

ГІДРОГЕОЛОГІЯ, ІНЖЕНЕРНА ТА ЕКОЛОГІЧНА ГЕОЛОГІЯ

УДК 550.4:556.3(477.42)

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.97.11>Т. Кошлякова, канд. геол. наук, ст. наук. співроб.,
E-mail: tatianakoshliakova@gmail.com;І. Кураєва, д-р геол. наук, проф.,
E-mail: KI4412674@gmail.com;Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАН України,
просп. Академіка Палладіна, 34, Київ, 03142, Україна;О. Кошляков, д-р геол. наук, проф.,
E-mail: kosh_57@ukr.net;Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, Київ, 03022, Україна;Л. Олексенко, д-р хім. наук, проф.,
E-mail: olexludmil@ukr.net;Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
Хімічний факультет, вул. Льва Толстого, 12, м. Київ, 01033, Україна;І. Швайка, канд. геол. наук, наук. співроб.,
E-mail: ishvaika@gmail.com;Л. Проскурка, мол. наук. співроб.,
E-mail: igmrproskurko@gmail.com;Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАН України,
просп. Академіка Палладіна, 34, Київ, 03142, Україна**МІКРОЕЛЕМЕНТНИЙ СКЛАД ПИТНИХ ПІДЗЕМНИХ ВОД
НА ТЕРИТОРІЇ КОРОСТИШІВСЬКОГО РАЙОНУ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ
У СИСТЕМІ ГІДРОГЕОХІМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ***(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук, ст. наук. співроб. О. Л. Шевченком)*

Досліджено мікроелементний склад питних підземних вод на території Коростишівського району Житомирської області з погляду потенційної загрози здоров'ю людей. Дослідження проведено в рамках комплексу загальних моніторингових досліджень якості підземних вод регіону в липні 2020 – серпні 2021 років. Мікроелементний аналіз проб води виконано за допомогою сучасного високочутливого методу мас-спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою (ICP-MS). Отримані результати можуть бути корисними для обґрунтування необхідності коригування харчування місцевих жителів шляхом додаткового вживання вітамінно-мінеральних комплексів.

Ключові слова: питні підземні води, мікроелементний склад, гідрогеохімія, моніторинг, есенціальні елементи, техногенний вплив.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день постійно зростаючий рівень антропогенного забруднення об'єктів навколишнього середовища (ґрунтів, природних вод та атмосферного повітря) обумовлює необхідність проведення постійного моніторингу їхнього стану. Особливо важливим є встановлення елементного складу питної води та вивчення особливостей його формування на територіях окремих країн у зв'язку зі світовою проблемою забезпечення людства якісною та безпечною питною водою, яка є основою життєдіяльності людини. Актуальним є розв'язання цих задач і для різних гідрогеологічних регіонів України, які відрізняються низкою геохімічних особливостей.

Природні води містять невелику кількість розчинених газів, мінеральних і органічних речовин натурального походження. У воді високої якості загальні концентрації розчинених речовин можуть сягати значних величин (сумарно до 1000 мг/дм³). Але вода може містити і небажані компоненти, дані про їхню кількість є необхідними, зокрема, для створення норм щодо якості питної води (Синицина і др., 2020). У більшості країн світу діють внутрішні нормативні документи, що регламентують якість питної води. Також розроблені міжнародні норми (такі як нормативи ВООЗ, Водна Рамкова Директива ЄС тощо), що служать гарантією безпеки питної води і регламентують гранично допустимі концентрації елементів та мікроорганізмів у ній. Разом із тим, згідно з даними ВООЗ, досить поширеним є не лише використання розвинених систем централізованого постачання очищеної питної води згідно зі встановленими нормами, а й використання для споживання мінералізованої

води з підземних джерел, свердловин та колодязів без її попереднього очищення та встановлення елементного складу (Крайнев і др., 2004).

Необхідність наявності певної кількості мінеральних речовин у питній воді є важливою для збалансованого вмісту їх в організмі людини, що безпосередньо визначає її здоров'я (Лютай, 1992; Кондратюк, 1989). Для функціонування організму людини необхідні кілька груп елементів – структурні елементи, які всі є есенціальними, тобто життєво необхідними; мікроелементи та ультрамікроелементи. До структурних елементів відносять основні елементи і макроелементи, до групи мікроелементів – есенціальні, умовно есенціальні, умовно токсичні елементи та ртуть, а групу ультрамікроелементів поділяють на рідкісноземельні, елементи платинової групи та радіоактивні елементи.

За ступенем корисності для організму людини елементи можна розбити на такі групи:

- есенціальні (життєво важливі елементи, включно зі структурними, що на 99 % формують елементний склад організму): H, O, N, C, Ca, Cl, F, K, Mg, Na, P, S;
- мікроелементи: Cr, Cu, Fe, I, Mn, Mo, Se, Zn;
- умовно есенціальні (життєво важливі, але шкідливі в певних дозах): Ag, Al, Au, B, Br, Co, Ge, Li, Ni, Si, V;
- умовно токсичні мікроелементи й ультрамікроелементи: As, Ba, Be, Bi, Cd, Ce, Cs, Dy, Er, Eu, Ga, Gd, Hf, Hg, Ho, In, Ir, La, Lu, Nb, Nd, Os, Pb, Pd, Pr, Pt, Rb, Re, Rh, Ru, Sb, Sc, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, U, W, Y, Yb, Zr.

