

Злобіна К. С., Кураєва І. В., Кроїк Г. А.

*Інститут геохімії мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України
Науково-дослідний інститут геології Дніпропетовського національного університету ім. О. Гончара*

ОСОБЛИВОСТІ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ПІДЗЕМНИХ ВОД КИЄВА, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ БЮВЕТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

В статті представлено результати геохімічних досліджень підземних вод сеноманського і юрського водоносних горизонтів м. Києва, що використовуються для питного водозабезпечення. Розраховано форми міграції деяких важких металів в підземних водах за допомогою програмного комплексу GEMS.

Ключові слова: гідрогеохімія, форми міграції, водоносний горизонт, важкі метали

В статье представлены результаты геохимических исследований подземных вод сеноманского и юрского водоносных горизонтов г. Киева, которые используются для питьевого водоснабжения. Рассчитаны формы миграции некоторых тяжелых металлов в подземных водах с помощью программного комплекса GEMS.

Ключевые слова: гидрогеохимия, формы миграции, водоносный горизонт, тяжелые металлы

Data of geochemical study of the Cenoman and Jurassic aquifer which are used for the water supply in the Kyiv are presented in the article. Migration forms for some heavy metals in groundwater have been defined using GEMS software.

Keywords: hydrogeochemistry, migration forms, aquifer, heavy metal

Історія експлуатації підземних вод м. Києва має більш ніж столітню історію. З середини 20 ст. розпочинається період фундаментальних геологічних, гідродинамічних і, частково, гідрогеохімічних досліджень підземних вод України. Праці Макова К. І., Бабинця А. Є, Руденка Ф. А., Жернова І. Є., Огняника М. С., Дробнохода М. І., Шестопалова В. М. та багатьох інших стали фундаментальною основою у гідрогеології та гідрохімії, завдяки яким було створено еколого-гідрогеологічні моделі багатьох районів нашої держави у регіональній оцінці експлуатаційних запасів підземних вод і обґрунтовано водопостачання багатьох населених пунктів, в тому числі Києва. Сучасними науковими дослідженнями цих вод з різних позицій займаються спеціалісти Інституту геологічних наук, а також Науково-інженерного центру радіогідрогеоекологічних полігонних досліджень НАНУ, Державного геологічного об'єднання "Північгеологія", Інституту колоїдної хімії ім. А. В. Думанського, Інституту геохімії навколишнього середовища, Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка та ін. [2, 4, 6] Однак, все ще залишаються недостатньо з'ясованими багато питань щодо гідрогеохімічних особливостей підземних вод м. Києва: дослідження закономірностей розподілу і форм міграції мікроелементів, визначення джерел їх надходження та встановлення їх фонових значень, враховуючи водообмін, спричинений водовідбором. При цьому плануються збільшення обсягів залучення підземних вод для цілей питного водопостачання столиці. Все це обумовлює актуальність проведення гідрогеохімічних досліджень.

Основні методи дослідження, що використовувались: загальний хімічний аналіз, спектральний аналіз, метод мас-спектрометрії з індуктивно пов'язаною плазмою (ICP-MS) на аналізаторі ELEMENT-2; програмний пакет математичної обробки інформації Origin, програмний комплекс термодинамічного моделювання GEMS, геоінформаційні системи MapInfo Professional, Golden Software Surfer.

Видобування підземних вод у м. Києві відбувається з сеноман-келовейського водоносного горизонту, середньоюрського водоносного горизонту, бучацького, полтавського і четвертинного водоносних горизонтів. Бювети столиці споживають артезіанську воду з водоносного комплексу сеноман-келовейських відкладів ($J_{3k-o} + K_1 + K_2b$) і водоносного горизонту середньоюрських (байоських) (J_2b) відкладів західної частини Дніпровського артезіанського басейну [1, 3, 5].

