

ОСОБЛИВОСТІ ЗМІН ЯКОСТІ ПІДЗЕМНИХ ВОД У ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВОДОЗАБОРІВ НА ТЕРИТОРІЇ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Н.Г. Люта¹, Г.Г. Лютий², С.М. Приходько³

(Рекомендовано акад. НАН України В.М. Шестопаловим)

¹ Український державний геологорозвідувальний інститут, Київ, Україна,
E-mail: nlyuta@ukr.net

Кандидат геолого-мінералогічних наук, завідувач відділу гідрогеологічних та еколого-геологічних досліджень.

² Український державний геологорозвідувальний інститут, Київ, Україна,
E-mail: ekogeol@ukr.net

Кандидат геолого-мінералогічних наук, провідний науковий співробітник.

³ Український державний геологорозвідувальний інститут, Київ, Україна,
E-mail: ekogeol@ukr.net

Провідний інженер-гідрогеолог.

Розглянуті питання зміни показників якісного складу (мінералізації та вмісту сульфатів) підземних вод водозаборів Львівській області в процесі експлуатації. Встановлено, що ці зміни мають істотно різний характер залежно від літологічного складу водовмісних і вищезалежних порід. Основною причиною погіршення якості підземних вод при експлуатації водозаборів є геохімічні зміни в зоні аерації, яка зазнає техногенного впливу, зокрема процес сірчаноокислого вилугування. Найбільш уразливі в результаті цих змін підземні води, приурочені до вапняків і мергелів, які вирізняються високим природним вмістом сірки та активніше піддаються природним факторам вилугування.

Ключові слова: підземні води, мергелі, вапняки, мінералізація, сульфати, геохімічні зміни.

FEATURES OF GROUNDWATER QUALITY CHANGES DURING OPERATION OF WATER INTAKES IN THE LVIV REGION

N.G. Lyuta¹, G.G. Lyutyj², S.M. Prykhodko³

(Recommended by academician of NAS of Ukraine V.M. Shestopalov)

¹ Ukrainian State Geological Research Institute, Kyiv, Ukraine, E-mail: nlyuta@ukr.net

Candidate of geological-mineralogical sciences, Head of the geological and ecogeological research department.

² Ukrainian State Geological Research Institute, Kyiv, Ukraine, E-mail: ekogeol@ukr.net

Candidate of geological-mineralogical sciences, Leading Researcher.

³ Ukrainian State Geological Research Institute, Kyiv, Ukraine, E-mail: ekogeol@ukr.net

Senior Engineer-Hydrogeologist.

The article discusses changes in the indices of qualitative composition (mineralization and sulphates) of groundwater intakes within Lviv region during exploitation. It has been established that these changes have significantly different character depending on lithology of water-bearing and above lying rocks. The main reasons for the deterioration of groundwater quality in the operation of water intake are geochemical changes in technogenic aeration zone, in particular sulfuric acid leaching process. As a result of these changes groundwaters in limestone and marl, which are of high natural sulfur content, and increasingly exposed to natural leaching factors, are the most vulnerable.

Key words: groundwater, marls, limestones, mineralization, sulphates, geochemical changes.

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОЗАБОРОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЛЬВОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.Г. Лютая¹, Г.Г. Лютый², С.Н. Приходько³

(Рекомендовано акад. НАН Украины В.М. Шестопаловым)

¹ Украинский государственный геологоразведочный институт, Киев, Украина,
E-mail: nlyuta@ukr.net

Кандидат геолого-минералогических наук, заведующий отделом гидрогеологических и эколого-геологических исследований.

² Украинский государственный геологоразведочный институт, Киев, Украина,
E-mail: ekogeol@ukr.net

Кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник.

³ Украинский государственный геологоразведочный институт, Киев, Украина,
E-mail: ekogeol@ukr.net

Ведущий инженер-гидрогеолог.