Що стосується ртуті (Hg), то вона є шкідливою для людини в будь-якій кількості, тому її безумовно можна назвати токсичним елементом.

Дефіцит або надлишок тих чи інших елементів у питній воді може обумовлювати виникнення низки захворювань у населення, що її споживає (Скальний *и др.*, 2004). Дані про можливі патологічні стани організму людини, що обумовлені не лише надлишком, а й дефіцитом есенціальних елементів, що нормовані в питній воді за санітарно-токсикологічним показником шкідливості (Синицина *и др.*, 2020), свідчать про важливість їх урахування при прогнозуванні ризиків для здоров'я людини.

Слід зазначити, що причиною того, що в більшості людей деякі життєво важливі мікроелементи перебувають у дефіциті, а токсичні мікроелементи – в надлишку, є низька якість питної води і продуктів харчування, а також незадовільний екологічний стан навколишнього середовища. Зокрема, населення крупних міст потерпає від надлишку важких металів, які надходять до організму людини з водою. Систематичне вживання неякісної або неконтрольованої за складом питної води може призвести до появи у населення хронічних захворювань, що може вплинути і на здоров'я майбутніх поколінь. У зв'язку із цим встановлення мікроелементного складу питних підземних вод природного походження у різних гідрогеологічних регіонах України є вкрай необхідним як для її безпечного використання населенням, так і для районування території України за мікроелементним складом питної води природного походження.

Аналіз публікацій за темою досліджень. Вивченню проблеми забруднення питних підземних вод, а також впливу надлишку чи нестачі мікроелементів на здоров'я населення, що їх споживає, присвячено низку вітчизняних та закордонних публікацій (Авицын *и др.*, 1991; Рудько, 2012; Golekar *et al.*, 2013; Мезенцева *та ін.*, 2018; Hussain *et al.*, 2019; Синицина *и др.*, 2020). Однак у літературі мало уваги приділяється зіставленню підземних вод за їхнім мікроелементним складом для різних гідрогеологічних регіонів України у зв'язку зі структурно-геологічними, а також геохімічними особливостями досліджуваних територій. Слід зауважити, що кількість публікацій, які містять практичні дані щодо багаторічної динаміки показників хімічного складу підземних вод, є незначною.

Виділення нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми. У контексті досягнення нетоксичного середовища в рамках Європейського зеленого курсу (European Green Deal), до якого Україна долучилася у 2020 році, актуальності набувають дослідження, спрямовані на вивчення мінерального складу та вмісту фізіологічно значущих хімічних елементів у питних підземних водах різних гідрогеологічних регіонів України, особливо тих, що характеризуються високим рівнем техногенного навантаження на підземну гідросферу та/або негативними тенденціями за показниками захворюваності населення. У статті розглядаються зміни в часі мікроелементного складу питних підземних вод у Коростишівському районі Житомирської області, що, згідно із сучасним гідрогеологічним районуванням України (Шестопалов *та ін.*, 2019), належить до водоносної системи Українського щита. Вибір території досліджень обумовлений тим, що згідно з тенденціями динаміки різних видів захворювань населення Житомирської області, поряд із Кіровоградською, Миколаївською, Харківською та Херсонською областями, належить до регіонів із переважанням негативних рис динаміки показників

захворюваності (Мезенцева *та ін.*, 2018). Для цих областей характерне зростання кількості випадків злоскісних новоутворень, серцево-судинних захворювань та хвороб органів дихання.

Мета досліджень – вивчення змін у часі хімічного, зокрема мікроелементного, складу підземних вод, що використовуються для питного постачання населенню Коростишівського району Житомирської області.

У статті наведено результати власних польових досліджень, а також використано звітні матеріали щодо експлуатаційних запасів Коростишівського родовища питних підземних вод.

