

УДК 556.38

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.101.16>

Н. Люта, канд. геол.-мінералог. наук

e-mail: nlyuta@ur.netКиївський національний університет імені Тараса Шевченка,
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна

СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТУ ТРІЩИНУВАТОЇ ЗОНИ КРИСТАЛІЧНИХ ПОРІД (ГІДРОГЕОЛОГІЧНА ОБЛАСТЬ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА)

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. О.Є. Кошляковим)

Внаслідок російської агресії у 2022 році загострилася проблема забезпечення населення України питною водою з різних джерел. Підземні води порівняно з поверхневими мають низку переваг, передусім – захищеність від забруднення та наближеність до споживача. Наразі необхідно диверсифікувати джерела водопостачання населення, задіяти всі основні водонасні горизонти і комплекси, що містять воду питної якості. Однак ресурси підземних вод розподілені по території України вкрай нерівномірно – більша частина зосереджена в північних і західних областях, а ресурси південних областей обмежені. Крім того, основні водонасні горизонти території України характеризуються строкатим хімічним складом, зумовленим природними і антропогенними чинниками їхнього формування. Значну частину України займає Український щит, природні умови якого не сприяють формуванню значних ресурсів підземних вод. Метою дослідження є аналіз якісного стану та оцінка освоєності запасів підземних вод у тріщинуватій зоні кристалічних порід архею-протерозою. Для цього було зібрано та проаналізовано інформацію щодо використання та хімічного складу підземних вод згаданого горизонту. У результаті було виявлено закономірності просторового розподілу макрокомпонентів у підземних водах водонасного горизонту у тріщинуватій зоні кристалічних порід. Ці закономірності рекомендовано враховувати у процесі моніторингу підземних вод та їхнього господарсько-питного використання. Незважаючи на вкрай нерівномірне поширення і строкатий хімічний склад, у більшості розглянутих областей існують перспективи значного збільшення видобутку підземних вод з водонасного горизонту у тріщинуватій зоні кристалічних порід.

Ключові слова: Гідрогеологічна область Українського щита, зона тріщинуватості, водонасний горизонт, видобуток підземних вод, якісний стан підземних вод, мінералізація.

Постановка проблеми. В умовах воєнної агресії у низці регіонів надзвичайно гостро стало питання забезпечення населення питною водою. Стало очевидним, що водопостачання повинне здійснюватися з різних джерел, причому основними з них повинні бути захищені від забруднення підземні води. У той же час низка південних регіонів України, у тому числі розташовані там індустріальні центри – Дніпро, Запоріжжя, Кривий Ріг, Кам'янське, Енергодар та інші, постачаються водою винятково за рахунок поверхневих вод. Ця ситуація значною мірою пояснюється складними гідрогеологічними умовами, що не сприяють формуванню значних ресурсів підземних вод у кристалічних породах Українського щита.

Аналіз публікацій за темою досліджень. Питання особливостей формування хімічного складу підземних вод кристалічних порід Українського щита розглядалися дослідниками у попередні роки (Руденко, Попов, 1975; Бабинець та ін., 1979), які відзначали існування закономірностей у розподілі підземних вод тріщинуватої зони за мінералізацією і хімічним складом, і пояснювали формування хімічного складу тектонічними, структурно-петрографічними особливостями різних ділянок, хімічним і мінералогічним складом порід, палеогеографічними і сучасними кліматичними умовами. У подальшому низка публікацій була присвячена питанням обводненості кристалічних порід Українського щита, підвищенню результативності буріння свердловин поповнення (Лютій та ін., 2016) та штучному поповненню ресурсів горизонту (Петренко, 2018). В останні роки актуальним питанням водопостачання населених пунктів України за рахунок підземних вод, пошукам резервних джерел водопостачання були присвячені публікації провідних українських учених (Шестопалов та ін., 2018, 2020).

Метою дослідження є аналіз якісного стану підземних вод водонасного горизонту у тріщинуватій зоні кристалічних порід архею-протерозою, освоєності запасів підземних вод горизонту, а також перспектив збільшення їхнього видобутку. Для цього було зібрано та

проаналізовано інформацію щодо використання та макрокомпонентного складу вод згаданого горизонту.

Аналіз природних умов формування ресурсів підземних вод. Гідрогеологічна область Українського щита (ГОУЩ) розташована у центральній частині України й охоплює території Житомирської, Вінницької, Кіровоградської і, частково, Рівненської, Хмельницької, Київської, Дніпропетровської, Черкаської, Одеської, Миколаївської, Запорізької та Донецької областей.

ГОУЩ належить до найменш водозбагачених регіонів України. Із загальних прогнозних ресурсів підземних вод України 61689,2 тис. м³/д ГОУЩ належить лише 4426,5 тис. м³/д або 7,2 %. З 4 426,5 тис. м³/д більшу частину складають ресурси підземних вод у зоні тріщинуватості кристалічних порід архею-протерозою (1164,7 тис. м³/д), решта – у відкладах палеогену (1130,7 тис. м³/д), а також у четвертинних (981,5 тис. м³/д), неогенових (702,4 тис. м³/д), крейдових (435,2 тис. м³/д) і юрських відкладах (12,0 тис. м³/д) (Стан підземних вод, 2021).