Рассмотрены вопросы изменения показателей качественного состава (минерализации и содержания сульфатов) подземных вод водозаборов Львовской области в процессе эксплуатации. Установлено, что эти изменения имеют существенно различный характер в зависимости от литологического состава водовмещающих и вышележающих пород. Основной причиной ухудшения качества подземных вод при эксплуатации водозаборов являются геохимические изменения в зоне аэрации, подвергающейся техногенному воздействию, в частности процесс сернокислого выщелачивания. Наиболее уязвимы в результате этих изменений подземные воды, приуроченные к известнякам и мергелям, которые отличаются высоким природным содержанием серы и активнее подвергаются естественным факторам выщелачивания.

Ключевые слова: подземные воды, мергели, известняки, минерализация, сульфаты, геохимические изменения.

Нині в Україні видобувається близько 15% розвіданих експлуатаційних запасів підземних вод, а їхня частка у господарсько-питному водопостачанні населення становить менше 25%. Тому є необхідність і реальні перспективи суттєвого збільшення видобутку підземних вод, що сприятиме оздоровленню народу України, а також забезпечить реалізацію державної політики у сфері питної води, основними принципами якої є дотримання оптимального балансу використання поверхневих і підземних вод для питного водопостачання та наближення державних стандартів на питну воду до відповідних стандартів Європейського Союзу.

Згідно з Водною Рамковою директивою ЄС, для підземних вод, крім вимог доброго стану, повинна бути визначена будь-яка значна та відтворювана тенденція підвищення концентрації будь-якого агента забруднення та повернена в бік її зменшення.

В Україні ж, у той час як значна кількість розвіданих родовищ не використовується, деякі з них стали непридатними для експлуатації внаслідок дії природних і техногенних чинників. Тому одним з найважливіших завдань гідрогеологічних досліджень є вивчення змін якості підземних вод у процесі експлуатації водозаборів. Цим питанням упродовж останніх років були присвячені роботи деяких дослідників в Україні та сусідніх країнах, і більшість з них пов'язували погіршення якості води переважно з забрудненням, що надходить від техногенних джерел [Вартанян і др., 1997; Васнева, 2013; Кошлякова, 2011].

Автори поставили за мету встановити особливості змін якості підземних вод у процесі експлуатації водозаборів на території Львівської області, яка відзначається досить різноманітними природно-техногенними умовами і має важливе значення як

приграничний регіон у розвитку процесів міждержавної та європейської інтеграції.

Львівська область характеризується сприятливими природними умовами формування підземних вод – помірно-континентальний клімат, значна кількість опадів (середня 760 мм на рік), розвинута річкова мережа. Її територія належить до зони надлишкового зволоження з неглибоким природним заляганням рівнів ґрунтових вод і незначними амплітудами їхніх коливань, що обумовлює формування ресурсів підземних вод внаслідок інфільтрації атмосферних опадів. На значній її частині переважають процеси кислотного вилугування, і визначальним є наявність органічних речовин рослинного походження, які в результаті взаємодії з киснем атмосферного повітря утворюють вуглекислоту. Наявність агресивної вуглекислоти слугує потужним активатором процесів вилугування, що обумовлює формування здебільшого гідрокарбонатних підземних вод.

Гідрогеологічні умови Львівської області строкаті, оскільки вона розташована як у межах Волино-Подільського артезіанського басейну, так і Гідрогеологічної провінції складчастої області Українських Карпат. Основні водоносні горизонти приурочені головним чином до неогенових, верхньокрейдових і четвертинних відкладів різного літологічного складу.

Високий рівень розвитку промисловості і сільського господарства обумовлює відчутний техногенний вплив на довкілля області. У структурі промислового виробництва переважають харчова, паливна промисловості, машинобудування і металообробка, електроенергетика. До екологічно небезпечних об'єктів належать видобувні підприємства, підприємства з переробки мінеральної сировини, хімічної промисловості, магістральні нафтопродуктопроводи. Населення області становить понад 2,5 млн чоловік, з яких 61% мешкає у містах. Високий рівень розвитку промисловості та значна кількість населення обумовлює досить високі показники водоспоживання – водовідбір з балансових експлуатаційних запасів становить 0,127 тис. м³/добу на 1 людину і 15,301 тис. м³/добу на 1 км², що перевищує аналогічні показники по сусідній Волинській області удвічі і вчетверо, відповідно.