Характеристика території дослідження. Досліджувана територія розташована в північно-західній частині Гідрогеологічної області тріщинних вод Українського щита (згідно із сучасним районуванням – до водоносної системи Українського щита) (Шестопалов *та ін.*, 2019) і характеризується наявністю комплексу переважно піщаних осадових порід незначної потужності (до 20 м), багатоповхоним заляганням водоносних горизонтів в умовах вільного водообміну. Зразки води зі свердловин та колодязів відбиралися в межах Коростишівського району Житомирської області, до якого приурочене Коростишівське родовище питних підземних вод. Загалом господарсько-питне і виробничо-технічне водопостачання у самому м. Коростишів здійснюється за рахунок експлуатації водоносних горизонтів у відкладах бучацького регіонарусу еоцену (P_{2bč}) і у тріщинуватій зоні кристалічних порід та їхньої кори вивітрювання (PR₁). Останній водоносний горизонт має найкращі показники якості води у досліджуваному регіоні, його гідрогеологічні характеристики добре вивчені й детально описані у звіті (Гребенюк *та ін.*, 2020). Водоносний горизонт у тріщинуватій зоні кристалічних порід та їхньої кори вивітрювання (PR₁) є регіонально витриманим по площі. Тріщинні води не приурочені до якого-небудь стратиграфічного комплексу, а незалежно від складу і віку водовмісних порід утворюють єдину гідравлічно зв'язану систему. Кристалічні породи залягають на глибині 5,0–25,8 м і представлені гнейсами, кристалосланцями і гранітами. У покрівлі кристалічних порід залягає їхня кора вивітрювання потужністю від 5–10 до 20 м, яка представлена каоліном і жорствою, зі збереженою структурою материнської породи. У місцях, де кора вивітрювання розмита, в покрівлі водоносного горизонту в тріщинуватій зоні кристалічних порід та їхньої кори вивітрювання залягають водоносні горизонти в алювіальних відкладах голоцену і середнього неоплейстоцену, утворюючи шарувату гідравлічну систему. Формування хімічного складу підземних вод водоносного горизонту в тріщинуватій зоні кристалічних порід та їхньої кори вивітрювання визначається насамперед фізико-географічними чинниками, які, у свою чергу, проявляються у вигляді різних геохімічних процесів, провідна роль серед яких належить вилуговуванню порід. Води вилуговування утворюються в зоні вільного водообміну. Малопотужна кора вивітрювання кристалічних порід складена жорствяно-глинистою породою з монтморилонітом, гідроксидами заліза та нонтронітом. З останнім пов'язано збагачення води сполуками нікелю. Формування ізотопів радіоактивних елементів у воді може відбуватися в зоні зачеплених вивітрюванням кристалічних порід.

Мешканці довколишніх сіл здебільшого споживають воду із присадибних криниць або свердловин, що експлуатують водоносний горизонт в алювіальних

відкладах першої – другої надзаплавних терас верхнього неоплейстоцену ($a^{1-2}P_{III}$), та приватних свердловин, пробурених на водоносний горизонт у тріщинуватій зоні кристалічних порід та їхньої кори вивітрювання (PR_1). Варто зазначити, що водозабірня ділянка Коростишівського МКП "Водоканал" розташована в зоні розвантаження підземних вод, де р. Тетерів відіграє роль потужної природної дрени. Крім того, у межах розповсюдження водоносного горизонту в алювіальних відкладах голоцену поверхневі води є джерелом формування експлуатаційних запасів підземних вод основного водоносного горизонту у тріщинуватій зоні кристалічних порід та їхньої кори вивітрювання (Koshliakova et al., 2020).

Методика дослідження. Мікроелементний аналіз зразків води було здійснено за допомогою методу мас-спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою (ICP-MS) на мас-спектрометрі з подвійним фокусуванням іонного променя "ELEMENT-2" фірми "Thermo Scientific" (корпорація Thermo Electron GmbH (Бремен)), що функціонує на базі Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України. Похибка вимірювання становила $\delta \leq 3\%$. Для отримання калібровок "сигнал-концентрація" застосовувався сертифікований стандарт (ICP multi-element standard solution VI, виробник – Merck KGaA), з якого виготовлялася серія 6 градувальних стандартів від 1 до 1000 ppb. Підготовка проб і

стандартів здійснювалася ваговим методом. Для приготування розчинів (промивні, холості, градувальні й аналізовані) використовували воду, очищену за допомогою апарата Millipore-Q3 (Millipore SA, Франція). Для характеристики загального хімічного складу підземних вод досліджуваного регіону використані результати гідрогеохімічного моніторингу, проведеного лабораторією Коростишівського міжрайонного відділу ДУ "Житомирський обласний лабораторний центр МОЗ України" та Центральною лабораторією ДП "Українська геологічна компанія" протягом 2017–2019 років.

Результати досліджень. У комплексі моніторингових досліджень якості підземних вод регіону з метою більш детального вивчення мікроелементного складу із залученням сучасних, більш чутливих, лабораторних методів у липні 2020 та у серпні 2021 року авторами було проведено відбір проб зразків води зі свердловин та криниць Коростишівського району Житомирської області, які використовуються місцевим населенням для питного водопостачання. Кожного року відбирали по 15 зразків води з криниць та по 10 зразків зі свердловин, розташованих на присадибних ділянках приватних будинків. Глибина криниць коливалася в межах 10–15 м, свердловин – 10–20 м. Результати мікроелементного аналізу зразків води представлені у табл. 1.