У межах ГОУЩ водонасний горизонт у тріщинуватій зоні порід архею-протерозою є основним джерелом господарсько-питного водопостачання низки населених пунктів (численні райцентри Рівненської, Житомирської, Кіровоградської, Київської, Дніпропетровської областей). Загальний видобуток підземних вод на території ГОУЩ складається з видобутку з осадової товщі (32 %) і з тріщинуватої зони кристалічних порід докембрію (68 %). З урахуванням специфіки обводненості кристалічних порід експлуатація здійснюється невеликими розосередженими водозаборами невеликої продуктивності (до 1–2 тис. м³/д).

Водовмісні породи водонасного горизонту у зоні тріщинуватості кристалічних порід архею-протерозою представлені гранітами, мігматитами та гнейсами. По долинах річок кристалічні породи виходять на земну поверхню або перекриваються малопотужним шаром мезо-кайнозойських відкладів. Найбільш обводнені зони приурочені до понижених ділянок сучасного рельєфу, що

© Люта Н., 2023

збігаються з розвинутою гідрографічною мережею та крупними балками. Потужність зон інтенсивної тріщинуватості часто не перевищує 20 м від поверхні кристалічних порід на вододілах та 50 м у долинах річок і поширюється зазвичай на глибину 80–100 м від сучасної поверхні.

Живлення водоносного горизонту відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, а також перетікання з водоносних горизонтів, приурочених до порід осадового чохла в місцях відсутності водотривів. Розвантаження відбувається в долинах річок.

Майже повсюдно кристалічні породи перекриті корою вивітрювання, яка визначає умови їхнього взаємозв'язку з водоносними горизонтами і комплексами осадових відкладів, що залягають вище та, відповідно, умови живлення. Кора вивітрювання залежно від літологічного складу може бути або водоносним горизонтом, або відносним водотривом. У регіональному плані повний розріз і більша потужність кори вивітрювання спостерігається на вододільних ділянках, до прируслових частин її потужність зменшується, аж до повного розмиву (Гошовський та ін., 2018).

Будучи крупною позитивною структурою, гідрогеологічний масив – Український щит забезпечує формування поверхневого і підземного стоків, спрямованих у бік прилеглих до нього артезіанських басейнів.

Якісний склад підземних вод зумовлений умовами формування їхніх ресурсів. Особливістю водоносного горизонту у тріщинуватій зоні кристалічних порід є те, що він, як і ґрунтові водоносні горизонти, живиться по всій площі його поширення.

Умови накопичення і циркуляції підземних вод у межах щита дуже неоднорідні. Північна частина ГОУЩ лежить у зоні надмірного зволоження, центральна і південно-східна – у зоні нестійкого зволоження, південна – у зоні недостатнього зволоження. Окрім зональних кліматичних відмінностей, територія ГОУЩ вкрай неоднорідна за розвитком тріщинуватості, а отже за обводненістю, яка на різних ділянках суттєво різниться як за площею, так і за глибиною.

Горизонту в тріщинній зоні кристалічних порід властиві неоднакові умови захищеності по площі його поширення. Залежно від потужності слабопроникних порід у покрівлі водоносний горизонт у тріщинуватій зоні кристалічних порід архею-протерозою у різних частинах поширення є захищеним або умовно захищеним від забруднення з поверхні. На окремих ділянках існують умови для гідравлічного зв'язку з безнапірними водоносними горизонтами, що залягають вище за розрізом. Найчастіше горизонт є умовно захищеним у межах річкових долин, де він характеризується найбільшою водозбагаченістю (Гошовський та ін., 2018).

Методика досліджень. Дослідження виконано методом збору, аналізу та узагальнення інформації щодо якісного складу підземних вод водоносного горизонту у тріщинуватій зоні порід Українського щита, даних стосовно вмісту забруднень у підземних водах та показників видобутку за останній період часу. Гідрогеохімічну інформацію проаналізовано з урахуванням кліматичних умов території Гідрогеологічної області Українського щита, показників захищеності досліджуваного водоносного горизонту та антропогенного навантаження.

Результати аналізу. Адміністративні області, розташовані в межах ГОУЩ, відзначаються різним кількісним та якісним станом підземних вод і різним ступенем їхньої освоєності (рис. 1 і 2).

Відповідно до інформації Державного балансу запасів корисних копалин (Державний баланс, 2017, 2021) у північній частині ГОУЩ, на території **Житомирської області**, водоносний горизонт тріщинуватих кристалічних порід є основним, на ньому базується централізоване водопостачання населених пунктів області, зокрема м. Бердичева та Коростишева. До цього водоносного горизонту приурочено близько 80 % ділянок із затвердженими експлуатаційними запасами і близько 60 % запасів підземних вод, а решта – до пісковиків і пісків юрського, крейдового, палеогенового і четвертинного віку.