Вихідними даними для підготовки статті є матеріали «Державного балансу корисних копалин України. Питні підземні води» [Державний..., 2013] і створена в УкрДГРІ база даних геологічної, гідрогеологічної й еколого-геологічної інформації. Дослідження виконувалися шляхом системного аналізу різних даних, що характеризують природні умови досліджуваної території і техногенні чинники, які можуть негативно впливати на стан підземних вод.

На 01.01.2013 р. у межах області розвідано та взято на облік балансові експлуатаційні запаси підземних питних і технічних вод, затверджені ДКЗ СРСР, УТКЗ і ДКЗ України по 81 ділянці у кількості 1256,742 тис. м³/добу за сумою категорій А+В+С₁ та 47,30 тис. м³/добу – за категорією С₂. У 2012 р. розроблялось 49 ділянок, водовідбір з яких сягав 333,571 тис. м³/добу, з них 94% використано на господарсько-питне водопостачання.

В межах Волино-Подільського артезіанського басейну основні водоносні горизонти приурочені переважно до мергелів (водоносний горизонт у тріщинуватій зоні відкладів верхньої крейди K_2), а також до вапняків і пісковиків (водоносний горизонт у відкладах опільської світи нижнього неогену N_{Iop}), у межах Гідрогеологічної провінції складчастої області Українських Карпат – до четвертинних гравійно-галькових відкладів. З 81 розвіданої ділянки родовищ підземних вод у Львівській області на 44 ділянках вони пов'язані з товщею нерозчленованих відкладів верхньої крейди. На значній частині території цей водоносний горизонт є основним і першим від поверхні.

Зіставивши дані про початкову та поточну мінералізацію води, автори встановили, що на 60% із 40 розглянутих водозаборів підземних вод Львівської області після введення в експлуатацію спостерігалось погіршення якості підземних вод, причому ця тенденція виявлялася по-різному. Здебільшого погіршення було несуттєвим, і після тимчасового збільшення вміст компонентів, які нормуються державними санітарними правилами і нормами ДСанПІН 2.2.4-171-10, стабілізувався. В інших випадках вміст окремих компонентів продовжує зростати і вже досяг рівнів, що наближаються до встановлених допустимих норм.

Для більшості обстежених водозаборів характерне зростання мінералізації, обумовлене збільшенням вмісту сульфатів. Традиційно погіршення якості підземних вод за рахунок сульфатів пояснюється надходженням забруднень від техногенних джерел, передусім впливом шахтних вод і промислових стоків виробництв, де застосовується сірчана кислота, а також стічних вод комунального та сільського господарств. Однак аналіз просторового розміщення водозаборів та його зіставлення з картографічною інформацією про техногенне навантаження засвідчили, що лише третина водозаборів, у воді яких зафіксовано підвищення мінералізації, знаходяться в межах можливого впливу техногенних об'єктів.

В той же час з'ясувалося, що характер і темп змін якісного складу підземних вод значною мірою визначаються суто природними умовами. Так, підвищення мінералізації води на водозаборах, приурочених до четвертинних алювіальних гравійно-галькових відкладів, спостерігається дуже рідко. Навпаки, на більшості таких водозаборів протягом періоду експлуатації (один з них, на ділянці Угерська-1, споруджений ще наприкінці 40-х років минулого сторіччя) відмічалось зменшення мінералізації на 10-20%, очевидно, внаслідок промивання зони, де формуються ресурси підземних вод (рис. 1).

Щодо водозаборів, де водовмісні породи представлені пісковиками, то здебільшого, незалежно від часу введення водозаборів в експлуатацію (від 60-х до 90-х років минулого сторіччя), мінералізація води характеризується відносною стабільністю.