Водоносний комплекс в сеноман-келовейських (нижньокрейдового-верхньоюрського віку) відкладах поширений всюди, за винятком південно-західної частини столиці на глибині 80–150 м. Водовмісні породи представлені різнозернистими пісками з прошарками пісковиків, а також опокоподібними пісковиками і вапняками. Водоносний комплекс перекривається

слабопроникними мергельно-крейдяними відкладами верхньокрейдового віку, які відсутні лише

на півдні міста Києва. У підшві сеноман-келовейського водоносного комплексу залягає слабопроникна товща глин і алевролітів середньо- і верхньоюрського віку.

Водоносний горизонт у байоських відкладах (середньоюрського віку) має регіональне розповсюдження в межах Києва. Водовмісні породи представлені пісками, потужність яких збільшується у східному напрямі від декількох до 40–60 м. Глибина залягання водоносного горизонту у байоських відкладах змінюється від 170 до 280 м і більше.

Територія столиці знаходиться в бортовій частині Дніпровського артезіанського басейну, що межує з областю тріщинних вод Українського кристалічного щита. З гідрогеологічної точки зору бортова частина характеризується наступними особливостями: виклинювання водоносних горизонтів і водотривких товщ, зменшення глибин залягання і потужності водоносних комплексів. Наявність чисельних тектонічних порушень, інтенсивна експлуатація підземних вод території міста та інші природні умови зумовлюють поруч з горизонтальним рухом підземних вод розвиток шляхів вертикального водообміну. Інтенсивний вертикальний водообмін може призводити до промивання водоносних комплексів і зони мінералізованих вод.

Підземні води юрського водоносного горизонту правобережної частини міста відносяться до гідрокарбонатного типу з переважною більшістю катіонів кальцію, натрію, магнію при мінералізації до $0,6 \text{ г/дм}^3$, що представлено на рис. 1. Підземні води лівобережжя, особливо у північно-східній частині, мають гідрокарбонатно-хлоридний і хлоридно-гідрокарбонатний склад з переважанням катіону натрію і збільшенням мінералізації до 1 г/дм^3 . Це зумовлено збільшенням глибини залягання і потужностей водоносних комплексів у північно-східному напрямку при одночасному зменшенні впливу тектонічних порушень і, відповідно, послабленні вертикального водообміну. Макрокомпонентний склад підземних вод сеноманського водоносного горизонту переважно гідрокарбонатний з домінуванням катіону кальцію.

Мікроелементний склад підземних вод юрського водоносного горизонту представлено на рис. 2, сеноманського – на рис. 3.

В результаті проведених досліджень отримано нові дані про вміст і просторовий розподіл мікроелементів, в тому числі важких металів. Особлива увага була приділена барію, як елементу, вміст якого перевищує ГДК. Вміст барію коливається у широких межах від $0,002 \text{ мг/дм}^3$ у західній частині міста, збільшуючись і північно-східному напрямку і досягаючи максимуму $0,36\text{--}0,39 \text{ мг/дм}^3$ і більше, тобто перевищує значення ГДК - $0,3 \text{ мг/дм}^3$.

На основі отриманих точкових геохімічних даних була створена безперервна поверхня розподілу значень концентрації Ва в юрському водоносному горизонті, що представлено на рис. 4. Побудова поверхні виконувалась із застосуванням ГІС MapInfo Professional та ГІС Golden Software Surfer. Під час інтерполяції значень використовувався геостатистичний метод точкового крігінгу з лінійною варіограмою, який дає досить точні результати внаслідок «згладженої» інтерполяції вихідних показників. Вибір даного алгоритму інтерполяції був обумовлений кількістю точок, характером їх розташування по території дослідження, а також особливостями розподілу геохімічних показників в просторі.

На сьогодні в сучасній гідрогеохімії особлива увага приділяється особливостям форм міграції хімічних елементів. Таким чином, для вирішення екологічних проблем, пов'язаних з питним водопостачанням великих промислових агломерацій, важливим є не тільки встановлення вмісту мікроелементів у підземних водах, але і форм їх міграції, які мають велике значення для з'ясування біологічної ролі цих мікроелементів.