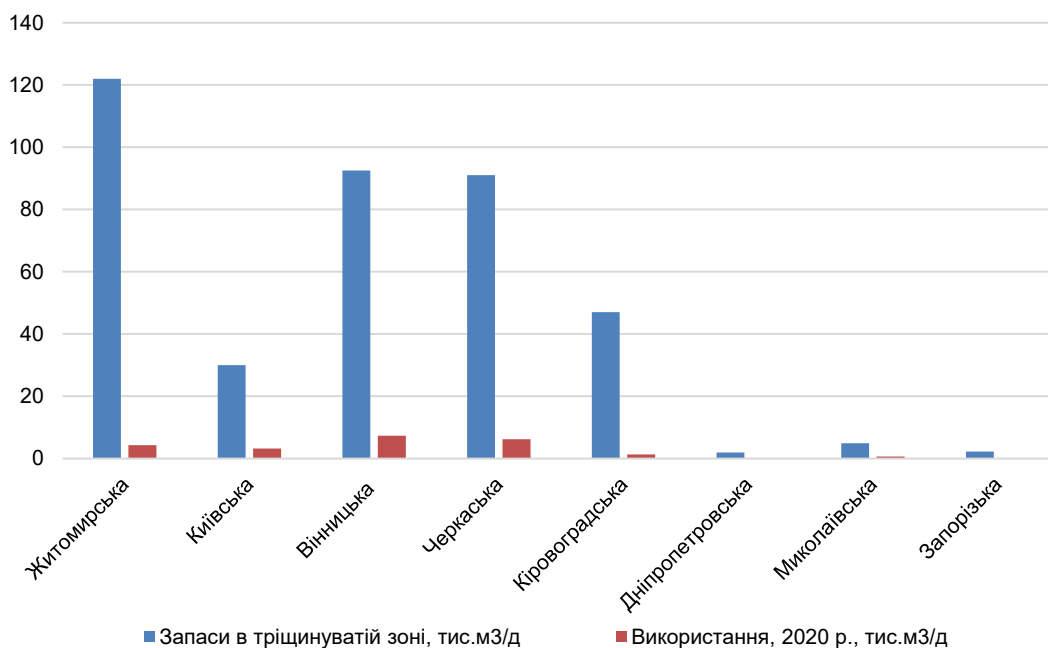


Рис. 1. Запаси та використання підземних вод водоносного горизонту у тріщинуватій зоні кристалічних порід

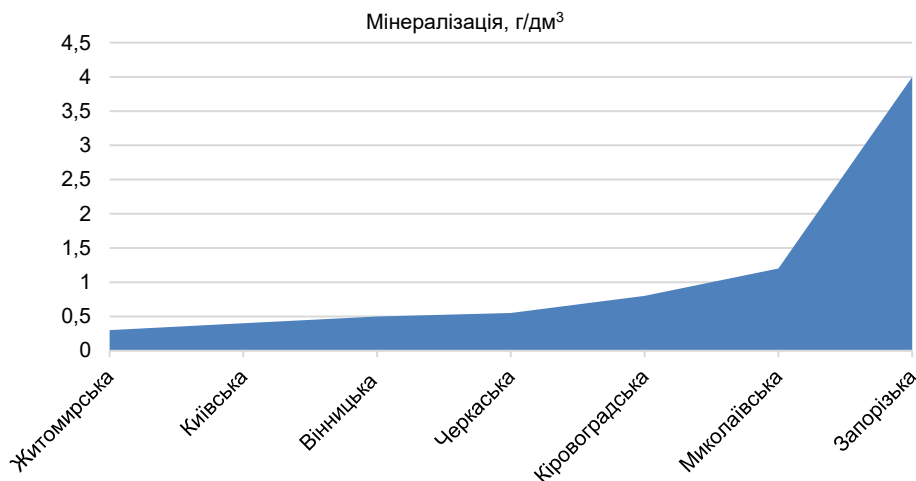


Рис. 2. Зміни мінералізації підземних вод водоносного горизонту у тріщинуватій зоні кристалічних порід

Водовмісними породами є граніти, мігматити і гнейси. Мінералізація підземних вод у кристалічних породах тут низька, переважно до 0,5 г/дм³, причому нижня межа коливань мінералізації по свердловинах нерідко становить 0,1 г/дм³. Найнижча мінералізація переважно фіксується у свердловинах, що розкривають водоносний горизонт на незначній глибині – до 10 м. Хімічний склад води здебільшого гідрокарбонатний магнієво-кальцієвий, рідше гідрокарбонатний кальцієвий. До речовин, вміст яких перевищує гранично допустимі концентрації у воді на окремих водозаборах, належать залізо, марганець, амоній, кремній та нафтопродукти (*Стан підземних вод, 2021*). На окремих ділянках у підземних водах відзначається підвищений вміст радону.

Упродовж 2020 р. з 32 ділянок, розвіданих на водоносний горизонт у тріщинуватій зоні кристалічних порід, видобуток проводився на 11, а із загальної суми запасів, приурочених саме до цього горизонту, було видобуто лише 3,5 %. Нечисленні дані щодо змін якісного стану підземних вод у процесі експлуатації водозаборів засвідчують, що ці зміни фіксувалися рідко і полягали в несуттєвому збільшенні мінералізації. Зважаючи на переважно добрий якісний стан підземних вод і незначну освоєність, перспективи нарощування видобутку підземних вод з тріщинуватої зони кристалічних порід у Житомирській області є дуже сприятливими. На **Київщині** водоносний горизонт у кристалічних породах експлуатується у південній частині області, його частка у загальних експлуатаційних запасах області незначна, вона становить менше 3 %, основна частина запасів міститься у гранулярних колекторах – відкладах четвертинного, палеогенового, крейдового та юрського віку. Водовмісними є граніти. Хімічний склад води гідрокарбонатний кальцієво-магнієвий, мінералізація переважно 0,3–0,5 г/дм³. До речовин, вміст яких перевищує гранично допустимі концентрації (*Стан підземних вод, 2021*), належать залізо та марганець. З-поміж 12 розвіданих ділянок видобуток у 2020 р. проводився на 7, обсяг видобутку становив 11 % від оцінених запасів родовищ, приурочених до досліджуваного водоносного горизонту. Води горизонту в кристалічних породах використовуються для водопостачання м. Сквир, Тараща і Тетіїв.

