджуваних міст виявилась недостовірною.
- 4. Сума відношення концентрацій мікроелементів з групи важких металів, що належать до І та ІІ класів небезпеки за санітарно-токсикологічною лімітуючою ознакою шкідливості коливається в межах 1,1-1,9, тобто одночасна присутність цих металів у питній воді промислових міст перевищує регламентований ДСанПіН 2.2.4-171-10 безпечний рівень.
- 5. Результати проведених досліджень свідчать про актуальність проблеми забезпечення якості та безпечності питної води, призначеної для споживання людиною, необхідність подальшого удосконалення методів водопідготовки та контролю на усіх рівнях.

### Внески авторів:

Юнтунен Г.М. – концепція та дизайн дослідження; збір даних; аналіз літератури; статистична обробка даних; аналіз та інтерпретація даних; написання статті;

Онул Н.М. – організація збору даних; рецензування та редагування, обробка отриманих результатів; участь в обґрунтуванні висновків; критичне доопрацювання; адміністрування.

Фінансування. Дослідження не має зовнішніх джерел фінансування. Конфлікт інтересів. Відсутній.

### REFERENCES

 Bashynska IL. [Ecological assessment of the quality of drinking tap water according to the content of metals]. [Balanced Nature Management]. 2018;4:58-72. Ukrainian. doi: https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2018.166432

- 2. [State sanitary rules and norms "Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption (SSRN 2.2.4-171-10). Order of the Ministry of Health of Ukraine dated May 12, 2010 No. 400]. Ukrainian.
- 3. Lototska OV, Prokopov VO. [Hygienic problems of drinking water supply in the Western region of Ukraine: monograph]. Ternopil: TNMU. 2021. 200 p. Ukrainian.
- Mykyta KhI, Rohach IM. [Monitoring of the state of pollution of the water supply network of the city of Uzhhorod and settlements of the Transcarpathian region in dynamics during 2018-2022]. Hygiene of Populated Places. 2023;73:48-58. Ukrainian. doi: https://doi.org/10.32402/hygiene2023.73.048
- 5. [Regional report on the state of the natural environment in the Dnipropetrovsk region for 2019]. Dnipro; 2020. 320 p. Ukrainian.
- 6. [Regional report on the state of the natural environment in the Dnipropetrovsk region for 2021]. Dnipro; 2022. 304 p. Ukrainian.
- Zamora-Ledezma C, Negrete-Bolagay D, Figueroa F, Zamora-Ledezma E, Ni M, Alexis F, Guerrero VH. Heavy metal water pollution: A fresh look about hazards, novel and conventional remediation methods. Environmental Technology & Innovation. 2021;22:101504. doi: https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101504
- Machate DJ. Anthropogenic hyperactivity for natural resources increases heavy metals concentrations in the environment: Toxicity of healthy food and cancer risks estimated. Journal of Trace Elements and Minerals. 2023;4:100057. doi: https://doi.org/10.1016/j.jtemin.2023.100057
- Fawkes L, Sansom G. Preliminary Study of Lead-Contaminated Drinking Water in Public Parks-An Assessment of Equity and Exposure Risks in Two Texas Communities. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(12):6443. doi: https://doi.org/10.3390/ijerph18126443
- 10. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda. WHO; 2022. Available from: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/352532/9789240045064-eng.pdf?sequence=1
- 11. Hama Aziz KH, Mustafa FS, Omer KM, Hama S, Hamarawf RF, Rahman KO. Heavy metal pollution in the aquatic environment: efficient and low-cost removal approaches to eliminate their toxicity: a review. RSC Adv. 2023;13(26):17595-610. doi: https://doi.org/10.1039/d3ra00723e
- 12. Onul NM, Antonova OV, Golovkova TA. Lead in the environment of the city of Dnipro and its biomonitoring in the body of the preschool children. World Science. 2018;6(24):33-6.
- Parks J, Pieper KJ, Katner A, Tang M, Edwards M. Potential Challenges Meeting the American Academy of Pediatrics' Lead in School Drinking Water Goal of 1 μg/L. Corrosion. 2018;74:914-7.

doi: https://doi.org/10.5006/2770

 Unsal V, Dalkiran T, Cicek M. The role of natural antioxidants against reactive oxygen species produced by cadmium toxicity: a review. Adv Pharm Bull. 2020;10:184-202. doi: https://doi.org/10.34172/apb.2020.023

Надійшла до редакції / Received: 05.09.2024