У тих поодиноких випадках, коли на водозаборах, де водовмісними є гравійно-галькові відклади та пісковики, все ж відмічається збільшення мінералізації води, його можна більш-менш імовірно пов'язати з впливом техногенних об'єктів, як, наприклад, на Керницькій ділянці Верещицького родовища (наявність в с. Керниця підприємства будиндустрії).

Зовсім інша картина спостерігається на водозаборах, де водоносні горизонти приурочені до вапняків і мергелів. У воді більшості водозаборів, де водоносний горизонт міститься у вапняках ранньонеогенового

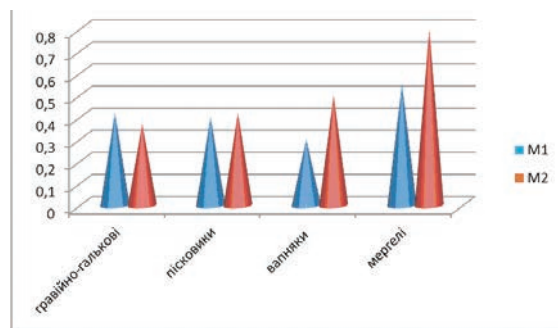


Рис. 1. Середні початкова та поточна (на 2013 р.) мінералізації води водозаборів, де водоносні горизонти приурочені до різних порід, г/дм³: M1 – початкова мінералізація (на початок експлуатації водозабору), M2 – мінералізація (станом на 2013 р.)

Fig. 1. Average initial and current (2013) mineralization of water intakes where aquifers are confined to different rocks, g/dm³: M1 – Primary mineralization (at the beginning of operation of the water intake), M2 – mineralization (as of 2013)

віку, відбулося підвищення мінералізації, подекуди навіть удвічі. Така ж сама тенденція зафіксована для водозаборів, де водовмісними породами є верхньокрейдові мергелі, хоча у відсотковому співвідношенні тут зростання мінералізації менш інтенсивне.

Отже, аналіз наявних даних дозволив встановити, що для більшості водозаборів саме літологічний склад порід, до яких приурочені підземні води, є визначальним чинником, що обумовлює зміни мінералізації підземних вод у процесі експлуатації. Слід зауважити, що здебільшого зростання мінералізації води у мергельних і вапнякових колекторах наразі не призвело до перевищення чинних нормативів – мінералізація, сягнувши показників 0,7-0,8 г/дм³, стабілізувалася на цьому рівні впродовж останніх років, і лише в окремих випадках вона наблизилася до нормованих показників і становила 0,9-1,0 г/дм³.

Однак зафіксоване поширене більш-менш інтенсивне збільшення мінералізації та вмісту сульфатів у підземних водах поза зоною впливу техногенних об'єктів спонукало шукати природні причини таких змін. Відомо, що в природі сульфати можуть надходити у підземні води внаслідок розчинення гіпсоносних осадових порід, окислення сульфідів і самородної сірки. Тому не можна не відзначити, що частина водозабо-

рів розміщена поблизу Прикарпатського сірконосного басейну, що простягається від Яворова на південний схід уздовж Дністра.

Саме в цій зоні зафіксовано підвищення мінералізації та вмісту сульфатів у воді трьох водозаборів, пов'язаних з неогеновими

вапняками опільської світи (рис. 2). Так, на одному з них (ділянка Будзенська Північна Верещицького родовища) за період 1960-2013 рр. мінералізація сягнула $0,7 \text{ г/дм}^3$, збільшившись удвічі. Навіть враховуючи, що сірчане зруденіння, як і прояви гіпсу –