У межах **Вінницької області** водоносний горизонт у тріщинуватій зоні кристалічних порід має важливе значення – близько 60 % експлуатаційних запасів підземних вод області пов'язані саме з ним, решта – з водоносними

горизонтами у вапняках, пісках і пісковиках міоцену. Одночас через складну фільтраційну неоднорідність тріщинуватої зони кристалічних порід на значній частині Вінницької області запаси підземних вод не затверджені (*Лютый, Саніна, 2021*). Прогнозні ресурси підземних вод питної якості оцінені по Вінницькій області у кількості 885,5 тис. м³/д, а їхня розвіданість становить лише 16 %.

Водовмісними є граніти. Підземні води гідрокарбонатного магнієво-кальцієвого, рідше гідрокарбонатного кальцієвого і гідрокарбонатного кальцієво-магнієвого складу з мінералізацією 0,3–0,7 г/дм³. Подекуди у складі води збільшується вміст іонів натрію. У межах населених пунктів, особливо у м. Вінниці, відзначається збільшення мінералізації за рахунок іонів хлору, сульфатів і натрію внаслідок антропогенного впливу, однак показник мінералізації перевищує 1 г/дм³ лише в поодиноких випадках. У воді окремих водозаборів фіксуються забруднювальні речовини – нітрати і нафтопродукти, а також перевищення нормованого показника жорсткості.

Води горизонту в кристалічних породах використовуються для водопостачання міст Бершаді, Гайсина, Немирова, Липовця, Іллінців та ін. Нині близько половини розвіданих ділянок не експлуатуються, а загалом видобуток з горизонту становить лише 8 % запасів по області. Низка ділянок зі значними запасами (наприклад, ділянка Бузька поблизу Вінниці із запасами 13,9 тис. м³/д та у Гайсині із запасами 12,2 тис. м³/д) є незадіяними.

Слід зазначити, що джерелом централізованого водопостачання населення м. Вінниця є води р. Пд. Бугу, а підземні води тріщинуватої зони докембрійських порід використовуються для водопостачання промислових підприємств міста. І хоча через складні гідрогеологічні умови близько 40 % розвідувальних свердловин виявилися малодебітними і непридатними для видобутку, фахівці ДУ "Науково-інженерний центр радіогідрогеоекологічних полігонних досліджень НАН України" обґрунтували можливість водопостачання Вінниці виключно за рахунок підземних вод тріщинуватих кристалічних порід у разі виникнення надзвичайних ситуацій (*Шестопалов та ін., 2018*).

У цілому перспективи розв'язання проблем водопостачання населених пунктів області за рахунок підземних вод досить сприятливі, що, правда, це стосується не всієї території.

У **Черкаській області** частка водоносного горизонту у кристалічних породах в експлуатаційних запасах становить близько чверті. Водовмісні породи представлені

переважно мігматитами. Підземні води гідрокарбонатного кальцієво-магнієвого складу, на окремих водозаборах (с. Маньківка) – хлоридно-сульфатного магнієво-кальцієвого складу, мінералізація переважно 0,3–0,8 г/дм³, подекуди, на півдні області, до 1,3–1,5 г/дм³. Води горизонту використовуються для водопостачання міст Жашкова та Умані. У 2020 р. видобування проводилося на третині розвіданих ділянок, видобуток становив лише 7 % від затверджених запасів підземних вод, що належать до водоносного горизонту тріщинуватої зони кристалічних порід.

Кіровоградська область найменш забезпечена ресурсами підземних вод через те, що вона цілком розташована в межах ГОУЩ та в зоні нестійкого зволоження. Частка водоносного горизонту у тріщинуватих породах докембрію становить 21 % затверджених експлуатаційних запасів області, решта запасів приурочена до четвертинних і еоценових відкладів осадового чохла. Водовмісні кристалічні породи – граніти і гнейси. Макрокомпонентний склад вод тут є більш строкатим, нерідко двокомпонентним аніонним і трикомпонентним катіонним. У воді половини водозаборів серед катіонів провідну роль відіграє натрій, часто відзначається значний вміст сульфат-іонів. Мінералізація стає ще трохи вищою – переважно 0,4–0,9 г/дм³, нерідко перевищує 1 г/дм³. До речовин, вміст яких перевищує ГДК, належать аміак і пестициди.

Водоносний горизонт у кристалічних породах використовується для водопостачання смт Голованівськ та Завалля. З розвіданих на підземні води досліджуваного горизонту ділянок у 2020 р. видобування проводилося менш ніж на половині, обсяг видобутку становив менш як 3 % від затверджених запасів.