Таблиця 1

Узагальнені результати мікроелементного аналізу зразків підземних вод (середні арифметичні) із зазначенням величин біологічно значущих концентрацій (БЗК)

Елемент, мг/дм³	Вид водозабірної споруди				БЗК (Барвиш и др. 2000), мг/дм³
	Криниця (водоносний горизонт в алювіальних відкладах 1–2 надзаплавних терас верхнього неоплейстоцену)		Свердловина (водоносний горизонт у тріщинуватій зоні кристалічних порід та їх кори вивітрювання)		
	Середнє значення, мг/дм³				
	2020 рік	2021 рік	2020 рік	2021 рік	
Li	0,000922	0,004662	0,001555	0,004949	0,025
V	0,001036	0,001099	0,000122	0,000209	0,025
Cr	0,003326	0,004038	0,001729	0,002891	0,00175
Mn	0,000824	0,004389	0,000633	0,002043	0,05
Co	0,000008	0,000131	0,000017	0,00014	0,0075
Ni	0,000211	0,015931	0,000864	0,017301	0,0075
Cu	0,000197	0,001318	0,012659	0,018194	0,025
Zn	0,009309	0,091527	0,023665	0,074792	0,3
Sr	0,312244	0,386823	0,178328	0,21342	0,05
Cd	0,000023	0,000101	0,000081	0,000055	0,0025
Ba	0,063614	0,080914	0,065276	0,085503	0,02
Pb	0,000085	0,000906	0,000249	0,001582	0,01

Примітка. Кількість проб (N) = 25.

За методикою М.В. Барвиша та О.А. Шварца (Барвиш і др., 2000) було визначено величини біологічно значущих концентрацій (БЗК) основних фізіологічно значущих елементів для досліджуваних питних підземних вод.

За свідченням К.С. Злобіної (Злобіна, 2013), традиційно основним критерієм вибору елементів, що підлягають ретельному вивченню, є гранично допустима концентрація (ГДК). Однак, по-перше, не для всіх елементів установлені гранично допустимі концентрації. А по-друге, існують також елементи, для яких на поточний момент практично відсутня інформація про їхню роль у мікроелементному балансі людини і вміст у прісних підземних водах. Це передусім більшість рідкісних елементів. Для оцінювання оптимального вмісту елементів у складі досліджуваної води, що необхідно при її характеризуванні, доречним є застосування критерію БЗК. Це концентрація, за якої надходження елемента в організм

з водою позначається на загальному мікроелементному балансі людини. Автори терміна пропонують усі мікроелементи, які містяться у прісній підземній воді, поділити на дві групи. Перша – елементи, які перевищують БЗК, друга – елементи, що містяться в концентраціях, які не можуть суттєво вплинути на мікроелементний баланс людини. Нижня межа біологічно значущої концентрації – це величина, за якої надходження елемента в організм з питною водою становить 5 % від загального середньостатистичного надходження. При цьому вважається, що щодоби споживається 2 л питної води. Такий підхід дозволяє виокремити мікроелементи для першочергових еколого-гідрогеохімічних досліджень (Злобіна, 2013).

Порівняння БЗК зі вмістом мікроелементів та окремих мікроелементів, визначених при виконанні дослідження, надало змогу виявити, що в досліджуваних питних водах спостерігається надлишок таких

елементів, як Sr та Ba. У достатній кількості присутній Sr. Натомість було виявлено недостатню кількість таких елементів, як Li, V, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd та Pb. Варто зазначити, що у 2021 році (порівняно з 2020 роком) концентрація Ni та Zn в обстежених водозабірних спорудах значно зросла: концентрація Ni – у 75 разів у колодязях та у 20 разів у свердловинах, концентрація Zn – у 9 разів у колодязях та у 3 рази у свердловинах. Імовірно, це явище пов'язане з тим, що ці елементи мають техногенне походження, тому їхня концентрація у досліджуваних підземних водах стрімко зростає. Загалом, порівнюючи результати мікроелементного аналізу, виконаного у 2020 та 2021 роках, можна говорити про наявність тенденції до збільшення концентрацій досліджуваних мікроелементів у підземних водах, однак ця гіпотеза потребує уточнення за рахунок подальших моніторингових спостережень.

Що стосується макроелементного складу, то за даними звіту (*Гребенюк та ін., 2020*) підземні води горизонту, приуроченого до тріщинуватої зони кристалічних порід та їхньої кори вивітрювання, є прісними, мають гідрокарбонатний, хлоридно-гідрокарбонатний тип. За катіонним складом води кальцієві та магнієво-кальцієві. Мінералізація змінюється від 0,3 до 0,6 г/дм³. Загальна твердість перебуває в межах 2,1–10,8 ммоль/дм³.

Значення pH становить 6,8–7,5. Загальний вміст заліза коливається від 0,2 до 7,0 мг/дм³, що є характерним для тріщинно-жильних вод кристалічного щита. На ділянках, не захищених від поверхневого забруднення, спостерігається підвищений вміст нітратів (від 76 до 379,40 мг/дм³), хлору (354–404 мг/дм³), сухого залишку (до 1,5 г/дм³). Хімічний склад води можна виразити узагальненою формулою:

$$M_{0,34-0,72} \frac{HCO_3 39-70 SO_4 8-39 Cl 18-30}{Ca 60-64 Mg 20-24 (Na+K) 9-15} pH 6,6-7,6.$$

У воді зазначається слабкий жовтуватий відтінок, що може бути обумовлено наявністю солей заліза. Мікробіологічні показники характеризуються відсутністю бактеріального забруднення: загальна кількість мікробів не перевищує 11 КУО/см³, бактерії групи кишкової палички відсутні. Феноли, пестициди, СПАР і нафтопродукти у воді практично відсутні.

