

МІНЕРАЛЬНІ ВОДИ З ПІДВИЩЕНОЮ МІНЕРАЛІЗАЦІЄЮ У МЕЖАХ УКРАЇНИ

Н.Б. Овчиннікова¹, В.М. Шестопапов²

¹ *Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: nbvch@ukr.net
Молодший науковий співробітник.*

² *Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: vsh@hydrosafe.kiev.ua
Академік НАН України, доктор геолого-мінералогічних наук.*

В гідрогеологічних регіонах та областях України проаналізовані та виділені основні риси структурної, геологічної, гідродинамічної та гідрогеологічної будови, що сприяють розповсюдженню певних класів мінеральних вод з підвищеною мінералізацією в їх межах. Для поглибленого вивчення хімічного складу означених мінеральних вод було застосовано метод моделювання, заснований на принципах хімічної термодинаміки. Отримані результати про різноманітність фазового складу, міграційні форми хімічних елементів, стан мікроелементів і окисно-відновний стан в мінеральних водах одного типу свідчать про їх помітні відмінності. В цілому, результати термодинамічного моделювання потребують докорінного переосмислення поглядів на хімічний склад мінеральних вод, їх класифікаційні ознаки, способи картування та уточнення бальнеологічного призначення як наслідок. *Ключові слова:* мінеральні води; хімічний склад; хімічний аналіз; моделювання; рівноважна хімічна термодинаміка; енергія Гіббса.

MINERAL WATERS WITH INCREASED MINERALIZATION WITHIN UKRAINE

N.B. Ovchinnikova¹, V.M. Shestopalov²

¹ *Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, E-mail: nbvch@ukr.net
Research worker.*

² *Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, E-mail: vsh@hydrosafe.kiev.ua
Academician of NAS of Ukraine, doctor of geological-mineralogical sciences.*

In the hydrogeological regions of Ukraine, the main features of structural, geological, hydrodynamic and hydrogeological structure are analyzed and revealed, which promote the distribution of certain classes of mineral waters with increased mineralization within their boundaries. For the in-depth study of the chemical composition of these mineral waters, a method of simulation was used based on the principles of chemical thermodynamics. The obtained results concerning the diversity of phase composition, migration forms of chemical elements, the state of trace elements and the oxidation-reducing state in mineral waters of one type indicate their noticeable differences. In general, the results of thermodynamic modeling require a radical rethinking of the views on the chemical composition of mineral waters, their classification features, methods of mapping and clarifying the balneological purpose as a consequence.

Key words: mineral waters; chemical composition; chemical analysis; mathematical simulation; equilibrium chemical thermodynamics; Gibbs energy.

МИНЕРАЛЬНЫЕ ВОДЫ С ПОВЫШЕННОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИЕЙ В ПРЕДЕЛАХ УКРАИНЫ

Н.Б. Овчинникова¹, В.М. Шестопапов²

¹ *Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: nbvch@ukr.net
Младший научный сотрудник.*

² *Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: vsh@hydrosafe.kiev.ua
Академік НАН України, доктор геолого-мінералогічних наук.*

В гидрогеологических регионах и областях Украины проанализированы и выделены основные черты структурного, геологического, гидродинамического и гидрогеологического строения, способствующие распространению определенных классов минеральных вод с повышенной минерализацией в их границах. Для углубленного

изучения химического состава обозначенных минеральных вод был применен метод моделирования, основанный на принципах химической термодинамики. Полученные результаты про разнообразие фазового состава, миграционные формы химических элементов, состояние микроэлементов и окислительно-восстановительные обстановки в минеральных водах одного типа свидетельствуют об их заметном отличии. В целом, результаты термодинамического моделирования требуют коренного переосмысления взглядов на химический состав минеральных вод, их классификационные признаки, способы картирования и уточнения бальнеологических назначений как следствие.

Ключевые слова: минеральные воды; химический состав; химический анализ; моделирование; равновесная химическая термодинамика; энергия Гиббса.

Вступ

Термін мінеральні води «без специфічних компонентів» застосовувався у класифікаціях радянської доби і в українських останніх десятиліттях. До мінеральних вод «без специфічних компонентів» відносяться підземні води з мінералізацією понад 1 г/дм³, вплив яких на організм відбувається за рахунок складу, співвідношень та підвищених кількостей макрокомпонентів (натрій-, кальцій-, магній-, хлор-, сульфат- та гідрокарбонат-іони) у воді. Згідно з «Класифікацією мінеральних вод України» [Шестопапов и др., 2003], мінеральні води «без специфічних компонентів» належать до категорії I. В останні роки завдяки новим можливостям отримувати більш точні і детальні результати хімічного аналізу і застосування методу хімічної термодинамики з'ясувалось, що мінеральні води «без специфічних компонентів» насправді ж мають ці компоненти. При цьому мінеральні води, майже ідентичні за набором і концентрацією основних макрокомпонентів, мають відмінності як у їх лікувальних властивостях, так і у формах сполук цих макрокомпонентів, а також у наявності різних мікрокомпонентів. Отже, відкривається можливість нових досліджень впливу різноманітності хімічного складу цих вод на здоров'я людей. У зв'язку з цим термін мінеральні води «без специфічних компонентів» втратив свій сенс і має бути замінений. Пропонуючи нову назву, ми враховуємо те, що властивість цих мінеральних вод мати мінералізацію понад 1 г/дм³ залишається. Отже, термін мінеральні води «без специфічних компонентів» має бути замінений на мінеральні води «з підвищеною концентрацією основних макрокомпонентів», або коротше – мінеральні води з «підвищеною мінералізацією». Зауважимо, що підвищена мінералізація може бути і у мінеральних вод зі специфічними компонентами, але для них визначено, що основний лікувальний ефект відбувається під впливом саме специфічних компонентів.