У **Дніпропетровській області** основні водоносні горизонти приурочені до четвертинних алювіальних та палеогенових відкладів, а роль водоносного горизонту в кристалічних породах незначна. До цього водоносного горизонту приурочено менше 0,3 % експлуатаційних запасів області. Єдине розвідане Ігреське родовище не експлуатується. Підземні води родовища приурочені до гранітів, за складом сульфатно-гідрокарбонатні натрієво-кальцієві з мінералізацією 0,5–0,72 г/дм³. На значній частині території області в межах ГОУЩ експлуатаційні запаси підземних вод не розвідувались і не затверджувались через слабку проникність і складну фільтраційну неоднорідність кристалічних порід (Лютій, Саніна, 2021).

На **Миколаївщині** водоносний горизонт у кристалічних породах розвинутий у північній частині області. Частка цього водоносного горизонту становить 5 % від затверджених експлуатаційних запасів області, основна частина запасів приурочена до четвертинних алювіальних відкладів міоценових вапняків та еоценових і верхньокрейдових пісків. Водовмісні кристалічні породи – гнейси. Запаси затверджені по двох ділянках. Одна свердловина використовується для водопостачання населення смт Криве Озеро, запаси становлять 3,9 тис. м³/д, хімічний склад води хлоридно-сульфатно-гідрокарбонатний кальцієво-магнієво-натрієвий, мінералізація 0,6–0,9 г/дм³. Друга ділянка розташована у Первомайському районі, вода використовується для потреб промислового підприємства. Запаси 0,969 тис. м³/д, вода гідрокарбонатно-сульфатна магнієво-кальцієва, мінералізація 0,61–1,52 г/дм³. Видобуток у 2020 р. сягав близько 13 % від затверджених запасів. Характерними забруднювальними речовинами підземних вод в області є типові для аграрних регіонів нітрати, нітрити та амоній (Стан підземних вод, 2021).

У межах ГОУЩ в **Запорізькій області** водоносний горизонт практично не вивчався і запаси не оцінювалися, очевидно, у зв'язку з низькою якістю підземних вод (Лютій, Саніна, 2012). Нині проблема господарського водопостачання у східній частині Запорізької області розв'язується за рахунок водоносних горизонтів у відкладах неогену, нижнього, середнього і верхнього палеогену та верхньої крейди. Водовмісними породами всіх горизонтів є різнозернисті та дрібнозернисті піски. Єдине Васинівське родовище, по якому оцінено запаси підземних вод у неогенових і протерозойських породах, містить підземні води у протерозойських гнейсах хлоридно-гідрокарбонатного кальцієво-магнієвого складу з мінералізацією 4,0–4,3 г/дм³.

На півдні **Донецької області** мінералізація підземних вод у докембрійських кристалічних породах становить переважно 3,0–5,0 г/дм³ подекуди сягаючи 8 г/дм³ і більше (Шестопалов, 2020; Камзіст, Шевченко, 2009).

Очевидно, з урахуванням широкого впровадження нових технологій очищення води, зокрема методом зворотного осмосу, підходи до освоєння ресурсів підземних вод у південних регіонах можуть бути переглянуті (Лютій, 2016).

Аналіз просторового поширення вод різного макрокомпонентного складу і мінералізації однозначно свідчить про пріоритетність природних чинників у їхньому формуванні. Водночас суттєвого впливу мінералогічного складу водовмісних кристалічних порід на формування макрокомпонентного складу підземних вод не виявлено. Натомість визначальним є кліматичний чинник, насамперед кількість опадів, оскільки території з підземними водами з мінералізацією понад 1 г/дм³ і зміною гідрокарбонатного складу на строкатий зі збільшенням ролі сульфатів і хлоридів, впевнено відзначаються за зміни агрокліматичної зони недостатнього зволоження на помірно посушливу або південніше ізогієти 550 мм/рік. Із кліматичним чинником прямо пов'язана зміна Лісостепової зони з переважанням сірих лісових ґрунтів на Степову з панівними чорноземами. На цих же широтах відбувається зміна перших від поверхні безнапірних водоносних горизонтів в алювіальних і флювіогляціальних четвертинних відкладах на водоносні горизонти в еолово-делювіальних відкладах такого ж віку. Все це підтверджує підпорядкування хімічного складу вод у кристалічних породах природній географічній гідрохімічній зональності та їхній тісний зв'язок з поверхневими і ґрунтовими водами (рис. 3).

За даними ДНВП "Геоінформ", у водах тріщинуватої зони кристалічних порід докембрію відзначається низка речовин, вміст яких перевищує нормативні показники, встановлені ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною". Ці елементи і сполуки мають як природне, так і антропогенне походження.

Часто елементи і сполуки природного походження мають значне поширення і потужні природні джерела надходження, тому поліпшення якості вод можливе лише шляхом застосування відповідної водопідготовки. До речовин природного походження належать залізо та марганець, які містять збагачені на органічні речовини ґрунтові води гумідної зони. Власне, недостатня захищеність водоносного горизонту кристалічних порід у Поліській зоні (особливо в межах суббасейну Прип'яті) і гідравлічний зв'язок із залеглими вище за розрізом ґрунтовими водами зумовили площинний характер поширення вод із понаднормовим вмістом заліза та марганцю.