Результати загального хімічного аналізу, виконаного для відібраних у 2020–2021 рр. зразків води, порівняно із гранично допустимими концентраціями (ГДК) згідно з Державними санітарними нормами та правилами "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10), представлені у табл. 2.

Таблиця 2

Результати загального хімічного аналізу зразків підземних вод					
Показник хімічного складу	Вид водозабірної споруди				ГДК за ДСанПіН 2.2.4-171-10
	Криниця (водоносний горизонт в алювіальних відкладах 1-2 надзаплавних терас верхнього неоплейстоцену)		Свердловина (водоносний горизонт у тріщинуватій зоні кристалічних порід та їх кори вивітрювання)		
	Середнє значення				
	2020 рік	2021 рік	2020 рік	2021 рік	
pH	6,95	6,68	7,22	7,05	6,5-8,5
Лужність	1,6	2,1	4,9	5,1	не нормується
Твердість, мг-екв/дм³	3,8	4,5	6,9	6,8	10
Кальцій, мг/дм³	56,11	56,1	96,2	94,2	не нормується
Магній, мг/дм³	12,16	20,7	25,54	25,5	не нормується
НСО₃⁻, мг/дм³	97,6	128,1	289,9	311,1	не нормується
Сульфати, мг/дм³	28,8	96,0	24	72,0	500
Залізо загальне, мг/дм³	0,03	0,04	0,05	0,07	1
Нітрати, мг/дм³	52,77	30,5	39,1	27,5	50
Хлориди, мг/дм³	42,6	48,3	39,1	49,7	350
Сухий залишок, г/дм³	0,224	0,313	0,304	0,378	1,5
Na+K сумарно, мг-екв/дм³	18,4	37,17	9,2	37,7	не нормується

Примітка. Кількість проб (N) = 25

Загалом досліджені зразки підземних вод за макроелементним складом відповідають нормативам ДСанПіН 2.2.4-171-10 для питної води з колодязів, каптажів та джерел. Виключенням є вміст нітратів, концентрація яких у колодязях станом на 2020 рік перевищувала ГДК.

Авторами було проаналізовано зміни у часі таких показників хімічного складу досліджуваних підземних вод: загальна мінералізація, вміст іонів Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻ та Cl⁻. Період спостережень за коливаннями концентрацій вказаних показників охоплював березень 2017 – грудень 2019 рр. (*Гребенюк та ін., 2020*). Відомо, що інтенсивність водовідбору, яка визначає гідродинамічні умови взаємодії поверхневих та підземних вод, є одним з головних чинників зміни їх хімічного складу. Було виявлено значущу

кореляцію між концентраціями Mg²⁺, SO₄²⁻, Cl⁻ та їх нормованими показниками за величиною водовідбору. Коефіцієнти кореляції Пірсона R становили, відповідно: для Mg²⁺ R=0,82; для SO₄²⁻ R=0,63; для Cl⁻ R=0,76. З метою встановлення закономірностей зміни досліджуваних показників хімічного складу підземних вод у зв'язку з водовідбором було побудовано графіки коливань нормованих показників за період 2017–2019 рр. (рис. 1–3).

Отримані результати показали, що у водоносному горизонті тріщинуватої зони кристалічних порід та їхньої кори вивітрювання при збільшенні водовідбору підвищується вміст мінеральних речовин, що свідчить про істотну роль антропогенного чинника при формуванні хімічного складу досліджуваних підземних вод.

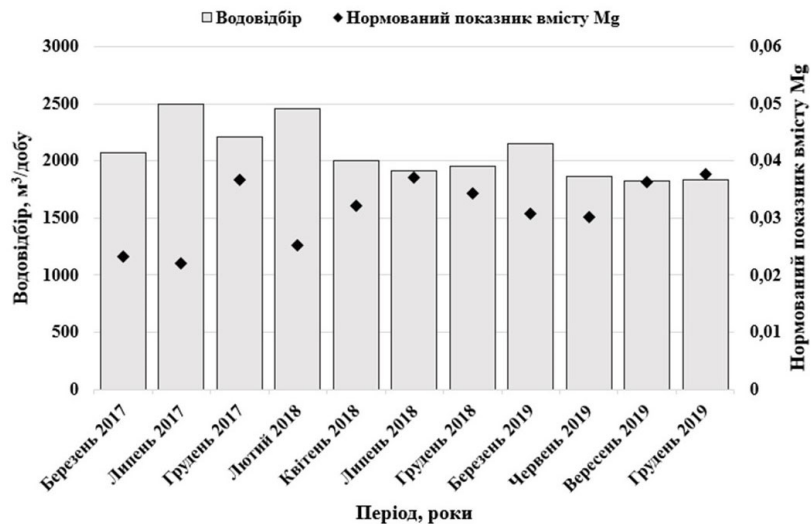


Рис. 1. Нормовані показники вмісту Mg та водовідбору з водоносного горизонту у тріщинуватій зоні кристалічних порід та їхньої кори вивітрювання в період 2017–2019 рр.