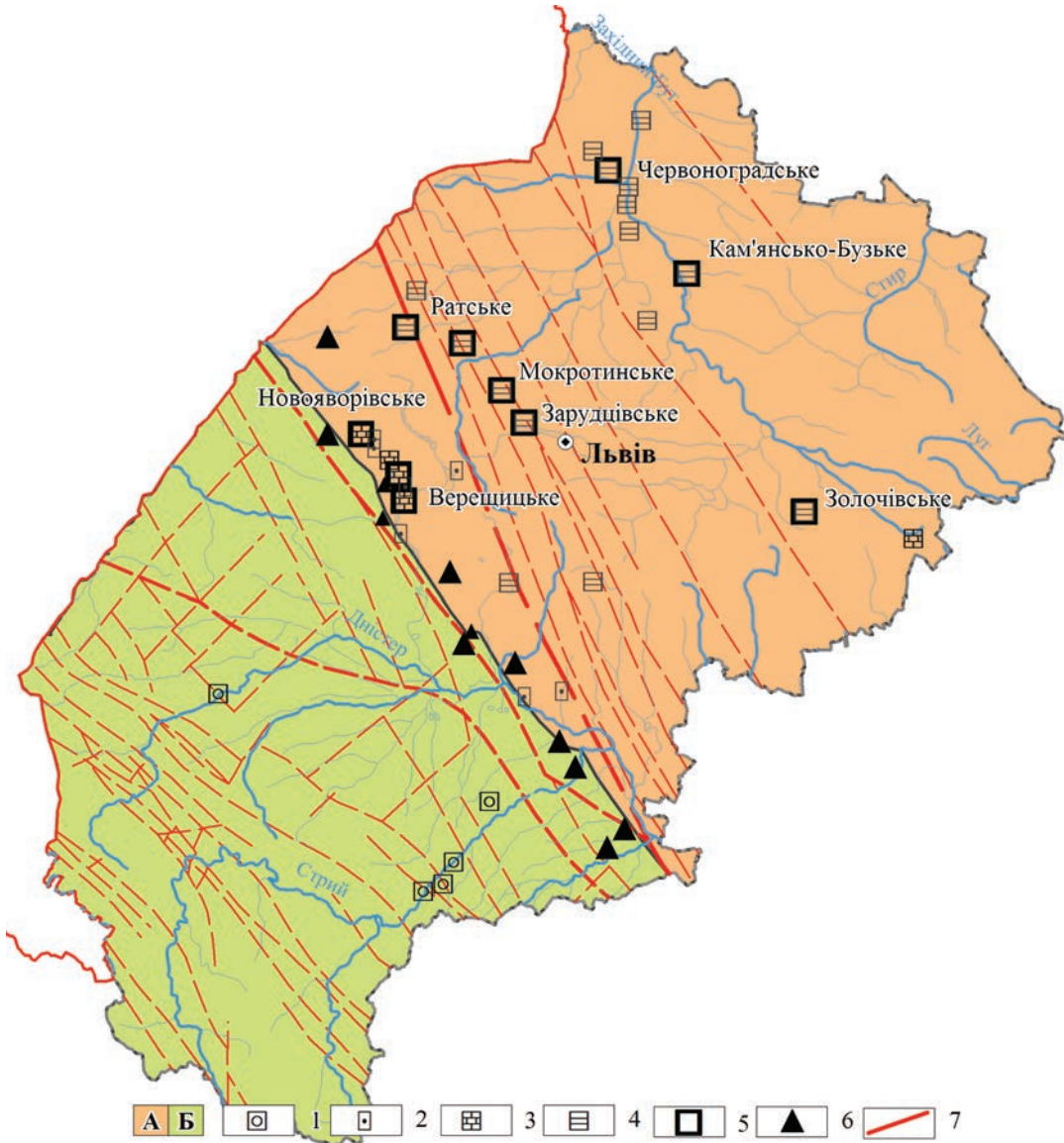


Рис. 2. Розміщення водозаборів на території Львівської області

Гідрогеологічне районування: А – Волино-Подільський артезіанський басейн, Б – Гідрогеологічна провінція складчастої області Українських Карпат; водозабори, де водовмісними є: 1 – гравійно-галькові відклади, 2 – пісковики, 3 – вапняки, 4 – мергелі; 5 – водозабори, на яких зафіксовано двократне збільшення мінералізації води (назви родовищ); 6 – родовища сірки; 7 – тектонічні порушення