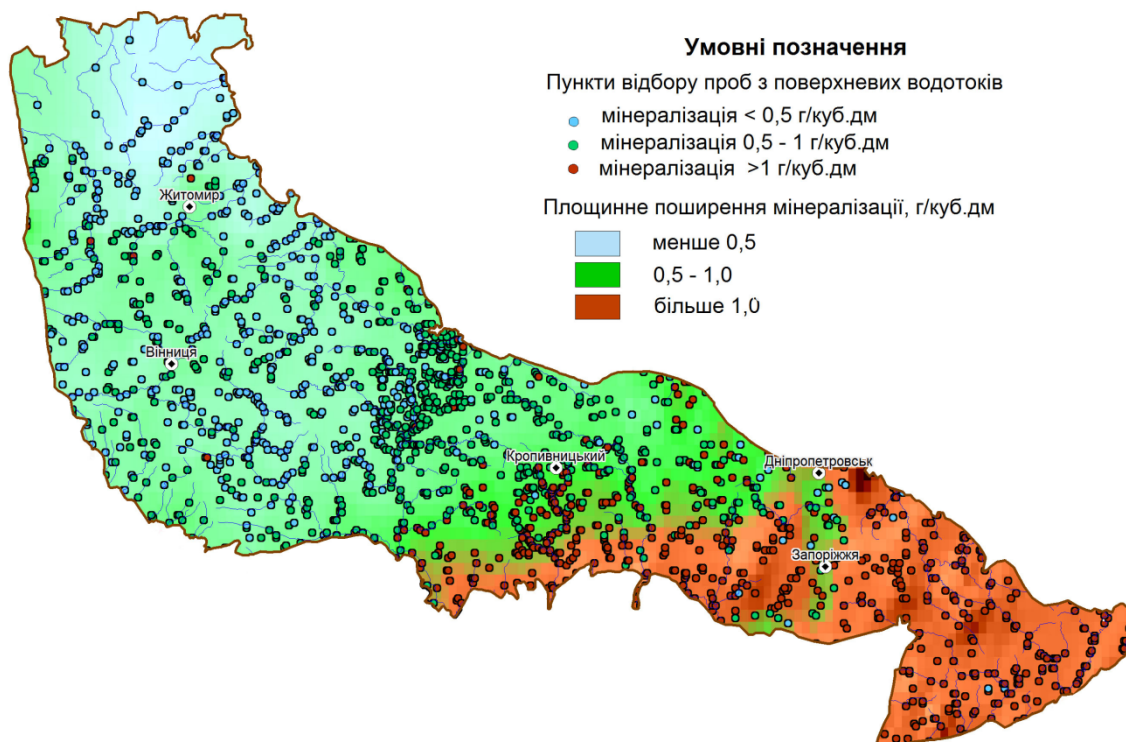


Рис. 3. Мінералізація поверхневих вод на території ГОУШ

Характерним для підземних вод у кристалічних породах є підвищений вміст радону, який залежить від складу і тріщинуватості порід, тому його слід обов'язково контролювати на відповідність Нормам радіаційної безпеки України (НРБУ-97, п.8.6.4). З іншого боку, до водоносного горизонту у зоні тріщинуватості приурочено низку родовищ радонових мінеральних вод. Ці родовища розташовані у Вінницькій, Житомирській, Київській, Рівненській, Хмельницькій, Кіровоградській та Дніпропетровській областях. Нині загалом на балансі перебуває 29 ділянок, 6 з яких не експлуатуються. Видобуток радонових вод сьогодні не перевищує 5–10% від затверджених запасів. Перспективи виявлення нових родовищ і нарощування видобутку радонових мінеральних вод на існуючих родовищах дуже великі.

Природне походження також і понаднормового вмісту кремнію, що надходить у воду внаслідок вивітрювання силікатів. У цьому контексті слід зауважити, що чинний норматив вмісту кремнію в ДСанПІН 2.2.4-171-10 – 10 мг/дм³ давно є дискусійним, формально перенесеним з колишніх радянських документів і таким, що не має достатнього експериментального обґрунтування (Мокиєнко, 2020). Кремній є нетоксичним, він не накопичується в організмі людини. Зрештою, кремній не нормується в європейських документах, очевидно, скасування цього нормативу є питанням часу.

Щодо підвищеного вмісту амонію, то він у підземних водах може мати як антропогенне, так і природне походження. Підвищений вміст амонію в підземних водах у кристалічних породах на території Житомирщини і Київщини найчастіше зумовлений наявністю серед перекирваних порід прошарків, збагачених органічною речовиною (торф, болотні та озерні відклади), яка зазнає розкладу в анаеробних умовах, у результаті чого іони амонію збагачують підземні води. У південних регіонах амоній найчастіше має антропогенне походження і пов'язаний із внесенням органічних і азотних добрив у межах агроландшафтів.

На територіях як північних, так і південних областей відзначаються випадки забруднення підземних вод у тріщинуватій зоні кристалічних порід нітратами і пестицидами. Оскільки ґрунтові води в межах агроландшафтів забруднені нітратами повсюдно, то, зважаючи на їхній тісний зв'язок з підземними водами досліджуваного горизонту, це забруднення викликає особливе занепокоєння.

Висновки. Як кількісний, так і якісний стан підземних вод досліджуваного водоносного горизонту за площею його поширення є вкрай нерівномірним, і якщо кількість залежить від наявності зон тріщинуватості і обводненості території, віддаленості від поверхневих водних об'єктів, то якість залежить передусім від якості поверхневих і ґрунтових вод, яка, у свою чергу, визначається насамперед обсягами інфільтраційного живлення.

Макрокомпонентний склад вод у тріщинуватій зоні кристалічних порід підпорядковується субширотній зональності, що проявляється в закономірному збільшенні мінералізації підземних вод горизонту з 0,1–0,5 г/дм³ на північному заході до понад 4 г/дм³ на південному сході, що узгоджується з якісним станом ґрунтових і поверхневих вод (рис. 3). У цьому ж напрямку змінюється хімічний склад води з гідрокарбонатного кальцієвого до строкатого, із провідною роллю іонів хлору, сульфатів і натрію. Перевищення нормованого показника мінералізації 1 г/дм³ і зміна аніонного гідрокарбонатного складу на строкатий спостерігається за зміни агрокліматичної зони недостатнього зволоження на помірно посушливу.

Тісний зв'язок підземних вод у кристалічних породах із ґрунтовими і поверхневими водами, що зумовлює зональність, спричиняє і потрапляння забруднювальних речовин у води в кристалічних породах з поверхні, особливо у місцях відсутності водотривів.

Нерівномірний характер тріщинуватості, локальний характер тріщинуватих зон обмежує поширення забруднювальних речовин за площею. Тому значне площинне поширення у водах зони тріщинуватості властиве лише тим компонентам, які мають природне походження і

регіональний характер розповсюдження у суміжних компонентах ГС і доквілля, або ж зумовлене впливом дифузних джерел забруднення з поверхні. Перше стосується підвищеного вмісту заліза і марганцю у підземних водах Полісся, а друге – забруднення нітратами на територіях агроландшафтів.

Уразливість підземних вод у кристалічних породах до забруднення зумовлює необхідність вивчення якості підземних вод кристалічних порід у моніторинговому режимі з обов'язковим дослідженням вмісту елементів і сполук, властивих поверхневою забрудненню.

Незважаючи на вкрай нерівномірне поширення і строкатий хімічний склад, у більшості розглянутих областей існують перспективи значного збільшення видобутку підземних вод з водоносного горизонту у тріщинуватій зоні кристалічних порід. Обсяг видобутку з експлуатаційних запасів підземних вод у тріщинуватій зоні кристалічних порід архео-протерозою у 2020 р. в межах північних і центральних областей становив лише 3–11 %.

Щодо південних областей, де розвіданість підземних вод у кристалічних породах є низькою через недостатню кількість і незадовільну якість води, перспективи їхнього видобування слід оцінювати в кожному окремому випадку з урахуванням існуючих альтернативних джерел як поверхневих вод, так і водоносних горизонтів осадового чохла. Зважаючи на нинішню ситуацію, очевидно, слід коригувати підходи щодо освоєння підземних вод і розглядати перспективи використання всіх можливих джерел водопостачання, у тому числі максимально наближених до споживача водозаборів підземних вод з незначними запасами і високою мінералізацією води, з урахуванням можливостей сучасних технологій очищення води і доведення її якості до вимог ДСанПіН 2.2.4-171-10.

Список використаних джерел

- Бабинцев, А.Е., Боровский, Б.В., Шестопапов, В.М. (1979). Формирование эксплуатационных ресурсов подземных вод платформенных структур Украины. Киев: Наук. думка, 216 с.
- Гошовський, С., Саніна, І., Люта, Н. (2018). Ідентифікація і розмежування масивів підземних вод у басейні річки Дніпро, Україна. Київ, 114 с.
- Державний баланс корисних копалин України. Питні підземні води. (2017). ДНВП "Геоінформ України".
- Державний баланс корисних копалин України. Питні підземні води. (2021). ДНВП "Геоінформ України".
- Камзіст, Ж.С., Шевченко, О.Л. (2009). Гідрогеологія України. Київ: ІНКОС, 614 с.
- Лютій, Г.Г. (2016). Картографічне оцінювання змін якості підземних вод у часі. *Збірник наукових праць УкрДГРІ*, 1, 65–71.

Лютій, Г.Г., Саніна, І.В. (2021). Розроблення та наукове обґрунтування системи моніторингу експлуатаційних запасів підземних питних вод державного рівня. *Звіт УкрДГРІ*. Київ.

Лютій, Г.Г., Саніна, І.В., Люта, Н.Г. (2016). Методичні засади підвищення результативності буріння експлуатаційних свердловин на воду в складних умовах Українського щита. *Мінеральні ресурси України*, 1, 16–22.

Мокиєнко, А.В. (2020). Кремний в воде. Гигиенические и медико-биологические аспекты. Одесса: Фенікс, 206 с.

Петренко, Л.И. (2018). Возможности искусственного пополнения подземных вод кристаллических пород для водоснабжения. *Геологический журнал*, 2 (363), 23–32.

Руденко, Ф.А., Попов, О.Е. (1975). Гідрогеологія. Київ.

Стан підземних вод. (2021). Щорічник. Київ: Державна служба геології та надр України, ДНВП "Державний інформаційний геологічний фонд України", 124 с.

Шестопапов, В.М., Стеценко, Б.Д., Руденко, Ю.Ф. (2018). Підземні води тріщинуватих кристалічних порід, як резервне джерело питного водозабезпечення Вінниці (Україна). *Геологічний журнал*, 1 (362), 5–16. doi:10.30836/igs.1025-6814.2018.1.126414

Шестопапов, В.М., Стеценко, Б.Д., Руденко, Ю.Ф. (2020). Проблеми питного водозабезпечення Маріуполя і пропозиції щодо їх вирішення за рахунок підземних вод. *Геологічний журнал*, 1, 3–16.

References

- Babinets A.E., Borevsky B.V., Shestopalov, V.M. (1979). Formation of operational resources of groundwater of platform structures of Ukraine. Kyiv: Nauk. dumka, 216 p. [in Russian]
- Goshovsky, S., Sanina, I., Lyuta, N. (2018). Identification and delineation of groundwater arrays in the Dnieper River basin, Ukraine. Kyiv, 114 p. [in Ukrainian]
- Kamzist, J.S., Shevchenko, O.L. (2009). Hydrogeology of Ukraine. Kyiv: INKOS, 614 p. [in Ukrainian]
- Lyutyi, G.G., Sanina, I.V. (2021). Development and scientific substantiation of drinking groundwater operational reserves monitoring system of the state level. *Report UkrSRI*. Kyiv. [in Ukrainian]
- Lyutyi, G.G., Sanina, I.V., Lyuta, N.G. (2016). Methodical bases of raising the efficiency of water wells drilling in difficult conditions of the Ukrainian shield. *Mineral resources of Ukraine*, 1, 16–22. [in Ukrainian]
- Lyutyi, G.G. (2016). The cartographic assessment of temporal changes of groundwater quality. *Zbiryk naukovykh prats UkrDHR*, 1, 65–71. [in Ukrainian]
- Mokienko, A.V. (2020). Silicon in the water. Hygienic and medico-biological nuances. Odessa: Phoenix, 206 p. [in Russian]
- Petrenko, L.I. (2018). Possibilities of artificial groundwater recharge of crystalline rocks for water supply. *Geological Journal*, 2(363), 23–32. [in Ukrainian]
- Rudenko, F.A., Popov, O.E. (1975). Hydrogeology. Kyiv. [in Ukrainian]
- Shestopalov, V.M., Stetsenko, B.D., Rudenko, Y.F. (2018). Underground waters of fractured crystalline rocks as a reserve source of drinking water supply of Vinnitsa (Ukraine). *Geological Journal*, 1 (362), 5–16. doi:10.30836/igs.1025-6814.2018.1.126414 [in Ukrainian]
- Shestopalov, V.M., Stetsenko, B.D., Rudenko, Y.F. (2020). Problems of drinking water supply of Mariupol and proposals for their solution at the expense of groundwater. *Geological journal*, 1, 3–16. [in Ukrainian]
- State Balance of Mineral Resources of Ukraine. Drinking groundwater. (2017). SNPP Geoinform of Ukraine. [in Ukrainian]
- State balance of minerals of Ukraine. Drinking groundwater. (2021). SNPP "Geoinform of Ukraine". [in Ukrainian]
- The State of Groundwater. (2021). Yearbook. Kyiv: State Service of Geology and Mineral Resources of Ukraine, State Geological Information Fund of Ukraine, 124 p. [in Ukrainian]

Надійшла до редколегії 24.10.22

N. Lyuta, PhD (Geol.)
e-mail: nlyuta@ukr.net
Taras Shevchenko National University of Kyiv,
Institute of Geology, 90 Vasylyvska Str., Kyiv, 03022, Ukraine

STATE AND PROSPECTS OF GROUNDWATER USE IN THE AQUIFER OF THE FRACTURED ZONE OF CRYSTALLINE ROCKS

As a result of the aggression of the neighboring state, the problem of providing the population of Ukraine with drinking water from different sources became more acute. Groundwater in this sense compared to surface water has a number of advantages, especially protection from pollution and proximity to the consumer. It is necessary to diversify the sources of water supply to the population, to use all principle aquifers containing water of drinking quality. However, groundwater resources are distributed very unevenly over the territory of Ukraine – most of them are concentrated in the northern and western regions, while resources in the southern regions are limited. In addition, the main aquifers of the territory of Ukraine are characterized by a complex chemical composition, determined by natural and anthropogenic factors. A large part of Ukraine is occupied by the Ukrainian shield, the natural conditions of which do not contribute to the formation of significant groundwater resources. The aim of the study is to analyze the qualitative state of groundwater aquifer in the fractured zone of the Archean-Proterozoic crystalline rocks. For this purpose, information on the use and groundwater quality composition of the studied aquifer was collected and analyzed. As a result, patterns of spatial distribution of macro-components in groundwater aquifer in the fractured zone of crystalline rocks were found. These regularities are recommended to take into account in the process of groundwater monitoring and its economic and drinking use. Despite the extremely uneven distribution of groundwater in the fractured zone of crystalline rocks, in most areas there are prospects for a significant increase in groundwater production from this aquifer.

Keywords: Hydrogeological area of the Ukrainian Shield, fractured zone, aquifers, groundwater extraction, groundwater status, salinity.