Розрахунки термодинамічної рівноваги в багатокомпонентних системах виконуються за спеціально створеними програмами з використанням термодинамічного аналізу та математичного моделювання. Основу таких розрахунків складають сучасні уявлення про міграційні форми хімічних елементів у природних розчинах. Необхідно відмітити, що результати розрахунків за сучасними програмами не можуть бути більш точними, ніж термодинамічні дані, які лежать в їх основі.

Для математичного моделювання форм знаходження мікроелементів нами було обрано програмний комплекс GEMS, заснований на методі мінімізації енергії Гіббса на основі програми Селектор [7]. Труднощі моделювання з врахуванням водорозчинної органічної речовини

зумовлюються значною аналітичною складністю визначення якісного і кількісного складу органічної речовини в прісних підземних водах, а також складним підбиранням термодинамічної бази даних. За допомогою програмного комплексу GEMS було підраховано форми знаходження ряду токсичних металів у підземних водах м. Києва. Ва, Cd, Co, Ni мігрують переважно у вільній катіонній формі, Pb у вигляді сульфатних сполук (юрський водоносний горизонт) або у складі гідросокомплексів (сеноманський.), Cu – у вигляді хлоридних сполук (сеноманський), Cr, V, Al – у вигляді сполук з киснем.

За критерієм біологічно значущої концентрації виокремлено хімічні елементи, що можуть мати вплив на мікроелементний баланс людини: для сеноманського водоносного горизонту - Ti, Cr, Cu, Bi, Sc, Y, Ba, для юрського водоносного горизонту - Ni, Ti, Cr, Zr, Bi, Sc, Y, Li, Ba, Ag, Be, Se. На встановлення гідрогеохімічних особливостей міграції перерахованих мікроелементів будуть спрямовані наші подальші дослідження.

Висновки

Отримані нові дані розподілу макро і мікроелементів, в тому числі рідкісних, в підземних водах сеноманського і юрського водоносних горизонтів, що використовуються для бюветного водопостачання м. Києва. Вперше визначено вміст рідкісних елементів, в т.ч. лантанодів, у бюветних водах, концентрації яких відповідають фоновому вмісту для гідрокарбонатно-кальцієвих прісних підземних вод різних регіонів.

За допомогою програмного комплексу GEMS розраховані форми міграції. Для металів барію, кадмію, кобальту, нікелю основна форма – катіонна для обох водоносних горизонтів.