Fig. 2. Accommodation of water intakes in the Lviv region

Hydrogeological zoning: А – Volyn-Podilsky Artesian Basin, В – Hydrogeological Province of the Ukrainian Carpathians folded region; intakes where the water-bearing are as follows: 1 – gravel-pebbles, 2 – sandstones, 3 – limestone, 4 – marl; 5 – intakes where there was a twofold increase of water mineralization (field names); 6 – sulfur deposits; 7 – tectonic faults

потенційні джерела надходження сульфатів у підземні води – пов’язані з відкладами більш молодшої тираської світи неогену, що впевнено фіксується дещо на захід від розміщення згаданих водозаборів, не можна виключати наявності окремих збагачених на сірку прошарків в області живлення водоносного горизонту та їхнього впливу на зміни хімічного складу підземних вод.

Водночас збільшення вмісту сульфатів у підземних водах спостерігається і на водозаборах, значно віддалених від зони Прикарпатського сірконосного басейну, де природні аномалії сірки невідомі. Тому слід згадати, що середній вміст сірки в гірських породах становить [Інструкція..., 1983]: у пісковиках – 0,02 ваг. %; у карбонатних породах (вапняках) – 0,12 ваг. %; у глинах – 0,42 ваг. %; відповідно у мергелях – до 0,32 ваг. %. Порівняно з пісковиками вапняки містять у 6, а мергелі – в 16 разів більше сірки, що може певною мірою пояснювати зміни хімічного складу підземних вод у відповідних колекторах у процесі експлуатації. Дані про мінеральний склад мергелів знаходимо в результатах технологічних досліджень [Якимечко, Панчук, 2013], з яких випливає, що мергельно-крейдиана товща містить окремі зерна піриту.

Збільшення вмісту сульфатів у підземних водах, обумовлене окисленням піриту, вивчалось на Середньому Уралі [Фельдман, 2002], природні умови якого багато в чому схожі з умовами західних областей України. Там поширені карбонатні утворення верхньої крейди, і клімат відмічається переважанням обсягів атмосферних опадів над випаровуванням. Під час експлуатації водозаборів підземних вод у карбонатних мезозойських породах відмічалось поступове збільшення концентрації сульфат-іону (від 10-20 до 100-300 мг/дм³) і мінералізації (від 0,2 до 0,7-0,9 г/дм³). Виникнення депресійної лійки, де гірські породи, що містять розсіяні сульфідні, були осушені і зазнали впливу атмосферного повітря, спричинило активізацію процесів окислення піриту і сірчаноокислого вилуговування. Після зниження рівня підземних вод відновні умови змінилися на окислювальні, що призвело до окислення сульфідних мінералів, утворених у період осадконакопичення. При їхній взає-

модії із карбонатами кальцію відбулася нейтралізація кислотності і надходження до розчину іонів кальцію та магнію, що обумовило зростання мінералізації води.

Дослідники, що вивчали окислення піриту, зазначали, що наявність у покривних відкладах карбонатної складової забезпечує нейтральну реакцію середовища. В такому середовищі пірит окислюється виключно киснем, оскільки концентрація тривалентного заліза дуже низька через випадіння гідроокису заліза в осад. Лабораторними дослідженнями було доведено (Nicholson, Gilham, Reardon, 1988, 1990) швидке зменшення швидкості окислення окремих зерен піриту у часі, пов’язане із утворенням на поверхні зерна інгібіруючої плівки лепідокрокиту (FeOOH). Це, з одного боку, суттєво зменшує швидкість винесення сульфатів із техногенної зони аерації, а з іншого – збільшує період негативного впливу окислення піриту на якість підземних вод. Обмежуючим фактором окислення піриту може стати також зменшення надходження в зону аерації кисню з атмосфери за умови повного заводнення порід, коли процес окислення піриту припиняється або відбувається у незначних обсягах за рахунок тієї невеликої кількості кисню, на який можуть бути збагачені підземні води.

Російські дослідники стверджують [Фельдман и др., 2002], що збільшення вмісту сульфатів унаслідок таких процесів відбувається навіть за умов незначного, за їхнім визначенням, «фонового» вмісту піриту (від 0,025 ваг. %).

З огляду на наведене вище, застосування методу аналогії в процесі зіставлення природно-техногенних умов Середнього Уралу та Львівської області є обґрунтованим.

Аналіз наявних даних засвідчує, що збільшення вмісту сульфатів у підземних водах, приурочених до мергельних порід, відбувається різними темпами. На жаль, автори не мають інформації про кількісні показники вмісту піриту в мергельно-крейдианій товщі та особливості його просторового розподілу. За таких умов можна лише припускати, що найбільш інтенсивне надходження сульфатів у підземні води в межах Львівської області відбувається внаслідок окислення

піриту, який збагачує мергельно-крейдяну товщу в зонах розломів, де його додаткові включення могли з'явитися у постседиментаційний період.

Ймовірно, з такими зонами передусім пов'язані випадки суттєвого (до двох разів) підвищення мінералізації за рахунок сульфатів, зокрема зафіксовані в процесі експлуатації Ратського, Зарудцівського та Мокротинського родовищ. По деяких водозаборах, зокрема на ділянках Зарудцівська-1 і Мокротинська-1, підвищення мінералізації фіксується і протягом останніх років. Так, на ділянці Мокротинська-1 мінералізація вод мергельно-крейдяної товщі збільшилася з 402 мг/дм³ у 1960 р. до 760 мг/дм³ у 2009 р. і 900 мг/дм³ у 2013 р. При цьому зростання мінералізації було обумовлене підвищенням вмісту сульфат-іону в 5 разів, кальцію в 2,3 раза, магнію в 1,4 раза, гідрокарбонатів у 1,3 раза. Аналогічна ситуація відзначається на ділянці Зарудцівська-1, де мінералізація з 450-500 мг/дм³ у 1961 р. збільшилася до 690 мг/дм³ у 2009 р. і до 800 мг/дм³ у 2013 р. Це зростання обумовлене в основному підвищенням вмісту сульфатного іону у 4 рази, кальцію у 3 рази та магнію в 1,3 раза.

У цьому випадку ми спостерігаємо збільшення вмісту сульфатів кальцію і магнію, що збагачують воду в результаті реакції сірчаної кислоти, утвореної внаслідок окислення піриту, з водовмісними карбонатними породами. Ваговий вміст карбонату кальцію у мергельно-крейдяній товщі сягає 35-40%. Тому є логічним, що внаслідок взаємодії з сірчаною кислотою в розчин надходить сульфат кальцію. При цьому утворюється вільна вуглекислота, що, очевидно, і зумовлює зростання вмісту гідрокарбонатів. Щодо карбонату магнію, то його вміст у мергельно-крейдяній товщі значно менший, ніж карбонату кальцію, однак його більш висока розчинність обумовлює інтенсивне надходження до води сульфату магнію.

На більшості ж водозаборів після підвищення мінералізації в перші роки експлуатації в подальшому відбулася її стабілізація на безпечному рівні. Такий характер зміни мінералізації дозволяє припустити, що ці зміни, очевидно, є результатом встановлення під час експлуатаційного водовідбору нових балансових відношень масообміну

між обсягами інфільтраційної води та кількістю розчинних солей в породах зони аерації, що зазнала техногенного впливу, внаслідок чого в ній відновна обстановка змінилась на окислювальну. Про це ж передусім свідчить режим зміни якості підземних вод мергельно-крейдяної товщі – стабілізація хімічного складу підземних вод після певного погіршення у початковий період експлуатації.

Висновки

1. Отримані висновки є результатом регіональних узагальнень і аналізу, тому, зважаючи на виняткову важливість цієї проблеми, дослідження змін якості підземних вод повинні бути продовжені на локальному рівні, з використанням високоточних методів досліджень. Однак виявлені тенденції дають підставу спростувати твердження про однозначну пріоритетність техногенних джерел забруднення у процесі погіршення якості підземних вод.