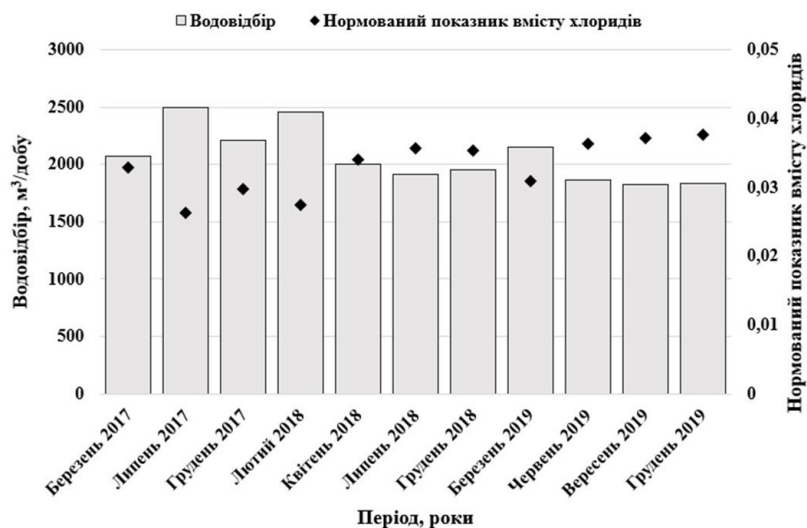


Рис. 2. Нормовані показники вмісту хлоридів та водовідбору з водоносного горизонту у тріщинуватій зоні кристалічних порід та їхньої кори вивітрювання в період 2017–2019 рр.

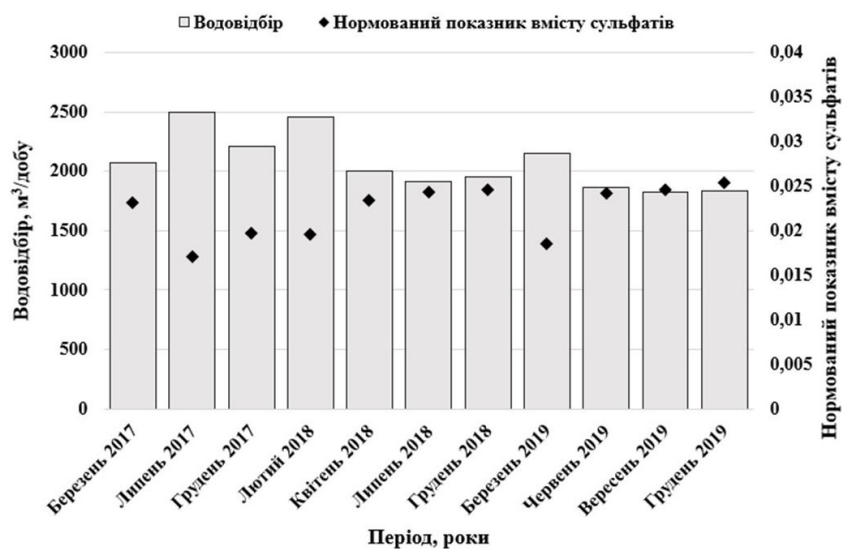


Рис. 3. Нормовані показники вмісту сульфатів та водовідбору з водоносного горизонту у тріщинуватій зоні кристалічних порід та їхньої кори вивітрювання в період 2017–2019 рр.

Висновки. У результаті проведеного дослідження було виявлено такі особливості хімічного складу питних підземних вод на території Коростишівського району Житомирської області.

1. Досліджені зразки підземних вод з водоносних горизонтів в алювіальних відкладах першої – другої надзаплавних терас верхнього неоплейстоцену ($a^{1-2}P_{III}$) і у тріщинуватій зоні кристалічних порід та їхньої кори вивітрювання (PR_1) за макроелементним складом відповідають нормативам ДСанПіН 2.2.4-171-10 для питної води з колодязів, каптажів та джерел. Виключенням є вміст нітратів, концентрація яких у криницях станом на 2020 рік незначною мірою перевищувала ГДК ($52,77 \text{ мг/дм}^3$ порівняно з нормативом у 50 мг/дм^3).

2. Проаналізовано зміни в часі величини загальної мінералізації, вмісту іонів Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} та Cl^- у водоносному горизонті тріщинуватої зони кристалічних порід та їхньої кори вивітрювання за період березень 2017 – грудень 2019 рр. за експлуатаційними свердловинами Коростишівського МКП "Водоканал". Оскільки статистичний розподіл даних у вибірках, що розглядалися, відповідає нормальному закону, були обраховані коефіцієнти кореляції Пірсона. Виявлено високу позитивну кореляцію між концентраціями Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- та їх нормованими показниками за величиною водовідбору. Коефіцієнти кореляції Пірсона R становили, відповідно: для Mg^{2+} $R=0,82$; для SO_4^{2-} $R=0,63$; для Cl^- $R=0,76$. Отримані результати показали, що при збільшенні водовідбору з досліджуваного водоносного горизонту підвищується вміст мінеральних речовин, що свідчить про істотну роль антропогенного чинника при формуванні хімічного складу досліджуваних підземних вод.

3. Порівняння БЗК із вмістом мікроелементів та окремих мікроелементів, визначених при виконанні дослідження, надало змогу виявити особливості: у досліджуваних водах спостерігається надлишок таких елементів, як Sr та Ba. У достатній кількості присутній Cr. Натомість було виявлено недостатню кількість таких елементів, як Li, V, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd та Pb. Варто зазначити, що у 2021 році (порівняно із 2020 роком) концентрація Ni та Zn в обстежених водозабірних спорудах значно зросла: концентрація Ni – у 75 разів у колодязях та у 20 разів у свердловинах, концентрація Zn – у 9 разів у колодязях та у 3 рази у свердловинах. Імовірно, таке явище пов'язано з тим, що ці елементи мають техногенне походження, тому їхня концентрація у досліджуваних підземних водах стрімко зростає. Загалом, порівнюючи результати мікроелементного аналізу, виконаного у 2020 та 2021 роках, можна говорити про наявність тенденції до збільшення концентрацій досліджуваних мікроелементів у підземних водах, однак ця гіпотеза потребує уточнення за рахунок подальших моніторингових спостережень.

4. Зважаючи на те, що місцеве населення вживає досліджувану воду постійно, а вона є основним джерелом надходження біологічно значущих хімічних елементів до організму, на цій території існують ризики виникнення геохімічних ендемій.

Робота виконана в рамках наукової теми 0118U003167 "Геохімія есенціальних елементів у природних і техногенних ландшафтах лісостепової зони України як основа біогеохімічного районування" Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семченка НАН України.

Список використаних джерел

- Авицын, А.П., Жаворонков, А.А. (1991). Микроэлементозы человека. Монография. М.: Медицина.
Барвиш, М.В., Шварц, А.А. (2000). Новый подход к оценке микрокомпонентного состава подземных вод, используемых для питьевого

водоснабжения. *Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология*, 5, 467–473.

Гребенюк, М., Цимбал, Д. (2020). Повторна геолого-економічна оцінка експлуатаційних запасів Коростишівського родовища питних підземних вод по свердловинах Коростишівського МКП "Водоканал" в м. Коростишів Житомирської області (підрахунок запасів станом на 01.01.2020). *Науковий звіт*. Київ: ТОВ "Гео Пошук".

Злобіна, К.С. (2013). Геохімія питних артезіанських вод бортової частини Дніпровського артезіанського басейну (на прикладі м. Київ). *Автореф. дис. ... канд. геол. наук*. Київ.

Кондратюк, В.А. (1989). Микроэлементы, значимость для здоровья в питьевой воде малой минерализации. *Гигиена и санитария*, 2, 81–82.

Крайнев, В.С., Рьженко, Б.Н., Швеи, В.М. (2004). Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. Монография. М.: Наука.

Лютый, Г.Ф. (1992). Влияние минерального состава питьевой воды на здоровье населения. *Гигиена и санитария*, 1, 13–15.

Мезенцева, Н.І., Батиченко, С.П., Мезенцев, К.В. (2018). Захворюваність і здоров'я населення в Україні: суспільно-географічний вимір. Монографія. Київ: Принт Сервіс.

Рудько, Г. (2012). Медична геологія – новий напрям розвитку науки та практики. *Геолог України*, 4, 48–51.

Синицына, О.О., Плитман, С.И., Амплеева, Г.П., Гильденскиольд, О.А., Ряшенцева, Т.М. (2020). Эссенциальные элементы и их нормирование в питьевой воде. *Анализ риска здоровью*, 3, 30–38. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.3.04>.

Скальный, А.В., Рудаков, И.А. (2004). Биоэлементы в медицине. Монография. М.: Мир.

Golekar, R.B., Patil, S.N., Baride, M. V. (2013). Human health risk due to trace element contamination in groundwater from the Anjani and Jhiri river catchment area in northern Maharashtra, India. *Earth Sciences Research Journal*, 17(1), 17–23.

Koshliakova, T., Kuraieva, I., Koshliakov, O. (2020). Study of microelement composition of potable groundwater in Korostyshiv district of Zhytomyr region in hydrogeochemical monitoring system. *Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment"*, 2020 November 10–13, Kyiv, Ukraine. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202056020>.

Hussain, S., Habib-Ur-Rehman, M., Khanam, T., Sheer, A., Kebin, Zh., Jianjun, Y. (2019). Health Risk Assessment of Different Heavy Metals Dissolved in Drinking Water. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16. doi:10.3390/ijerph16101737.