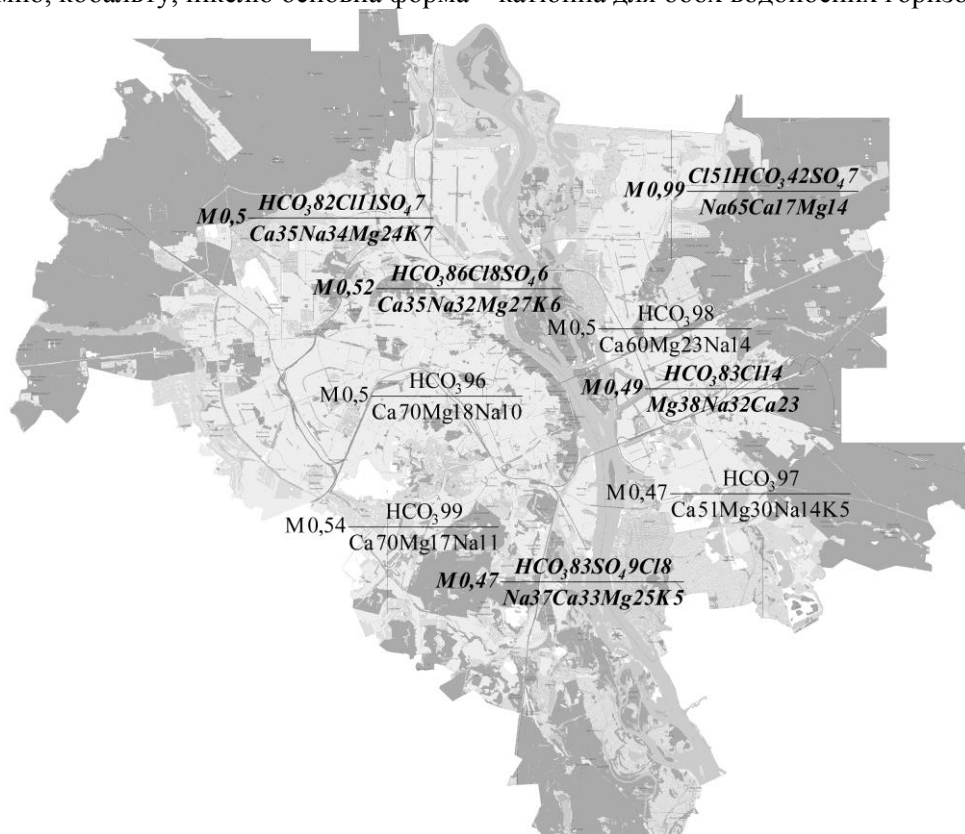


Рис. 1. Макрокомпонентний склад підземних вод м. Києва.

Примітка. Жирним курсивом позначено хімічний склад підземних вод юрського водоносного горизонту, звичайним шрифтом – сеноманського.

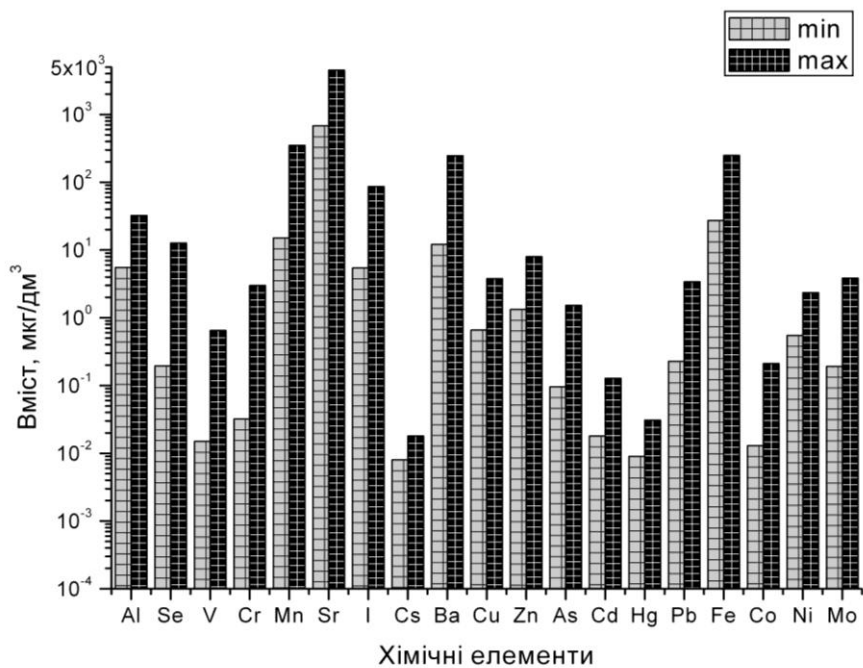


Рис. 2. Мікроелементний склад підземних вод юрського водоносного горизонту

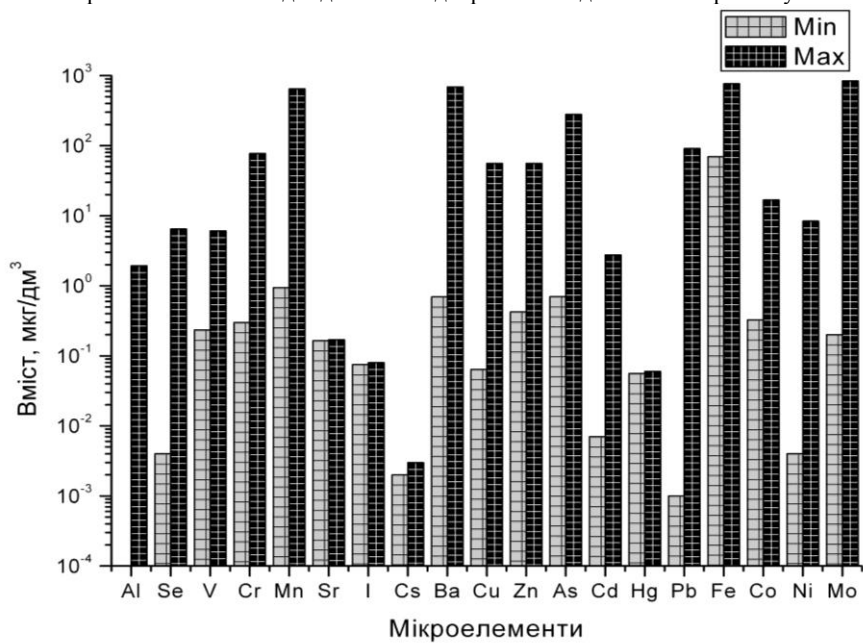


Рис. 3. Мікроелементний склад підземних вод сеноманського водоносного горизонту

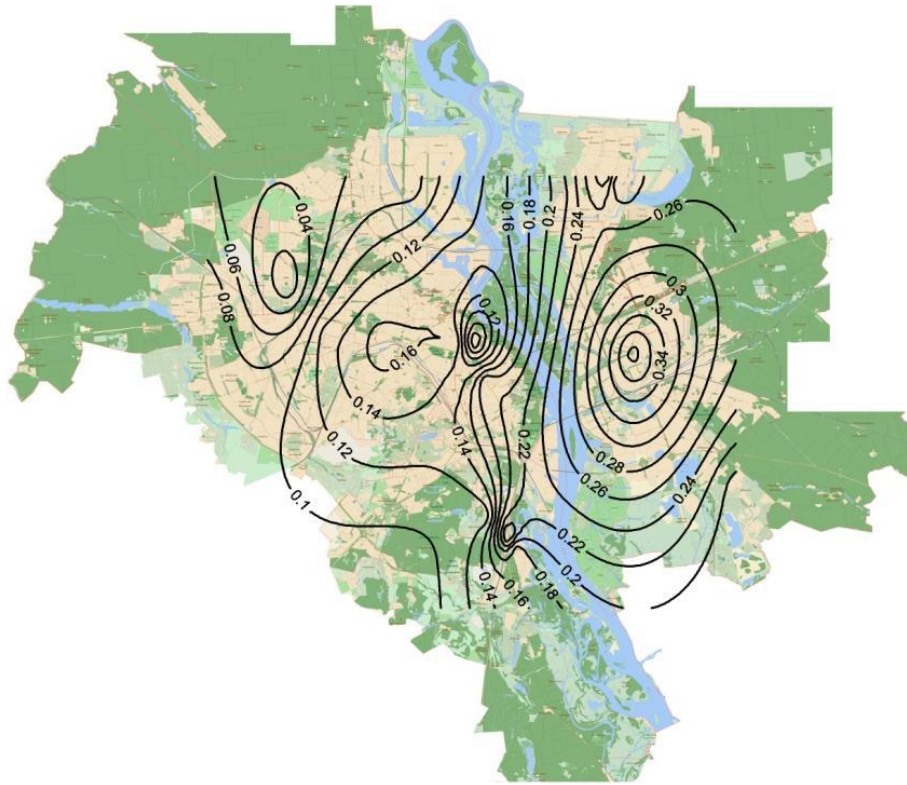


Рис. 4. Схема розподілу барію у водах юрського водоносного горизонту м. Києва

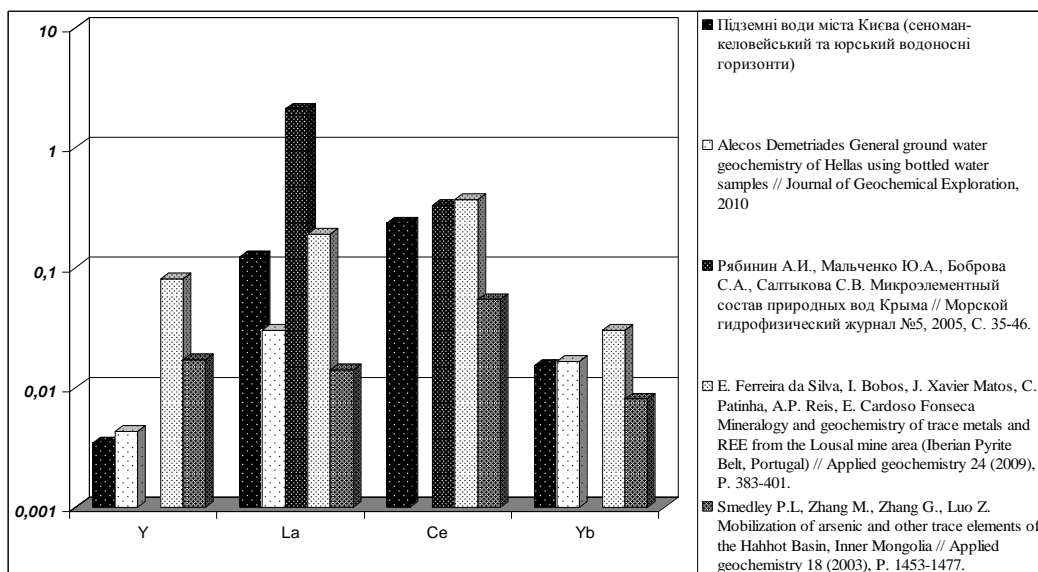


Рис. 5 Порівняння вмісту Y, La, Ce, Yb (у мг/дм³) у прісних гідрокарбонатно-кальцієвих підземних водах різних регіонів.

Бібліографічні посилання

1. Бабинец А.Е. Подземные воды юго-запада Русской платформы (распространение и условия формирования). – К.: Из-во Академии наук УССР, 1961. – 363 с.
2. Бювети Києва. Якість артезіанської води. За ред. В.В. Гончарука. К., 2003.
3. Варава К.Н., Вовк И.Ф., Негода Г.Н. Формирование подземных вод Днепрово-Донецкого бассейна. – К. Наук. думка, 1977. – 180 с.

4. Водообмен в гидрогеологических структурах Украины: водообмен в нарушенных условиях / Шестопалов В.М., Огняник Н.С., Дробноход Н.И. и др.; Отв. ред. Шестопалов В.М.; АН УССР Ин-т геологических наук. – Киев: Наук. думка, 1991. – 528 с.
5. Жернов И.Е. Вопросы гидрогеологии г. Киева в связи с водоснабжением города. – К.: Из-во Академии наук УССР, 1958. – 140 с.
6. Кураева І.В., Самчук А.І., Злобіна К.С. та ін. Еколого-гідрогеохімічні дослідження природних вод Київського мегаполісу. – К., 2008. – 108 с.
7. Karpov I.K., Chudnenko K.V. and Kulik D.A. Modelling chemical mass-transfer in geochemical processes: Thermodynamic relations, conditions of equilibria and numerical algorithms// Amer. J. of Sci., 1997. – v. 297. – P. 767-806.

Надійшла до редколегії 5.04.2011 р.