2. На території Львівської області найбільш поширені зміни якості підземних вод (збільшення мінералізації та вмісту сульфатів), які характерні для водозаборів, приурочених до карбонатних порід – мергельно-крейдяної товщі та вапняків.

3. У процесі вивчення змін показників хімічного складу підземних вод під час експлуатації водозаборів слід враховувати комплекс природно-техногенних умов і чинників, серед яких важливу роль відіграють геохімічні процеси у породах зони аерації, що виникають під впливом техногенного втручання. Причому джерелом забруднення підземних вод може бути речовина суто природного походження, яка до того ж не утворює в породах аномальних концентрацій.

4. З викладеного випливає необхідність регулярних моніторингових досліджень якості підземних вод, передусім приурочених до карбонатних колекторів, незалежно від техногенного навантаження в місцях їхнього розташування, а також детального вивчення речовинного складу водовмісних порід і порід зони аерації. Лише за таких умов можливе науково обґрунтоване прогнозування якості підземних вод.

Список літератури / References

1. *Державний баланс запасів корисних копалин. Питні та технічні підземні води. Вип. 19. Львівська область. Кн. 14. Київ: ДНВП «Геоінформ», 2013. 35 с.*
The State Balance of mineral resources. Drinking and industrial groundwater. Kyiv: SSPE «Geoinform», 2013. 35 p. (In Ukrainian).
2. *Вартанян Г.С., Крайнов С.Р., Шеко А.И., Соболев В.И., Парфенов С.И., Постоев Г.П. Экологические проблемы Московского региона. Разведка и охрана недр. 1997. № 8-9. С. 66-70.*
Vardanyan G.S., Krainov S.R., Sheko A.I., Sobolev V.I., Parfenov S.I., Postoev G.P., 1997. Environmental problems of the Moscow region. Razvedka i ohrana neдр, № 8-9, p. 66-70 (in Russian).
3. *Васнева О.В. Факторы формирования химического состава подземных вод Минской агломерации. Природ. ресурсы. Минск. 2013. № 2. С. 30-41.*
Vasneva O.V., 2013. Factors of groundwater chemical composition formation in Minsk agglomeration. Prirodnye resursy, Minsk, № 2, p. 30-41 (in Russian).
4. *Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. Москва: Недра, 1983. 152 с.*
Instructions on geochemical methods of the ore deposits search. Moscow: Nedra, 1983, 152 p. (in Russian).
5. *Кошлякова Т.О. Зміни хімічного складу питних підземних вод м. Києва в процесі експлуатації. Зб. наук. пр. ІГН НАН України. 2011. Вип. 4. С. 88-93.*
Koshlyakova T.O., 2011. Changes in the chemical composition of drinking groundwater in Kiev during exploitation. Collection of scientific works of the IGS NAS of Ukraine, iss.4, p. 88-93 (in Ukrainian).
6. *Фельдман А.Л., Вишняк А.И., Рыбникова Л.С. Природно-техногенное загрязнение подземных вод при эксплуатации водозаборов и дренажей на Среднем Урале. В кн.: Современные проблемы гидрогеологии и гидрогеомеханики. Санкт-Петербург, 2002. С. 161-169.*
Feldman A.L., Vyshnyak A.L., Rybnikova L.S., 2002. Natural and man-made pollution of groundwater in the operation of water intakes and drains in the Middle Urals. In: Modern problems of hydrogeology and gidrogeomechanics. St. Peterburg, p.161-169 (in Russian).
7. *Якимечко Я.Б., Панчук Б.Р. Дослідження основних властивостей мергелів Галичини для синтезу романцементу та гідралічного вапна // www.zbirnyk_№ 48.indd-bmws_2013-_48_1.13.11. 2015.*
Yakymechko Y.B., Panchuk B.R. The study of fundamental properties of Galician marl for the roman cement and hydraulic lime synthesis. Available at: www.zbirnyk_№ 48.indd-bmws_2013-_48_1.13.11.2015 (in Ukrainian).

Стаття надійшла
11.01.2016