Аналіз розповсюдження мінеральних вод з підвищеною мінералізацією, оконтурення різних їх класів та винос контурів на відповідну карту здійснювався за розробленими принципами районування [Шестопапов та ін., 2009] та означеною вище класифікацією мінеральних вод України [Шестопапов и др., 2003].

В основу структурного гідрогеологічного районування покладено принцип однорідності умов формування водообміну в природних умовах. Виділено три таксономічні одиниці районування: 1 – мегарегіон, 2 – регіон, 3 – область. Границі між *мегарегіонами* проводяться за структурним принципом. У межах мегарегіонів виділені гідрогеологічні *регіони*, в межах регіонів – *області*. Згідно з геологічною будовою і за основними ознаками водообміну в межах України визначено п'ять мегарегіонів: I – Український щит; II – Східноєвропейська плита; III – Донецька складчаста структура; IV – Карпатська складчаста структура; V – Кримська складчаста структура.

В межах цих мегарегіонів виділено гідрогеологічні *регіони*, в межах регіонів – області. Наприклад:

– мегарегіон Східноєвропейської плити складається з чотирьох *областей* – *артезіанських басейнів*: Волино-Подільського, Дніпровського, Донецького та Причорноморського;

– у мегарегіоні Українського щита (*гідрогеологічному регіоні* Українського щита) видокремлені: основна *область* розповсюдження тріщинних вод у кристалічних породах докембрію і пластово-тріщинних у покриваючій, малопотужній осадовій товщі, а також відносно невеликі *області* – артезіанські басейни Криворізького синклінорію, Конксько-Ялинської і Бовтиської западин.

Розповсюдження підземних вод на території України обумовлено геологічною будовою *гідрогеологічних регіонів*, які відрізняються віком, літологічним складом і умовами залягання

відкладів, а також сукупністю основних природних факторів, які впливають на закономірності формування і розподілу підземних вод.

Районування за умовами розповсюдження мінеральних вод, крім факторів формування водообміну, обов'язково враховує літологічні, мінералогічні і геохімічні особливості певного гідрогеологічного середовища, їх приналежність до різних гідродинамічних зон. Гідрографічний фактор має значення в умовах розкриття розривних порушень, наявності гідравлічних вікон тощо, тобто впливає на збільшення вертикальної проникності порід і висхідного руху глибоких відносно мінералізованих вод. В цілому, всі ці фактори впливають на гідрохімічні характеристики підземних вод, а отже, на розповсюдження певних типів мінеральних вод.

Основні гідрогеологічні умови, що визначають формування гідрохімічних класів та підкласів (складу) мінеральних вод з підвищеною мінералізацією, пов'язані з *вертикальною зональністю*. Загальна вертикальна зональність викликана гідродинамічними закономірностями, властивими як платформним та передгірським артезіанським басейнам, так і позитивним структурам. За застосованими принципами у вертикальному розрізі виділено чотири зони [Гатальський, 1954]: 1) зона активного (інтенсивного) водообміну; 2) зона значного водообміну (у верхньому гідродинамічному поверсі); 3) зона утрудненого водообміну і 4) зона значно утрудненого водообміну (у нижньому гідродинамічному поверсі).

Важливою гідрогеологічною *закономірністю* вважається зміна хімічного складу вод, пов'язана зі змінами темпів вертикального водообміну. Відповідно до темпів водообміну у вертикальному розрізі порід з глибиною відбувається закономірний перехід у хімічному складі підземних, зокрема мінеральних вод, від класу гідрокарбонатних до класу сульфатних, з подальшим уповільненням темпу водообміну до класу хлоридних вод.

Основна увага у дослідженні розповсюдження мінеральних вод приділяється зонам активного та значного водообміну [Шестопапов і др., 1989]. Це пояснюється тим, що у першому гідродинамічному поверсі знаходиться переважна більшість цінних, відомих та розвіданих родовищ мінеральних вод. Важливим є і суто економічний фактор: буріння, обладнання та

експлуатація глибоких свердловин, що досягають зон утрудненого водообміну, коштує значно дорожче.

Методи дослідження

Для вирішення поставлених завдань використані такі методи: системного аналізу; картографічного синтезу та класифікації матеріалу; гідрогеологічних аналогій; метод моделювання, заснований на принципах рівноважної хімічної термодинаміки.

Розповсюдження мінеральних вод з підвищеною мінералізацією у гідрогеологічних регіонах. Попередні наші дослідження

У відповідності до викладеного вище розглядається розповсюдження мінеральних вод з підвищеною мінералізацією гідрогеологічних регіонів та областей України: Українського щита, Волино-Подільського, Дніпровського, Донецького та Причорноморського артезіанських басейнів, а також складчастих структур – Донецької, Гірського Криму, Карпатської.

Мінеральні води **Українського щита** належать до двох основних груп водоносних горизонтів (комплексів): а) палеогенових, крейдяних та юрських відкладів депресій в кристалічному фундаменті; б) тріщинуватих кристалічних порід докембрію та продуктів їх вивітрювання [Маков, 1948; Вовк, 1982; Нотаров, 1956; Бабинець, 1961; Руденко, 1958; Огняник, 2000 та ін.]. В зоні активного водообміну Українського щита у складі мінеральних вод підвищеної мінералізації обох груп водоносних горизонтів (комплексів) спостерігаються спільні гідрохімічні закономірності, тісно пов'язані з кліматичними змінами: з півночі на південь збільшуються частки сульфатного та, поступово, і хлоридного іонів. У складі катіонів у мінеральних водах з півночі на південь підвищується частка і кількісний вміст магнію. Мінеральні води представлені: класи А2-А9 (гідрокарбонатно-сульфатні, сульфатно-гідрокарбонатні, трикомпонентні за аніонами); класи А12-А14 (сульфатні та хлоридно-сульфатні, сульфатно-хлоридні) мало- та середньомінералізовані; клас А15 (хлоридні) – високомінералізовані та розсільні.

Асиметрична будова **Волино-Подільського артезіанського басейну** [Гидрогеология..., 1971а; Посохов, 1969; Самарина, 1977; Шестопапов, 1981; Державний..., 2005 та ін.] зумовлює гідро-

динамічні особливості у різних її частинах. В північно-східній частині басейну через специфічні риси геологічної будови є складнощі у визначенні меж між гідродинамічними зонами, оскільки від границі з Українським щитом у напрямку на захід зони водообміну формуються поступово (зростає потужність осадових відкладів, з'являються регіональні водотриви, що є основними умовами формування нижнього гідродинамічного поверху і відповідних гідрохімічних зон). У зміщеній на південний захід центральній та південно-західній частинах артезіанського басейну сформовані всі зони водообміну. Відповідно до особливостей гідродинаміки Волино-Подільського басейну, розповсюдження мінеральних вод має свої специфічні риси у північній, східній, центральній та південно-західній частинах басейну. Різноманітність геологічних, палео-гідрогеологічних, гідродинамічних, гідрохімічних умов сприяє, у свою чергу, поширенню великої різноманітності мінеральних вод з підвищеною мінералізацією у межах басейну. У зоні активного водообміну розповсюджені родовища всіх класів від А1 до А15 категорії І.

Переважають карбонатно-теригенних порід у складі геологічного розрізу **Дніпровського артезіанського басейну** [Швай, 1973; Лагунова, 1985; Суярко, 2006 та ін.], значний вплив соляної тектоніки зумовили формування та розповсюдження в основному гідрокарбонатно-хлоридних, хлоридно-гідрокарбонатних та хлоридних, здебільшого натрієвих мінеральних вод (класи А10-А11, А15) різної мінералізації (від малої – до міцних розсолів). Винятком є невелика територія на південному сході Дніпровського басейну, на межі з Донецькою складчастою областю, де пермські гіпсоносні відклади місцями виходять на денну поверхню, активно діючи на процеси формування мінеральних вод в бік збільшення сульфатного іону у складі; тут розповсюджені такі мінеральні води: гідрокарбонатно-сульфатні (сульфатно-гідрокарбонатні), сульфатні, сульфатно-хлоридні (хлоридно-сульфатні), трикомпонентні за аніонами різного складу катіонів, в основному малої та середньої мінералізації мінеральні води (класи А2-А9), із зростанням мінералізації води в бік наближення до виходів пермських солей.

У Державному балансі родовища мінеральних вод з підвищеною мінералізацією у **Донецькому артезіанському басейні** не значаться. Але

перспективи їх відкриття та використання є. Насамперед тому, що, на відміну від Волино-Подільського та Дніпровського артезіанських басейнів, завдяки щільній, майже водонепроникній крейді сантону у Донецькому артезіанському басейні зони утрудненого та значно утрудненого водообміну з'являються на відносно невеликих глибинах. У нижньому гідрогеологічному поверсі формуються високомінералізовані та розсільні хлоридні натрієві води. Ці води сильно збагачені на бром та йод, тому їх віднесено до мінеральних вод із специфічними компонентами.

В умовах верхнього поверху водообміну є перспективи знаходження мінеральних вод з підвищеною мінералізацією, чому сприяють *літологічний фактор* – загіпсованість відкладів четвертинного віку, та *кліматичний фактор* – загальна тенденція зміни складу підземних вод від переважно гідрокарбонатних в умовах вологого клімату до сульфатних в умовах недостатньої зволоженості, якими характеризується Донецький басейн. Спільна дія цих факторів дозволяє очікувати розповсюдження в зоні активного водообміну сульфатвмісних маломінералізованих мінеральних вод (класів А2-А3). Специфічні умови властиві юрському водоносному комплексу на заході Донецького басейну, в районі м. Харків. Є поодинокі дані про формування тут маломінералізованих гідрокарбонатно-хлоридних вод (клас А10-11).

Гідрогеологічні та гідродинамічні умови **Причорноморського артезіанського басейну** складні [Штогрин та ін., 1973; Гідрогеологія..., 1971в; Доленко, 1985 та ін.]. В межах як верхнього, так і нижнього гідродинамічних поверхів часто формується зворотна гідрохімічна зональність. В цілому, географічні, гідродинамічні, геолого-структурні та літологічні умови Причорноморського артезіанського басейну сприяють формуванню в зоні *активного водообміну* великої різноманітності хімічного складу мінеральних вод з підвищеною мінералізацією – від гідрокарбонатно-сульфатних (класи А2-А3), сульфатно-гідрокарбонатно-хлоридних та інших варіацій трьох аніонів (класи А4-А9), сульфатних (А12) та хлоридно-сульфатних (А13-А14) різного катіонного складу і закінчуючи хлоридно-гідрокарбонатними і гідрокарбонатно-хлоридними (класи А10-А11) та хлоридними (А15), в основному натрієвими. Фактична їх вивченість

знаходиться на досить низькому рівні, але перспективи їх пошуку та широкого використання багатообіцяючі.

Основним фактором розповсюдження різноманітних мінеральних вод гідрогеологічного мегарегіону **Донецької складчастої структури** [Бут и др., 1987; Гидрогеология..., 1971б та ін.], як і в розглянутих вище платформних структурах, є гідродинамічний (вертикальна гідрохімічна зональність). Географічні умови континентального клімату з виразними засушливими явищами та вихід у зону активного водообміну збагачених на гіпси, ангідрити та галіт осадових відкладів пермі сприяють формуванню вод класів А2-А9, А12-А14 (від гідрокарбонатно-сульфатних до хлоридно-сульфатних) різного складу катіонів, в основному мало- та середньомінералізованих. З наближенням до соляних куполів мінералізація вод суттєво підвищується, аж до розсільної, хімічний склад змінюється в бік збільшення іонів хлору та натрію. Геолого-структурні умови Донбасу такі, як соляна тектоніка та численні регіональні розривні порушення, викликають різкі зміни гідрохімічного складу та мінералізації мінеральних вод у плані та розрізі на невеликих відстанях – від мало- та середньомінералізованих вод класів А2-А9 до високомінералізованих мінеральних вод класу А15, які формуються тут або розвантажуються з більш глибоких горизонтів. Дренуюча дія долини р. Сіверський Донець у північній частині Донбасу є додатковим фактором формування різноманітності мінеральних вод з підвищеною мінералізацією.

Розповсюдження мінеральних вод в гідрогеологічному мегарегіоні **складчастого Гірського Криму** [Чуринов и др., 1962; Гидрогеология..., 1971в та ін.] визначається, в основному, геологічною структурою складчастої області. Головною причиною виникнення та спрямування процесів, що призводять до формування складу мінеральних вод, є високе гіпсометричне положення осадових відкладів та інтенсивні карстові процеси з вимиванням солей. Збагачення кори вивітрювання порід сланцевої товщі на гіпси і колчедани, вміст сидериту у карбонатних відкладах верхньої юри сприяють розповсюдженню збільшеного на сульфат-іон складу мінеральних вод підвищеної мінералізації (класи А2-А5). Переважання піщаників та алевролітів у складі таврійської серії, нижньої крейди та кімериджу

сприяє поширенню гідрокарбонатно-хлоридних, хлоридно-гідрокарбонатних (класи А10-А11) кальцієво-магнієвих, натрієво-магнієвих вод невеликої мінералізації. Формування хлоридних, переважно натрієвих (клас А15) мінеральних вод пов'язане з надходженням глибинних підземних вод по тріщинах та розломах. Суттєвою рисою, яка стосується розповсюдження мінеральних вод з підвищеною мінералізацією у Гірському Криму, є періодичність дії мінеральних джерел та їх нестійкі дебіти. Однак встановлені зв'язки джерел з певними водоносними горизонтами свідчать на користь перспектив нових відкриттів.

Відмінності історій геологічного розвитку та геологічної структури обумовили особливості розповсюдження мінеральних вод та їх різний склад у кожному з основних структурних елементів мегарегіону **складчастих Карпат** – Передкарпатському і Закарпатському артезіанських басейнах та гідрогеологічній області Гірських Карпат. Збагачення осадових відкладів Передкарпатського артезіанського басейну на гіпси, ангідрити та калійні солі, тектонічні порушення, тектонічні та літологічні «екрани» сприяють формуванню великої різноманітності мінеральних вод з підвищеною мінералізацією, часто навіть в межах одного родовища. В гідрогеологічній області Гірських Карпат мінеральні води з підвищеною мінералізацією формуються на великих глибинах, в зонах з утрудненим водообміном. Склад мінеральних вод переважно хлоридний натрієвий (натрієво-кальцієвий), мінералізація висока – до розсільної (клас А15). В умовах надходження глибинних підземних вод до зони активного водообміну слід очікувати проявів змішаного складу мінеральних вод – хлоридно-гідрокарбонатних, гідрокарбонатно-хлоридних різного складу катіонів (переважно натрій- та кальцій-катіони) та більш низької мінералізації (класи А10, А11, А15). Про такі перспективи свідчать численні родовища мінеральних вод із специфічними компонентами, відкриті в області Гірських Карпат. В Закарпатському артезіанському басейні на формування складу мінеральних вод найбільший вплив має літологічний склад порід, а саме розвиток соляних відкладів та пов'язана з ними солянокупольна тектоніка. Серед мінеральних вод з підвищеною мінералізацією у Закарпатті переважають хлоридно-гідрокарбонатні (гідрокарбонатно-хлоридні) та

хлоридні, здебільшого натрієві мінеральні води від маломінералізованих до розсільних (клас А15).

Обговорення результатів та постановка нової задачі

З'ясоване розповсюдження мінеральних вод без специфічних компонентів (з підвищеною мінералізацією) знайшло відображення на карті «Мінеральні води без специфічних компонентів України» масштабу 1:1 000 000 (див. рисунок – масштабована копія). До речі, це перша карта, яка відображає розповсюдження цієї категорії мінеральних вод.

Попередні карти мінеральних вод були побудовані за принципами, напрацьованими ще у 1940-1960-х роках минулого століття у колишньому Радянському Союзі. На основі цих принципів побудована і остання «Карта мінеральних вод України» [Алексеева и др., 1986]. На карті територія України поділена на три провінції: 1) Провінція вуглекислих вод; 2) Провінція

азотно-метанових та метанових вод артезіанських басейнів, крайових прогинів та складчастих областей; 3) Провінція радонових киснево-азотних (та азотних) вод.

Такий поділ території України (і СРСР), який мав мало спільного як з поглядами на геологічну та гідрогеологічну будову, так і з уявленнями бальнеологів про джерела лікувального впливу мінеральних вод, виглядав не зовсім зрозумілим. При бальнеологічному оцінюванні природних вод увага націлена на три гази – вуглекислий, сірководень та радон. Останнім часом за газовим складом виділяють ще водневі мінеральні води. Отже, виділення провінцій із залученням азотних, метанових, азотно-метанових, киснево-азотних та інших сполук газів, лікувальна роль яких не відома і котрі не входять в жодну бальнеологічну класифікацію, вносило суттєву плутанину. В цілому, міркування, подібні викладеним, були однією з передумов напрацювання нового районування та класифікації.



Масштабована копія карти «Мінеральні води без специфічних компонентів України» з нанесеними родовищами мінеральних вод

Scaled copy of the map "Mineral waters without specific components of Ukraine" with mapped mineral water deposits

До цього часу залишається багато питань щодо ролі та місця мінеральних вод з підвищеною мінералізацією. Варто зазначити, що у світі є місцевості, де люди користуються для пиття водою, яку можна визначити як мінеральну з підвищеною мінералізацією. Наприклад, вживаються для пиття води з мінералізацією понад 1-2 г/дм³. І це – не рідкість. Негативну дію сталого застосування таких вод для питних потреб слід вивчати. В той же час практика лікування мінеральними водами накопичила достатньо даних про їх цілющу дію, аби бальнеологи могли ввести у класифікацію таку категорію лікувальних вод.

Потребують подальшого вивчення і пояснення багато речей, а саме: а) як відрізнити за дією на організм близькі за складом питні та мінеральні води?; б) чи відрізняються вони взагалі між собою?; в) чи є щось особливе у складі саме мінеральних вод з підвищеною мінералізацією?; г) яка доля лікувальної дії підвищених концентрацій макрокомпонентів у мінеральних водах із специфічними компонентами? д) які процеси в організмі споживачів відбуваються в одних випадках (вживання питних вод), а які – в інших (мінеральних)? Запитань ще дуже багато – і стосовно питних вод, і мінеральних. Відповіді на них, очевидно, слід шукати насамперед у поглибленому вивченні хімічного складу вод.

Застосування методу моделювання та обговорення деяких отриманих результатів

З метою з'ясувати якомога детальніше хімічний склад мінеральних вод з підвищеною мінералізацією було застосовано метод моделювання їх хімічного складу, який ґрунтується на принципах рівноважної хімічної термодинаміки. Хімічний склад моделей мінеральних вод розраховувався з допомогою програми GEMS v.3.2, яка реалізує алгоритм мінімізації енергії Гіббса.

Частково результати моделювання восьми мінеральних вод з підвищеною мінералізацією «миргородського» та «сульфатного» типів вже викладені [Овчиннікова, 2017]. Було відмічено, що хімічний склад мінеральних вод за результатами термодинамічного моделювання виявився дуже складним: він налічує не тільки різні іони, але і безліч різноманітних сполук, а також тверді фази – мінерали, часто – газові фази. В контексті цієї статті треба зазначити, що мінеральні води,

взяті для моделювання, представляють різні гідрогеологічні регіони України (див. рисунок) Мінеральні води «Миргородська» та «Сосновий бір» видобуваються у Дніпровському артезіанському басейні; родовище мінеральної води «Степанська» знаходиться на західному схилі Українського щита; Балучинське родовище (мінеральна вода «Надбужанська») – у Волино-Подільському артезіанському басейні; Сергіївське та Куяльницьке родовища – у Причорноморському артезіанському басейні; мінеральні води «Брусницька» та «Китроське джерело» – у Волино-Подільському артезіанському басейні, зовсім близько до межі з мегарегіоном складчастих Карпат. Мінеральні води видобуваються з різних глибин, з різних водоносних горизонтів: «Миргородська» – сеноман-нижньокрейдовий водоносний горизонт, глибина – 636,6 м; «Сосновий бір» – верхньоюрський горизонт, глибина встановлення фільтровальної колони – 1106,75-1206,3 м; «Куяльник» – верхньосарматський водоносний горизонт, глибина видобування – 74,0-75,1 м; «Сергіївська» – нижньосарматський горизонт, глибина 250,0 м; «Брусницька» – косівська світа неогену, глибина – 119-154 м; «Степанська» – поліська серія верхнього протерозою, глибина – 582,0 м; «Надбужанська» – сантонський та кампанський яруси (нерозчленовані) верхньої крейди, глибина 14,0-28,0...115,0-135,5 м; «Китроське джерело» – вихід відкладів альбського ярусу нижньої крейди на денну поверхню, глибина 0 м. Мінеральні води різних гідрогеологічних регіонів відрізняються між собою різними наборами мікроелементів (табл. 1). Частина мікроелементів не може поки що бути обрахована через відсутність відповідних даних у термодинамічній базі до програми GEMS v3.2, яка була застосована для обчислення хімічного складу моделей мінеральних вод.

У мінеральних водах Волино-Подільського артезіанського басейну обов'язково одночасно присутні іони літію та стронцію у помітних концентраціях; молібден містить єдина мінеральна вода басейну – «Надбужанська». В мінеральній воді «Миргородська» Дніпровського басейну та в обох водах Причорноморського басейну визначався цинк як «сліди». Для усіх мінеральних вод характерний вміст двоокису кремнію та заліза; у всіх водах, окрім «Степанської», міститься бор; всюди, крім води «Куяльник», знайдений фтор; у всіх водах, окрім «Миргородської», є

Таблиця 1. Мікрокомпоненти у складі мінеральних вод з підвищеною мінералізацією
Table 1. Microcomponents in mineral water with increased mineralization

Г і д р о г е о л о г і ч н і р е г і о н и		Волино-Подільський артезіанський басейн													
Дніпровський артезіанський басейн		Західний схил Українського щита													
Причорноморський артезіанський басейн		М і н е р а л ь н і в о д и													
«Миргородська»		«Сосновий бір»		«Кіуяльник»		«Сергіївська»		«Степанська»		«Брусиницька»		«Китроське джерело»		«Надбужанська»	
Компонент	Вміст, мг/дм ³	Компонент	Вміст, мг/дм ³	Компонент	Вміст, мг/дм ³	Компонент	Вміст, мг/дм ³	Компонент	Вміст, мг/дм ³	Компонент	Вміст, мг/дм ³	Компонент	Вміст, мг/дм ³	Компонент	Вміст, мг/дм ³
HBO ₂	Сл.	HBO ₂	0-5,6	Br ⁻	4,7	H ₂ SiO ₃	38,4-42,0	NO ₂ ⁻	0,00005	NH ₄ ⁺	1,9-2,0	NO ₃ ⁻	0,0-27,5	F ⁻	2,57
F ⁻	1,2-1,5	F ⁻	1,2-1,5	Γ	0,38	HBO ₂	6,77-10,9	Mn ²⁺	0,00022	Br ⁻	1,161-3,857	F ⁻	0,12-0,62	Mn ²⁺	0,02
Fe _{сум}	0,3-4,0	Fe ²⁺	0,14-3,5	Fe _{сум}	0,088	Fe _{сум}	0,35-0,4	Fe _{сум}	0,0-0,003	Γ	0,287-1,337	Mn ²⁺	0,0-0,053	Mo ⁴⁺	0,003
Zn, Cu, Pb, Ni, Co	<1	Mn	0,0013-0,35	Zn ²⁺	0,005	Γ	0,18-1,1	Br ⁻	0,0026	Li ⁺	0,345-2,220	Li ⁺	0,0-0,10	Li ⁺	0,26
H ₂ SiO ₃	22	Sr ²⁺	1,5-2,15	H ₂ SiO ₃	13-15	Br ⁻	1,6-4,32	Sr ²⁺	0,0002	Sr ²⁺	0,134-0,462	Sr ²⁺	0,65-13,18	Sr ²⁺	21,6
		I	0-1,06	HBO ₂	0,010-0,015	NH ₄ ⁺	0,8-2,0	Γ	0,00006	H ₂ SiO ₃	8,84-30,8	Br ⁻	0,12-0,30	Γ	0,04
		Br	1,132-4,27			Mn	0,011-0,014	H ₂ SiO ₃	0,01	HBO ₂	19,44-26,32	H ₂ SiO ₃	10,75-33,08	Br ⁻	0,11
		NO ₃	0,01-2,0			F	0,94-2,4	F ⁻	0,0003	F ⁻	1,05-1,8	HBO ₂	0,0-2,5	H ₂ SiO ₃	15,1
		H ₂ SiO ₃	12,6-14,9			Ni, Co, Sr, Cr, Zn, Cu, Li	<1			Fe _{сум}	0-1,0	Fe _{сум}	0,0-2,3	HBO ₂	6,49
														NH ₄ ⁺	0,1
														H ₂ S	3,3-4,5

бром та йод; у «Китроському джерелі» – тільки бром; сполуки азоту не зафіксовані у мінеральних водах «Миргородська» та «Куяльник»; манган присутній у мінеральних водах «Сосновий бір», «Сергіївська», «Степанська», «Надбужанська» та у «Китроському джерелі».

На підставі застосування термодинамічного розрахунку було встановлено таке: більшість названих вище мікроелементів знаходяться у водах у насиченому стані, в результаті чого на основі цих мікроелементів утворюються тверді фази. У всіх мінеральних водах знайдений кварц. Залізо у насиченому стані є осередком для формування піриту та гетиту: в деяких мінеральних водах одного типу утворюються обидві фази, в деяких – або пірит, або гетит. Мінеральні води миргородського типу Дніпровського артезіанського басейну («Миргородська», «Сосновий бір») відрізняються від інших вод тим, що в них не утворюється доломіт. В інших басейнах в мінеральних водах «Сергіївська», «Куяльник», «Степанська», «Брусницька» доломіт утворюється. Присутність у мінеральних водах мангану може слугувати осередком для утворення піролюзиту («Сосновий бір», «Китроське джерело») або родохрозиту («Степанська»), або тверда фаза не утворюється («Сергіївська», «Надбужанська»). У всіх водах, де лабораторні аналізи виявили бор, утворилась борна кислота, в яку увійшов весь бор (інші мікроелементи – залізо, манган та ін. – утворили ще різноманітні розчинні сполуки з різними іонами). Тому концентрація борної кислоти у деяких мінеральних водах (наприклад, у «Брусницькій») може перевищувати концентрації іонів кальцію, магнію та інших сполук, утворених основними іонами. Відбувається це тому, що у воді знаходяться не окремі іони макро- та мікрокомпонентів (Na^+ , Ca^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Mn^{7+} , Sr^{2+} і т.д.), а, як свідчать результати термодинамічних розрахунків, у воді формуються за участі тих самих іонів безліч різноманітних сполук (FeHSiO_3^{+2} , LiSO_4 , MnHCO_3^+ , CaF^+ , CaHSiO_3^+ та ін).

Отже, на основі цього короткого аналізу результатів моделювання хімічного складу мінеральних вод можна констатувати, що є підстави та можливість відрізнити мінеральні води Волино-Подільського артезіанського басейну від інших за наявністю мікроелементу літію, води Дніпровського басейну від інших – за відсутністю доломіту.

Якщо різниця у простому наборі мікроелементів – це відомий факт, то з'ясувати відмінності за різними сполуками, які утворюють хімічні компоненти між собою, це нова можливість, яка стає доступною в результаті застосування термодинамічних розрахунків. Утворення різних мінералів, «осередком» яких є один і той же мікроелемент (наприклад, пірит або гетит, піролюзит або родохрозит), говорить насамперед про те, що окисно-відновні обстановки мінеральних вод одного миргородського типу не однакові. Це доволі показово, тому що далеко не всі прилади вимірювання рН досягають такої точності. Крім того, уточнення окисно-відновної обстановки, а, головне, можливість дослідити її наслідки у складі мінеральної води, може бути основою для пояснення різниці у бальнеологічній дії вод.

З табл. 2 (де винесені для кожної з чотирьох мінеральних вод перші 20 сполук, концентрація яких найбільша) видно, як відрізняються між собою дані мінеральні води миргородського типу у зв'язку з перерозподілом макро- та мікрокомпонентів. У таблиці компоненти розташовані у порядку зменшення їх концентрацій у воді; наприклад, у мінеральній воді «Сосновий бір» після іону Ca^{+2} на шостому місці з'являється іон NaSO_4^- , а концентрація Mg^{+2} менша, і він з'являється вже на сьомій позиції. У мінеральних водах «Куяльник» та «Степанська» на восьмому місці знаходиться мінерал доломіт, у «Миргородській» та «Сосновий бір» – інші сполуки. В першу двадцятку попадають сполуки у молекулярній формі NaCl^0 , MgSO_4^0 , CaSO_4^0 , NaHCO_3^0 , складні іони типу MgHCO_3^+ , CaHCO_3^+ , CaCl^+ і т.д., доломіт, гетит, кварц, розчинений вуглекислий газ та іони F^- , CO_3^- , Br^- , Sr^{+2} і т.д. В кожній мінеральній воді свій оригінальний набір першої двадцятки. І цей набір не збігається з усталеним уявленням, яке і лягло в основу усіх класифікацій природних вод, згідно з яким хімічний склад вод визначають шість основних іонів (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^-), потім – *другорядні* елементи, серед яких головним є залізо (Fe^{3+}), на останньому місці – мікроелементи. З цього випливає, що класифікація мінеральних вод з підвищеною мінералізацією (по-старому «без специфічних компонентів») потребує не тільки уточнення, але і нового осмислення.

Раніше висловлювалась думка [Овчиннікова, 2017], що склад ряду сполук у мінеральних водах збігається із складом певних гомеопатичних

Таблиця 2. Найбільші за концентрацією сполуки у мінеральних водах за термодинамічним розрахунком. В порядку зменшення концентрацій

Table 2. The highest concentration of the compound in mineral waters according to the thermodynamic calculation. In order of concentrations decreasing

№ з/п	«Миргородська»		«Сосновий бір»		«Куюльник»		«Степанська»	
	Компонент	Вміст, моль/дм ³	Компонент	Вміст, моль/дм ³	Компонент	Вміст, моль/дм ³	Компонент	Вміст, моль/дм ³
1	Na ⁺	4,55E-02	Na ⁺	0,0546352	Na ⁺	0,045914	Na ⁺	0,041632
2	Cl ⁻	3,88E-02	Cl ⁻	0,0411441	Cl ⁻	0,039661	Cl ⁻	0,040078
3	HCO ₃ ⁻	4,69E-03	SO ₄ ⁻²	0,0069113	HCO ₃ ⁻	0,005798	HCO ₃ ⁻	0,005848
4	SO ₄ ⁻²	2,15E-03	HCO ₃ ⁻	0,0040082	SO ₄ ⁻²	0,00498	Mg ⁺²	0,002005
5	Ca ⁺²	8,88E-04	Ca ⁺²	0,0018316	Mg ⁺²	0,002866	Ca ⁺²	0,001801
6	Mg ⁺²	4,37E-04	NaSO ₄ ⁻	0,0007392	Ca ⁺²	0,001867	SO ₄ ⁻²	0,001641
7	NaSO ₄ ⁻	2,18E-04	Mg ⁺²	0,0007033	CO ₂ ⁰	0,000649	CO ₂ ⁰	0,000591
8	CO ₂ ⁰	2,10E-04	CaSO ₄ ⁰	0,00039	Доломіт	0,000592	Доломіт	0,000216
9	NaCl ⁰	1,92E-04	NaCl ⁰	0,0002329	MgSO ₄ ⁰	0,000527	NaCl ⁰	0,000179
10	F ⁻	1,55E-04	CO ₂ ⁰	0,0002166	NaSO ₄ ⁻	0,000456	NaSO ₄ ⁻	0,000145
11	SiO ₂ ⁰	1,44E-04	MgSO ₄ ⁰	0,0001729	K ⁺	0,000404	SiO ₂ ⁰	0,000144
12	Кварц	1,37E-04	SiO ₂ ⁰	0,0001436	CaSO ₄ ⁰	0,000297	MgSO ₄ ⁰	0,000137
13	NaHCO ₃ ⁰	8,05E-05	Гетит	8,50E-05	B(OH) ₃ ⁰	0,000247	CaSO ₄ ⁰	0,000106
14	CaSO ₄ ⁰	7,60E-05	NaHCO ₃ ⁰	7,88E-05	NaCl ⁰	0,00019	NaHCO ₃ ⁰	9,07E-05
15	Гетит	7,46E-05	F ⁻	5,74E-05	SiO ₂ ⁰	0,000143	Гетит	7,39E-05
16	MgSO ₄ ⁰	4,32E-05	B(OH) ₃ ⁰	4,74E-05	NaHCO ₃ ⁰	0,000097	MgHCO ₃ ⁺	5,85E-05
17	CaHCO ₃ ⁺	2,39E-05	Кварц	3,86E-05	MgHCO ₃ ⁺	7,82E-05	CaHCO ₃ ⁺	5,76E-05
18	CO ₃ ²⁻	1,59E-05	CaHCO ₃ ⁺	3,72E-05	Br ⁻	6,00E-05	Br ⁻	3,20E-05
19	MgHCO ₃ ⁺	1,08E-05	Sr ⁺²	3,26E-05	CaHCO ₃ ⁺	5,58E-05	MgCl ⁺	2,52E-05
20	CaCl ⁺	7,59E-06	Br ⁻	3,20E-05	Кварц	3,62E-05	Кварц	2,24E-05

ліків. До того ж і самі дози гомеопатичної речовини у ліках відповідають аналогічним концентраціям речовин у мінеральних водах. Напрацювання гомеопатії можуть слугувати якоюсь зачіпкою, орієнтиром для медичного аналізу великого об'єму інформації, що надає метод моделювання на принципах термодинаміки. Подібним орієнтиром можуть бути і медичні дослідження стосовно обґрунтувань ГДК елементів складу для питних вод, яких доволі багато.

З плином часу змінюються технології, удосконалюються методи та точність лабораторного

визначення хімічних елементів. Як показує практика, доступний об'єм інформації про присутність різних мікрокомпонентів у складі води збільшується, виявляються нові мікроелементи і у мінеральних водах, що потребує узгодженого комплексування бальнеологічних, гідрохімічних і гідрогеологічних досліджень.

Висновки

В категорію I – «Мінеральні води з підвищеною мінералізацією» об'єднана велика група різноманітних за хімічним складом та мінералізацією мінеральних вод.

Існують родовища мінеральних вод з підвищеною мінералізацією, формування яких пов'язане виключно із зоною *активного* водообміну. Це зона особливого господарчого інтересу, що пояснюється багатством, різноманітністю та геологічною вивченістю підземних вод в її межах, найбільшою забезпеченістю їх ресурсів при умові раціонального використання, а також суто економічними причинами.

Хімічний склад багатьох видів мінеральних вод формується з участю вод, що знаходяться в зонах *утрудненого* та *значно утрудненого* водообміну протягом тривалого геологічного часу. Інтрузія таких мінералізованих вод у зони *активного* і *значного водообміну* має різні причини, в основному аномальні для виділеного району. Висхідне надходження глибинних мінералізованих вод є фактором формування та розповсюдження родовищ мінеральних вод на невеликих глибинах і, більшою мірою, пов'язане з розривними тектонічними порушеннями. Серед аномальних факторів формування мінеральних вод можна відмітити також наявність соляних штоків, літолого-фаціальних та тектонічних вікон, які забезпечують посилене вертикальне висхідне перетікання підземних вод.

На підставі дослідження хімічного складу мінеральних вод методами термодинаміки

встановлено, що, незважаючи на усталені уявлення, згідно з якими в мінеральних водах цієї категорії специфічні компоненти практично відсутні, більшість присутніх в них мікроелементів знаходяться в насиченому стані, що сприяє утворенню твердих фаз – мінералів у складі вод. Виявлені факти потребують подальшого ретельного дослідження із залученням поглядів лікарів та бальнеологів.

За присутніми мікро- та макроелементами або сполуками, які вони утворюють, є можливість ідентифікувати гідрогеологічний регіон походження мінеральних вод з підвищеною мінералізацією. Ідентифікація за сполуками – це нова можливість, яка стає доступною завдяки методам термодинаміки. Звичайно це припущення потребує достатньої доказової бази.

Досліджені мінеральні води одного типу помітно відрізняються між собою за складом сполук, які утворюють як мікро-, так і макроелементи. Виявилось, що хімічний склад мінеральних вод «без специфічних компонентів» не зовсім відповідає тим класифікаційним ознакам, які були закладені при виділенні в окрему групу цієї категорії лікувальних вод і дали їй назву. Тому пропонується ці мінеральні води називати «мінеральні води з підвищеною мінералізацією».

Список літератури

Алексеева А.С., Гирич Р.Г. и др. Составление карты минеральных вод УССР масштаба 1:1 000 000. Киев: ДНВП «Державний інформаційний геологічний фонд України», 1986.

Бабинец А.Е. Подземные воды юго-запада Русской платформы. Киев: Изд-во АН УССР, 1961. 380 с.

Бут Ю.С., Решетов И.К., Дробноход Н.И. и др. Малые артезианские бассейны Северо-Западного Донбасса. Киев: Наук. думка, 1987. 200 с.

Вовк И.Ф. Рассолы кристаллического фундамента щитов. Киев: Наук. думка, 1982. 164 с.

Гатальский М.А. Подземные воды и газы палеозоя северной половины Русской платформы. Москва: Госгеолтехиздат, 1954. 172 с.

Гидрогеология СССР. Т. 5. Украинская ССР: Руденко Ф.А. (ред.). Москва: Недра, 1971а. 614 с.

Гидрогеология СССР. Т. 6. Донбасс: Попов В.С., Соляков И.П., Щеголев Д.И. (ред.). Москва: Недра, 1971б. 480 с.

Гидрогеология СССР. Т. 8. Крым: Рипский Е.В., Ришес Е.А., Ткачук В.Г., Толстихин Н.И. (ред.). Москва: Недра, 1971в. 364 с.

Державний баланс запасів України на 1 січня 2005 року. Мінеральні підземні води. Київ: ДНВП «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2005.

Доленко И.Н., Шарун А.В. Слабоминерализованные воды Керченского полуострова. *Маломинерализованные воды глубоких горизонтов нефтегазоносных провинций:* Сб. науч. тр. Киев: Наук. думка, 1985. 280 с.

ДСТУ 878-93. Води мінеральні питні. Технічні умови. Київ: Держстандарт України. 475 с.

Лагунова И.А. Глубинные подземные воды пониженной минерализации и их роль в формировании инверсионной гидрогеохимической зональности нефтегазоносных бассейнов. *Маломинерализованные воды глубоких горизонтов нефтегазоносных провинций:* Сб. науч. тр. Киев: Наук. думка, 1985. 280 с.

Маков К.І. Гідрогеологічні умови Українського кристалічного масиву. *Геол. журн.* 1948. Т. 9, № 3 (24). С. 65-69.

Нотаров В.Д. Умови формування хлоридно-натрійових вод Кривбасу. *Геол. журн.* 1956. Т. 16, № 3 (52), С. 276-277.

Овчиннікова Н.Б. Про хімічний склад мінеральних вод: хімічні аналогії та фізичні властивості. *Геол. журн.* 2017. № 2 (359). С. 80-92.

Огняник М.С. Мінеральні води України: Підручник. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2000. 220 с.

Посохов Е.В. Происхождение содовых вод в природе. Ленинград: Гидрометеиздат, 1969. 334 с.

Руденко Ф.А. Гидрогеология Украинского кристаллического массива. Москва: Госгеолтехиздат, 1958. 216 с.

Самарина В.С. