

## ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ПІДЗЕМНИХ ВОД КИЇВЩИНИ

І.В. Шумигай<sup>1</sup>, О.В. Єрмішев<sup>2</sup>, Н.М. Манішевська<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: [innashum27@gmail.com](mailto:innashum27@gmail.com); ORCID: 0000-0002-0432-2651

<sup>2</sup> Донецький національний університет ім. Василя Стуса (м. Вінниця, Україна)  
e-mail: [o.yermishev@donnu.edu.ua](mailto:o.yermishev@donnu.edu.ua); ORCID: 0000-0001-5854-9678

<sup>3</sup> ВП НУБіПУ «Боярський коледж екології і природних ресурсів»  
(м. Боярка-2, Київська обл., Україна)  
e-mail: [manishevskan@ukr.net](mailto:manishevskan@ukr.net)

*В останні роки в результаті інтенсивного антропогенного впливу склад підземних вод помітно змінився. Незважаючи на відносно високу захищеність підземних вод від забруднення, вміст забруднюючих речовин, у т. ч. і важких металів (ВМ), у підземних водах виявляють у значних кількостях. Наразі визначення якості підземних вод, ідентифікація шляхів потрапляння важких металів доволі актуальне питання. У цій статті наведено результати досліджень вмісту ВМ у підземних водах колодязів Київщини впродовж 2020 р. Результати аналізу засвідчують, що помітного перевищення забруднення води не спостерігається. Беручи до уваги діючі ГДК, було відмічено невелике перевищення вмісту заліза та цинку у Володарському р-ні. Проаналізовано вплив на здоров'я людини вмісту деяких важких металів у питній воді. Як відомо, важкі метали мають мутагенну, токсичну дію та впливають на інтенсивність біохімічних процесів. І тому наявність важких металів у пробах питної води є вкрай небажаною, оскільки буде відбуватися постійне надходження хронічних доз до організму людини. В результаті цього постала необхідність розрахувати сумарне забруднення мікроелементів у підземних водах території Київської обл. Окрім того, екологічний стан навколишнього середовища має безпосередній зв'язок зі змінами внутрішнього середовища людини. Саме дефіцит чи надлишок у питній воді певних мікроелементів або недотримання її сталого хімічного складу на певних територіях час від часу спалахують хвороби, причину яких установити непросто. Важкі метали, які можуть бути знайдені у питній воді, дуже шкідливі для здоров'я людини. Їх тривалий вплив на організм людини може призводити до розвитку раку, пошкодження органів, нервової системи, а в крайніх випадках, до смерті, що зазначено у публікації.*

**Ключові слова:** колодязь, гідрохімічний стан підземних вод, забруднюючі речовини, якість питної води, токсична дія на організм.

### ВСТУП

Сьогодення — це епоха стрімкого розвитку наукової думки і техногенної складової цивілізації, неконтрольованого зростання населення, інтенсивної деградації природного середовища під впливом негативних антропогенних чинників, що спричиняє загострення надзвичайно чимало проблем. Однією із останніх є деградація екологічних систем і поступового виснаження природних ресурсів, передусім водних, від яких залежить існування людства

на Землі. Наразі ми є свідками водної кризи, що настала, і яка проявляється, насамперед, у дефіциті й якості прісної води у країнах Європи, Близького Сходу, Африки, Азії. Також тривожна ситуація склалася й в Україні, де прісноводні ресурси, як відомо, обмежені. Найсерйозніші побоювання викликають якісні зміни природних і питних вод, невідповідність їх санітарно-гігієнічним та екологічним вимогам, недосконалість технології очищення побутових, промислових і зливних стічних вод і, як наслідок — негативний вплив патогенних мікроорганізмів і токсичних домішок, та,

в остаточному підсумку, на якість питної води й здоров'я людини [1; 2].

Серед найнебезпечніших забруднювачів води особливе місце належить важким металам (далі ВМ). Останні відносяться до найбільш розповсюджених і небезпечних забруднюючих речовин, які широко використовуються у багатьох промислових виробництвах і зі стічними водами часто потрапляють до підземних водоносних горизонтів. Їх накопичення в підземних водах має місце там, де вони інтенсивно забруднюють навколишнє природне середовище (атмосфера, ґрунт, поверхневі води). Нині доволі добре досліджено вміст ВМ у поверхневих водах річок, озер, ставків, мілких водотоків і водогонів. Однак близько третини населення України, зокрема сільського населення та мешканців селищ міського типу користується джерелами підземних вод. Інтенсивне технологічне, агротехнічне та рекреаційне навантаження територій і недостатній контроль за якістю води у колодязях становлять загрозу для здоров'я населення. Найбільшу небезпеку становлять мікроелементи, що володіють високотоксичними властивостями за відносно низьких концентрацій, здатні акумулюватися в організмах за тривалого впливу і не відіграють істотної ролі в процесі життєдіяльності [3].

З огляду на зазначене, мета нашого дослідження — з'ясування причин потрапляння важких металів у підземні води, а також їх дія на організм людини.

### **АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ**

Боротьба за чисту питну воду є актуальною завжди, вона має багату історію й характеризується суто специфічними особливостями залежно від державного, регіонального та місцевого рівнів.

У роботах, присвячених проблемам забруднення навколишнього природного середовища та екологічного моніторингу, нині до ВМ належать більше 40 металів періодичної системи з атомною масою понад 50 атомних одиниць: V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi та ін.

До того ж, важливу роль у категоріюванні ВМ відіграють такі умови: їх висока токсичність для живих організмів у відносно низьких концентраціях, а також здатність до біоаккумуляції.

У Програмі глобального моніторингу, яку було прийнято в ООН у 1973 р., зазначено лише три важких метали: Pb, Cd і Hg. У більш пізній доповіді директора Програми ООН щодо навколишнього середовища (ЮНЕП) до найбільш небезпечних були додані ще 7 металів: Cu, Sn, V, Cr, Mo, Co, Ni і три металоїди: Sb, As, Se. Американським агентством з охорони навколишнього середовища пріоритетними виділені 8 металів: Cd, Cu, As, Ni, Hg, Pb, Zn і Cr.

Останніми роками щодо забруднення водних екосистем ВМ та екологічної безпеки проведено низку досліджень, опубліковано певні статті, монографії і захищено кандидатські дисертації [4–6]. Також із роллю мікроелементів у житті людини та їх вплив на живі організми пов'язані праці Авцина П.О., Іванова В.В., Перепелиці О.П. [7–9]. Окрім того, аналіз динаміки розвитку гігієнічного нормування якості питної води детально та професійно подано у роботі А.М. Гринзовського та М.М. Коршуна [10].

Однак у зв'язку з погіршенням екологічного стану водних екосистем, вивчення забруднення підземних вод потребує подальшого вивчення й дослідження.

### **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Для дослідження хімічного складу води використовують високочутливі аналітичні методи якісного аналізу, багаточисельні лабораторні дослідження для визначення різних важких металів у питній воді, зокрема свинцю, міді, заліза тощо. Методи якісного аналізу базуються, в основному, на йонних реакціях, в ході яких утворюються важкорозчинні солі чи сполуки визначальних речовин. Класичні методи якісного аналізу використовуються також у загальній медицині, в терапії, хірургії. Високочутливі аналітичні методи необхідні для досліджень біохімічного впливу

малих доз ВМ, пов'язаного, наприклад, з інтенсивним використанням хімікатів, які зумовлюють підвищення концентрацій токсичних елементів у воді [11].

Аналіз води досліджуваних джерел визначали згідно з атестованими методиками у лабораторії Інституту агроекології і природокористування НААН. Аналітичну та методичну частину роботи було виконано впродовж 2020 р. Програмою аналітичних досліджень передбачалося виконання екологічного оцінювання стану водних екосистем за санітарно-гігієнічними показниками.

Об'єктом досліджень є ґрунтові води (колодязі завглибшки 7–10 м) у трьох районах Київської обл. (Володарський, Києво-Святошинський, Фастівський). Проби відбирали у трьох повтореннях згідно із вимогами ДСТУ ISO 5667–1:2003 [12].

Вміст ВМ у воді вилучали за допомогою екстракції 1 н  $\text{HNO}_3$ , а його кількість у розчинах мінералізатах визначали методом атомно-адсорбційної спектрометрії згідно із вимогами ГОСТів [13–15]. Статистичну обробку результатів проводили за допомогою дисперсійного і регресійного аналізів.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОРОРЕННЯ

Групу неконсервативних речовин становить більшість перехідних (залізо, мідь, цинк), вміст яких змінюється залежно від таких чинників, як географічне положення, час, сезон, температура, солоність води, і що більш важливо, біологічна активність. Так, Голдберг вважає, що «... для будь-якого хімічного елемента знайдеться, принаймні, один вид планктону, здатний ефективно його концентрувати...».

Ці мікроелементи, як правило, присутні в концентраціях, що не перевищують однієї мільйонної частки, а в більшості випадків знаходяться в області мікро- і субмікроконцентрацій до 10 моль/л або менше. Незважаючи на це, внаслідок своєї хімічної активності вони відіграють визначальну роль у хімії водних систем. На відміну від органічних хімічних забруднювачів, що розкладаються з часом, ВМ здатні лише перерозподілятися між компонентами при-

родного середовища і періоди їхнього розкладу можуть складати багато тисяч років. Токсичні метали, як і інші неорганічні сполуки, у воді не піддаються самоочищенню. Концентрація їх у воді може зменшитись за рахунок розбавлення або осадження на дно водонапірного пласту [16; 17].

Про характер та інтенсивність забруднення досліджуваних об'єктів свідчать результати хімічних аналізів (рис.).

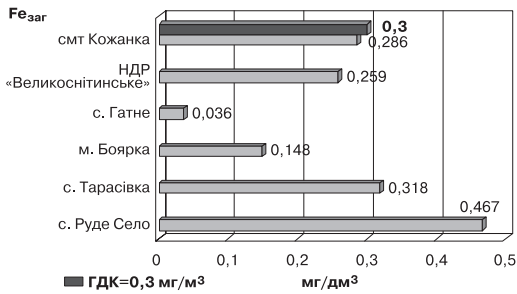
На підставі отриманих результатів та беручи до уваги діючі ГДК, відмічено певне перевищення вмісту заліза та цинку у воді від рекомендованих величин. Стосовно інших показників токсичної дії, їх концентрації були значно нижчі від граничних параметрів.

У підземних водах, за відсутності розчиненого кисню, залізо зазвичай знаходиться у вигляді двовалентних солей; як правило, це бікарбонат заліза  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ . Гідроокис заліза, що утворюється внаслідок процесу гідролізу і окислення заліза малорозчинний, проте завдяки захисній дії гумусових речовин може бути присутнім у колоїдному стані.

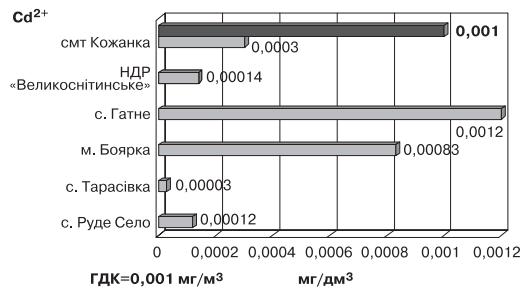
Підземні води Київщини, в основному, захищені від забруднення, оскільки вміст Феруму не перевищує ГДК, за винятком с. Руде Село ( $0,46 \text{ мг/дм}^3$ ), в якому, можливо, колодязь не достатньо очищений. Тому вода неприємна на смак та має бурий колір.

Окрім того, підвищений вміст  $\text{Fe}_{\text{заг}}$  у підземних водах є наслідком того, що у водоносному горизонті багато органічних речовин, гумінових кислот, які зв'язані із залізом певними комплексами, оскільки цей населений пункт розміщений на болотистій місцевості.

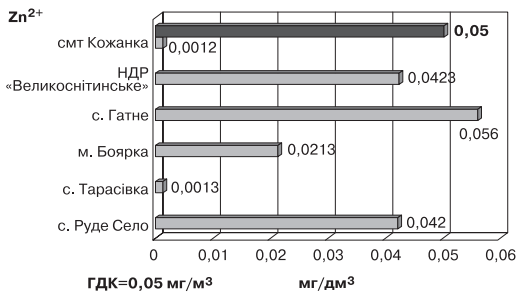
Манган зустрічається, як правило, і в менших концентраціях і рідше, ніж залізо. У підземних водах Mn часто супроводжує залізо. Так, зустрічається бікарбонат закису марганцю  $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$ , а у водах глибоких колодязів ( $\geq 15 \text{ м}$ ) — сульфат марганцю. Смак води із наявністю Mn зазвичай в'язкий, а колір жовтуватий. Руки за тривалого контакту можуть темніти, а нігтьові пластини навіть чорніти. За ви-



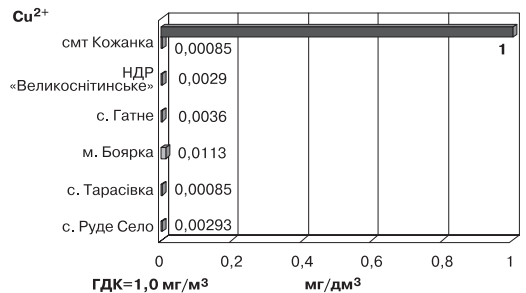
*a*



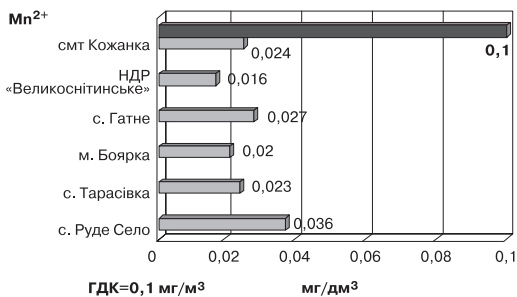
*z*



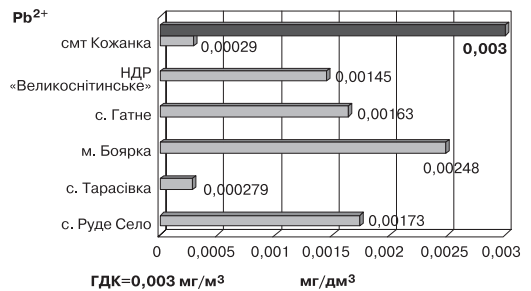
*б*



*д*



*в*



*е*

Середній вміст важких металів у підземних водах Київщини: *a* – заліза; *б* – цинку; *в* – мангану; *z* – кадмію; *д* – міді; *е* – свинцю

соких концентрацій цього мінералу у воді може з'являтися чорний осад.

Загалом, уміст заліза та мангану у воді не перевищує декількох мг/дм<sup>3</sup>. Будучи навіть у більш високих концентраціях є нешкідливими для здоров'я, вони своєю присутністю роблять воду непридатною для питних цілей, оскільки за концентрації заліза понад 1 мг/дм<sup>3</sup>, вода набуває неприємного чорнильного або залізного

присмаку. У результаті окиснення бікарбонату двовалентного заліза киснем повітря і подальшого гідролізу бікарбонату тривалентного заліза утворюється гідроокис заліза, що викликає каламутність і підвищення кольоровості води [16; 17].

Показники вмісту мангану в пробах з усіх колодязів були нижче нормативних показників (0,1 мг/дм<sup>3</sup>) та коливалися у діапазоні від 0,016 до 0,036 мг/дм<sup>3</sup>. Се-

редній вміст цього показника у пробах води на досліджуваних об'єктах становив 0,024 мг/дм<sup>3</sup>.

Цинк є незамінним мікроелементом і зазвичай уміст у питній воді не перевищує 0,05 мг/дм<sup>3</sup>. За підвищеного вмісту у питній воді, як спостерігається у Києво-Святошинському р-ні (с. Гатне), Zn<sup>2+</sup> змінює її органолептичні властивості. Однак металічний присмак не відчувається до вмісту його у воді 5 мг/дм<sup>3</sup>.

Щодо свинцю та міді, то їх концентрація у водах досліджуваних колодязів змінювалася у межах норми і не перевищувала ГДК (див. рис.). У пробах води максимальне значення Pb<sup>2+</sup> та Cu<sup>2+</sup> спостерігалось у м. Боярка, а мінімальне – у Фастівському та Володарському р-нах. Варто зазначити, що свинець у невеликих концентраціях, воді надає приємний солодкуватий смак, а мідь – неприємний в'язучий присмак, що й лімітує її вміст у питній воді.

Уміст кадмію у природних водах зазвичай невеликий і сягає до 0,001 мг/дм<sup>3</sup>, але в кадмієвих геохімічних провінціях досягає 0,01 мг/дм<sup>3</sup>. Джерелом підвищеного вмісту Cd<sup>2+</sup> є промислові стічні води та відходи, внаслідок чого його вміст у деяких випадках збільшується. Так, у підземних водах Києво-Святошинського р-ну, де забруднення неорганічною речовиною техногенного походження зумовлене, в основному, 40 підприємствами району. Навіть у сьогоденних умовах, коли більшість промислових підприємств не працює, вода інтенсивно забруднюється йонами важких металів із донних відкладень.

При вмісті у воді кількох із вказаних речовин сума їх концентрацій не повинна перевищувати одиниці, тобто:

$$\frac{C_1}{C_1^*} + \frac{C_2}{C_2^*} + \dots + \frac{C_n}{C_n^*} \leq 1, \quad (1)$$

де  $C_1, C_2, \dots, C_n$  – виявлені концентрації речовин, мг/дм<sup>3</sup>;  $C_1^*, C_2^*, \dots, C_n^*$  – гранично допустимі концентрації цих самих речовин, мг/дм<sup>3</sup> [18].

Як відомо, забруднення підземних вод характеризується гранично допустимими

значеннями показників для питних вод, а також показниками якості в природних (фонових) умовах ( $C_e$ ), які у більшості випадків мають менше значення:

$$C_e \leq C^*. \quad (2)$$

У погіршенні стадії якості підземних вод можна виділити дві основні стадії:

- I – допустима, початкове забруднення, або ознаки забруднення (вміст забруднюючої речовини вище фонового, але менше ГДК);
- II – небезпечне забруднення (вміст забруднюючої речовини вище ГДК), яке поділяють на три ступені.

Беручи до уваги показники якості питної води, було здійснено розрахунок сумарного забруднення важкими металами для досліджуваних колодязів Київської обл., що сягає у межах 1,4–3,5 мг/дм<sup>3</sup>.

На підставі узагальненої екологічної оцінки якості підземних вод у колодязях, що були охоплені дослідженнями, можна стверджувати, що питна вода належить до II стадії забруднення:

$$1 \leq C_e \leq 10. \quad (3)$$

Розрахований ступінь забруднення відзначається поблизу порівняно невеликих за інтенсивністю джерел забруднення. На ділянках водозаборів цей ступінь забруднення зустрічається рідко, оскільки в протилежному випадку такий водозбір перестають експлуатувати або використовують воду тільки для технічних цілей. Однак варто відзначити, що за використання води без подальшого очищення криниць, зростає максимальний ризик отруєння важкими металами.

Отже, аналізуючи всі дані, ми спостерігаємо, що вміст ВМ у питній воді змінюється як у бік збільшення, так і в бік її зменшення. Однак факт є достовірним – питна вода містить у своєму складі нездорову концентрацію розчинів йонів і катіонів солей важких металів, що може стати причиною погіршення якості самої питної води та стану здоров'я людей, які користуються цією водою, оскільки буде відбуватися постійний хронічний вплив на організм людини. Окрім того, експерти

ВООЗ офіційно констатує, що 80% захворювань людей обумовлені несприятливим екологічним станом навколишнього середовища.

Тому під час вивчення якості підземних вод, крім визначення компонентів, вміст яких перевищує ГДК, слід враховувати відсутність чи недостатню кількість цілої низки біологічно активних компонентів, наявність яких у водах зовнішнього середовища та у внутрішніх середовищах організмів відіграє важливу роль у регулюванні процесів життєдіяльності. Серед них, насамперед, слід відмітити, залізо, мідь, цинк, кобальт, марганець, кадмій, хром, стронцій тощо. Цілковита відсутність цих елементів

настільки ж небезпечна, як і їх підвищені концентрації. Щодо мінімального допустимого вмісту мікроелементів у воді питання ускладнюється у зв'язку з їх можливим потраплянням із харчовими продуктами. Згідно із ДСанПіН 2.2.4-171-10 [18], вміст ВМ для підземних вод не визначається. Однак нормування вмісту цих елементів у питній воді є необхідним, оскільки більшість важких металів мають токсичну дію і дефіцит або надлишок одного з них сприяє структурно-функціональним порушенням в організмі [19].

У таблиці наведені відомості щодо фізіологічних відхилень в організмі людини за нестачі та надлишку мікроелементів [19].

### Вплив важких металів на організм людини

Елемент	Фізіологічні відхилення	
	при нестачі	при надлишку
Mn <sup>2+</sup>	Захворювання кісткової системи	Лихоманка, пневмонія, ураження центральної нервової системи (марганцевий паркінсонізм), ендемічна подагра, порушення кровообігу, шлунково-кишкових функцій, безпліддя
Cu <sup>2+</sup>	Слабкість, анемія, білокрів'я, захворювання кісткової системи, порушення координації рухів	Професійні захворювання, гепатит, хвороба Вільсона. Вражає нирки, печінку, мозок, очі
Zn <sup>2+</sup>	Погіршення апетиту, деформація кісток, карликовий ріст, довге загоювання опіків, слабкий зір, короткозорість	Анемія, пригнічення окислювальних процесів, дерматити
Fe <sub>зар.</sub>	З'являється втома, болі в області серця, дискомфорт шлунково-кишкового тракту	Порушується процес кровотворення, можливий цироз печінки, гострі отруєння дітей, рак прямої кишки, цукровий діабет
Pb <sup>2+</sup>	–	Свинцева енцефалонейропатія, порушення обміну речовин, пригнічення ферментативних реакцій, авітаміноз, малокрів'я, розсіяний склероз. Входить до складу кісткової системи замість кальцію
Cd <sup>2+</sup>	–	Гастроінтестинальні розлади, порушення органів дихання, анемія, підвищення кров'яного тиску, ураження нирок, остеопороз, мутагенна і канцерогенна дія, руйнує еритроцити крові, вражає печінку та сім'яні залози, руйнує здатність організму протистояти хворобам
Hg	–	Враження центральної нервової системи і периферичних нервів, інфантилізм, порушення репродуктивних функцій, стоматит, передчасне старіння
Co	Ендемічний зоб	
Cr <sup>6+</sup>	–	Дерматити, канцерогенність

Варто зазначити, що під час збільшення забруднення біосфери велику цікавість викликає той факт, що понад 90% усіх хвороб людини прямо чи опосередковано пов'язано із станом довкілля, зокрема водних екосистем, як є або причиною виникнення захворювань, або сприяє їх розвитку. Так, в організмі залізо бере участь в окисно-відновних процесах, імунобіологічних реакціях, входячи до складу деяких ферментів. Гемоглобін крові містить до 70% заліза в організмі людини. Наявність в організмі механізму регуляції балансу заліза не дає змоги виявлятися його токсичній дії [20].

Манган належить до есенціальних мікроелементів, оскільки входить до складу багатьох ферментів, гормонів і вітамінів, які впливають на процеси росту, кровотворення, формування імунітету і розмноження. Тобто  $Mn^{2+}$  є помірно небезпечним, і якщо найнеприємніші наслідки від прийому «залізної води» це регулярні запори, то з ним все складніше. З огляду на те, що він бере участь у процесах ферментації, кровотворення, формуванні кісткової тканини, надлишок токсиканта III групи може негативно позначитися на самопочутті людини. Основні наслідки регулярного вживання води з підвищеним вмістом мангану — це проблеми центральної нервової системи, які проявляються сонливістю, слабкістю, а іноді навіть тривалими депресивними розладами. Дослідження також підтвердили, що його надлишок здатний негативно впливати на шлунково-кишковий тракт, нирки та кісткову тканину. Останнє критично для дітей, існує захворювання опорно-рухового апарату, яке називають марганцевим рахітом.

Цинк є незамінним елементом, який у малих кількостях бере участь у ферментному обміні, а також в утворенні стероїдних гормонів, інсуліну та ін. А за підвищеного вмісту може викликати специфічні захворювання. Окрім того, у воді можуть міститися розчинні сполуки цинку, часто це сульфати та хлориди. За інтоксикації солями цинку відбуваються зміни в нирках, а за критичного передозування можливе

виникнення жовтяниці. Варто відзначити, що за тривалого впливу  $Zn^{2+}$  викликає зниження вмісту кальцію у крові та кістках, таким чином порушується метаболізм фосфору і розвивається остеопороз. Також за системного впливу має канцерогенні властивості й може викликати безпліддя [20; 21].

Випадки сильного отруєння свинцем спостерігалися після вживання води з підвищеним його вмістом (0,6–2 мг/дм<sup>3</sup>). Цей метал має високу кумулятивну здатність, накопичується в кістках, спричиняє порушення еритропоезу, ураження нервової та кровотворної, серцево-судинної та видільної систем, порушення статевої функції жінок і чоловіків. За концентрації у питній воді 0,1 мг/дм<sup>3</sup> організм акумулює 50% поглиненого свинцю, і його вміст у крові досягає граничної межі — 0,025 мг/дм<sup>3</sup>. Розрахунки, виконані з урахуванням вживання 2 л води на добу, доводять, що добове надходження  $Pb^{2+}$  коливається від 0,01–0,02 мг до 1 мг і більше. Свинець виводиться з організму із сечею, калом і потом. Він міститься у волоссі та нігтів пальців рук і ніг. У високих дозах свинець є кумулятивною метаболічною отрутою загальної дії. Гостре отруєння супроводжується швидкою втомлюваністю і втомою, відчуттям дискомфорту в ділянці живота, роздратованість, анемія.

Залежно від ступеня отруєння симптоми можуть відрізнятися і виявлятися з різною інтенсивністю. Також існують дослідження, які підтверджують канцерогенний вплив свинцю. Варто зазначити, що максимально високу токсичність він має для дітей молодшого віку, оскільки вони засвоюють його до 40%, у той час, як дорослі — не більше 10%. У зв'язку з цим, у дітей отруєння свинцем здатне призводити до зниження рівня розумового розвитку, а також до проблем зі слуховою та зоровою реакцією.

Кадмій — дуже токсичний елемент. Його дія заснована на здатності зв'язувати сірковмісні кислоти та ферменти, в результаті чого, кадмій має нефро- і гепатотоксичність. Наслідками гострого отруєння

можуть бути підвищення артеріального тиску, ниркова і легенева недостатність, розлади серцево-судинної системи. Є дані про його гонадотоксичну дію [20; 21].

Загалом, за даними наукових досліджень, вплив чинників навколишнього середовища на здоров'я людини може бути гострим і хронічним. Слід зазначити, що молоді люди, більш схильні до токсичного впливу металів, але ще більш важкі наслідки надають мікроелементи на організм, що розвивається, новонародженим і малим дітям. Тривала дія деяких металів на дітей, може зумовити труднощі у навчанні, погіршення пам'яті, пошкодження нервової системи, і поведінкові проблеми, такі як агресивність і гіперреактивність. За більш високих доз впливу, ВМ можуть викликати незворотні пошкодження мозку.

Однак більшість чинників в Україні також мають хронічний вплив. Інформативним показником з погляду впливу середовища на здоров'я потомства є показник дитячої смертності (смертності дітей до одного року), який сягає у розвинених країнах 6–11 на 1000 новонароджених та досить вищий показник у країнах третього світу. Так, Міністерство охорони здоров'я України повідомило [22], що Україна займає одне з найперших місць в Європі за показником смертності серед немовлят — 7,5 на тисячу народжених живими.

Діти завжди страждають першими, і показник здоров'я дітей — це основний критерій гуманності, цивілізованості суспільства та вирішення проблем. Наразі основними причинами такої ситуації є те, що більшість колодязів є безгоспними — не перебувають на балансі суб'єктів господарювання і органів місцевого само-

врядування. Також в останніх відсутня інформація щодо походження колодязів і документація на них. Як наслідок санітарно-епідеміологічний нагляд за якістю води колодязів, що населення споживає, проводиться епізодично або не проводиться взагалі. Межі зон санітарної охорони колодязів не встановлені та водоохоронні заходи не проводяться, що, своєю чергою, підвищує ризик забруднення цих об'єктів як природними, так і антропогенними джерелами.

## ВИСНОВКИ

Наразі практично неможливо зустріти водні об'єкти, які не піддаються тим чи іншим антропогенним змінам. В останні роки в результаті інтенсивного антропогенного впливу склад підземних вод помітно змінився. Незважаючи на відносно високу захищеність підземних вод від забруднення, вміст забруднюючих речовин, у т.ч. і важких металів виявляють у значних кількостях. На підставі результатів досліджень встановлено певне перевищення вмісту заліза та цинку у воді від рекомендованих величин. Щодо інших показників токсичної дії, їх концентрації були значно нижчі від граничних параметрів.

Окрім того, визначено, що питна вода досліджуваних колодязів Київської обл. відноситься до II стадії забруднення.

Участь металів у біохімічних процесах організму, як мікроелементів зумовлює до порушення загального гомеостазу організму. Дефіцит або надлишок одного з них сприяє структурно-функціональним порушенням в організмі. Наразі основний показник хронічного впливу на здоров'я — смертність серед немовлят.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Рудько Г.І. Україна, яку ми втрачаємо. Чернівці: Букрек, 2015. 280 с.: іл.
2. Гончарук В. Хімія води і проблеми питного водопостачання. *Наука і технології*. 2009. № 4. С. 18–27.
3. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века: учебн. пособ. Москва, 2002. 140 с.
4. Мур Дж.В., Рамамутри С. Тяжелые металлы в природных водах. Контроль и оценка их влияния. Москва: Мир, 1987. 181 с.
5. Холопов Ю.А. Тяжелые металлы как фактор экологической опасности: метод. указ. Самара: СамГАПС, 2003. 16 с.
6. Клименко М.О., Бедункова О.О. Колообіг важких металів у водних екосистемах. Рівне: НУВГП, 2008. 216 с.
7. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строч-



- кова Л.С. Микроэлементозы человека. Москва: Медицина, 1991. 496 с.
8. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. Москва: Недра, 1996. 352 с.
  9. Перепелица О.П. Екогеохімія та ендекологія елементів. Київ: ПП Авокадо, 2004. 735 с.
  10. Гринзовський А.М., Коршун М.М. Историчний нарис гігієнічного формування якості питної води. *Довкілля та здоров'я*. 2001. №1(16). С. 31–35.
  11. Afanasov I.M. et al. Preparation, electrical and thermal properties of new exfoliated graphite-based composites. *Carbon*. 2009. Vol. 47, Iss.1. P. 263–270. DOI: 10.1016/j.carbon.2008.10.004
  12. ДСТУ ISO 5667–1:2003. Якість води. Відбирання проб. Ч. 1. Настанови щодо проекту програм проведення відбирання проб. [Чинний від 2003–11–06]. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2003. 7 с.
  13. ГОСТ 4974–72. Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации марганца. [Введен в действие от 1974–01–01]. Москва: Госстандарт СССР, 1974. 7 с.
  14. ГОСТ 4388–72. Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации меди. [Введен в действие от 1974–01–01]. Москва: Госстандарт СССР, 1974. 8 с.
  15. ГОСТ 18293–72. Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации свинца, цинка, серебра. [Введен в действие от 1974–01–01]. Москва: Госстандарт СССР, 1974. 16 с.
  16. Брюховецька І. В. Хімія навколишнього середовища: тексти лекцій. Дрогобич: Ред.-видав. відділ ДДПУ ім. І. Франка, 2014. 288 с.
  17. Чуб І.М. Мікробіологія і хімія води: конспект лекцій. Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2019. 122 с.
  18. ДСанПіН 2.2.4–171–10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. [Чинний від 2010–07–01]. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2010. 25 с.
  19. Надточій П.П., Мислива Т.М. Екологічна безпека: навч. посіб. Житомир: вид-во «ДАЕУ», 2008. 284 с.
  20. Важкі метали в воді – ризик здоров'ю! Шкода від важких металів на організм людини. URL: <https://www.aquanova.com.ua/ua/stati-i-obzory/tyazhelye-metally-v-vode>.
  21. Трахтенберг І. та ін. Взаємодія мікроелементів: біологічний, медичний і соціальний аспекти. *Вісник НАН України*. 2013. № 6. С. 17–18.
  22. Моніторинг стану здоров'я матері і дитини: аналітично-статистичний довідник впродовж 2019 р. Запоріжжя: МОЗ України, 2019. 41 с.

## REFERENCES

1. Rud'ko, H.I. (2015). *Ukrayina, yaku my vtrachayemo [Ukraine, which we are losing]*. Chernivtsi: Bookrek [in Ukrainian].
2. Goncharuk, V. (2009). Khimiya vody i problemy pytnoho vodopostachannya [Water chemistry and problems of drinking water supply]. *Nauka i tekhnologiya – Science and technology*, 4, 18–27 [in Ukrainian].
3. Davydova, S.L. & Tagasov, V.I. (2002). *Tyazhelyye metally kak supertoksikanty XXI veka [Heavy metals as supertoxicants of the XXI century]*. Moscow [in Russian].
4. Moore, J.V. & Ramamutri, S. (1987). *Heavy metals in natural waters. Monitoring and assessing their impact [Tyazhelyye metally v prirodnykh vodakh. Kontrol' i otsenka ikh vliyaniya]*. Moscow [in Russian].
5. Kholopov, Yu.A. (2003). *Tyazhelyye metally kak faktor ekologicheskoy opasnosti: metodicheskiye ukazaniya [Heavy metals as an environmental hazard factor: methodological guidelines]*. Samara: SamGAPS [in Russian].
6. Klimenko, M.O. & Bedunkova, O.O. (2008). *Kolobih vazhkykh metaliv u vodnykh ekosystemakh [Heavy metal cycle in aquatic ecosystems]*. Rivne: NUVGP [in Ukrainian].
7. Avtsyn, A.P., Zhavoronkov, A.A., Rish, M.A. & Strohckova, L.S. (1991). *Mikroelementozy cheloveka [Human microelementosis]*. Moscow: Medicine [in Russian].
8. Ivanov, V.V. (1996). *Ekologicheskaya geokhimiya elementov [Ecological geochemistry of elements]*. Moscow: Nedra [in Russian].
9. Perepelytsya, O.P. (2004). *Ekoheokhimiya ta endoekologiya elementiv [Ecogeochemistry and endoecology of elements]*. Kyiv: PE Avocado [in Ukrainian].
10. Hrynzovs'kyu, A.M. & Korshun, M.M. (2001). Istorychnyy narys hihiyenichnoho formuvannya yakosti pytnoyi vody [Historical sketch of hygienic formation of drinking water quality]. *Dovkillya ta zdorov'ya – Environment and health*, 1 (16), 31–35 [in Ukrainian].
11. Afanasov, I.M. et al. (2009). Preparation, electrical and thermal properties of new exfoliated graphite-based composites. *Carbon*, 47 (1), 263–270. DOI: 10.1016/j.carbon.2008.10.004 [in English].
12. Yakist' vody. Vidbyrannya prob. 1. Nastanovy shchodo proektu prohran provedennya vidbyrannya prob [Water quality. Sampling. P. 1. Guidelines for draft sampling programs]. (2003). *DSTU ISO 5667–1:2003 from 6<sup>th</sup> November 2003*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
13. Voda pit'yevaya. Metody opredeleniya massovoy kontsentratsii margantsa [Drinking water. Methods for determining the mass concentration of manganese]. (1974). *GOST 4974–72 from 1<sup>st</sup> January 1974*. Moskva: Gosstandart SSSR [in Russian].
14. Voda pit'yevaya. Metody opredeleniya massovoy kontsentratsii medi [Drinking water. Methods for determining the mass concentration of copper]. (1974). *GOST 4388–72 from 1<sup>st</sup> January 1974*. Moskva: Gosstandart SSSR [in Russian].
15. Voda pit'yevaya. Metody opredeleniya massovoy kontsentratsii svintsa, tsinka, serebra [Drinking water. Methods for determining the mass concentration of lead, zinc, silver]. (1974). *GOST 18293–72 from 1<sup>st</sup> January 1974*. Moskva: Gosstandart SSSR [in Russian].

16. Bryukhovetskaya, I.V. (2014). *Khimiya navkolysh-n'oho seredovyscha: teksty leksiy* [Chemistry of the environment: texts of lectures]. Drohobich [in Ukrainian].
17. Chub, I.M. (2019). *Mikrobiologiya i khimiya vody* [Microbiology and chemistry of water]. Kharkiv [in Ukrainian].
18. Hihiyenichni vymohy do vody pytnoyi, pryznachenoyi dlya spozhyvannya lyudynoyu [Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption]. (2010). *DSTU ISO 2.2.4–171–10 from 1<sup>st</sup> Juli 2010*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
19. Nadtochiy, P.P. & Myslyva, T.M. (2008). *Ekolohichna bezpeka* [Ecological safety]. Zhytomyr [in Ukrainian].
20. Vazhki metaly v vodi – ryzyk zdorov'yu! Shkoda vid vazhkykh metaliv na orhanizm lyudyny [Heavy metals in water – a health risk! Damage from heavy metals to the human body] (n.d.) URL: <https://www.aquanova.com.ua/ua/stati-i-obzory/tyzhelye-metally-v-vode> [in Ukrainian].
21. Trachtenberg, I. et al. (2013). Vzayemodiya mikroelementiv: biolohichnyy, medychnyy i sotsial'nyy aspect [Interaction of microelements: biological, medical and social aspects]. *Visnyk NAN Ukrainy – Bulletin of the NAS of Ukraine*, 6, 17–18 [in Ukrainian].
22. Ministry of Health of Ukraine (2019). *Monitorynh stanu zdorov'ya materi i dytyny: analitychno-statystychnyy dovidnyk vprodovzh 2019 r.* [Monitoring the state of health of mother and child: analytical and statistical guide for 2019]. Zaporozhye [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 14.10.2020

---