References

- Avitsyn, A.P., Zhavoronkov, A.A. (1991). Human microelementosis. Monograph. Moscow: Medicine. [in Russian]
Barvish, M.V., Shvarts, A.A. (2000). A new approach to assessing groundwater microcomponent composition used for potable water supply. *Geoeology, engineering geology, hydrogeology, geocryology*, 5, 467–473. [in Russian]
Golekar, R.B., Patil, S.N., Baride, M. V. (2013). Human health risk due to trace element contamination in groundwater from the Anjani and Jhiri river catchment area in northern Maharashtra, India. *Earth Sciences Research Journal*, 17(1), 17–23.
Grebnyuk, M., Tsymbal, D. (2020). Repeated geological and economic assessment of operational reserves of Korostyshiv potable groundwater deposit in Korostyshiv utility company "Vodokanal" wells in Korostyshiv, Zhytomyr region (calculation of reserves as of 01.01.2020). *Research report*. Kyiv: Ltd. "GeoPoshuk". [in Ukrainian]
Zlobina, K.S. (2013). Geochemistry of artesian drinking water on board the Dnieper artesian basin (on the example of Kyiv). *Extended abstract of Candidate's thesis*. [in Ukrainian]
Konratyuk, V.A. (1989). Trace elements, significance for health in drinking water of low mineralization. *Hygiene and sanitation*, 2, 81–82. [in Russian]
Koshliakova, T., Kuraieva, I., Koshliakov, O. (2020). Study of microelement composition of potable groundwater in Korostyshiv district of Zhytomyr region in hydrogeochemical monitoring system. *Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment"*, 2020 November 10–13, Kyiv, Ukraine. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202056020>.
Kraev, V.S., Ryzhenko, B.N., Shvets, V.M. (2004). Underground waters geochemistry. Theoretical, applied and ecological aspects. Monograph. Moscow: Nauka Publishing. [in Russian]
Lyutai, G.F. (1992). Influence exerted by mineral structure of drinking water on population health. *Hygiene and sanitation*, 1, 13–15. [in Russian]
Mezentseva, N.I., Batychenko, S.P., Mezentsev, K.V. (2018). Morbidity and health of Ukraine population: socio-geographic dimension. Monograph. Kyiv: Print Servis. [in Ukrainian]
Rudko, H. (2012). Medical geology is a new direction in the development of science and practice. *Geologist of Ukraine*, 4, 48–51. [in Ukrainian]
Hussain, S., Habib-Ur-Rehman, M., Khanam, T., Sheer, A., Kebin, Zh., Jianjun, Y. (2019). Health Risk Assessment of Different Heavy Metals Dissolved in Drinking Water. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16. doi:10.3390/ijerph16101737.
Sinitsyna, O.O., Plitman, S.I., Ampleeva, G.P., Gil'denskiol'd, O.A., Ryashentseva, T.M. (2020). Essential elements and standards for their contents in drinking water. *Health Risk Analysis*, 3, 30–38. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.3.04> [in Russian]
Skal'nyi, A.V., Rudakov, I.A. (2004). Bioelements in medicine. Monograph. Moscow: Mir Publishing. [in Russian]

Надійшла до редколегії 14.11.22

T. Koshliakova, PhD (Geol.), Senior Researcher,
E-mail: tatianakoshliakova@gmail.com;
I. Kuraieva, Dr. Sci. (Geol.), Prof.,
E-mail: KI4412674@gmail.com;
M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine,
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, 03142, Ukraine;
O. Koshliakov, Dr. Sci. (Geol.), Prof.,
E-mail: kosh_57@ukr.net,
Taras Shevchenko National University of Kyiv,
Institute of Geology, 90 Vasylkivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine;
L. Oleksenko, Dr. Sci. (Chem.), Prof.,
E-mail: olexludmil@ukr.net,
Taras Shevchenko National University of Kyiv,
Chemical Faculty, 12 Tolstogo Str., Kyiv, 01033, Ukraine;
I. Shvaika, PhD (Geol.), Researcher,
E-mail: ishvaika@gmail.com;
L. Proskurka, Junior Researcher,
E-mail: igmrproskurko@gmail.com,
M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine,
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, 03142, Ukraine

MICROELEMENT COMPOSITION OF POTABLE GROUNDWATER IN KOROSTYSHIV DISTRICT OF ZHYTOMYR REGION IN HYDROGEOCHEMICAL MONITORING SYSTEM

The paper is devoted to the study of microelement composition of potable groundwater in Korostyshiv district of Zhytomyr region in terms of potential threats to human health. The study was conducted as part of general monitoring studies set of groundwater quality in the region in July 2020 – August 2021. Microelement analysis of water samples was performed by use of modern highly sensitive method of mass spectrometry with inductively coupled plasma (ICP-MS).

The results obtained may be useful to justify the need to adjust the diet of local residents through the additional use of vitamin and mineral complexes.

Keywords: potable groundwater, microelement composition, hydrogeochemistry, monitoring, essential elements, technogenic influence.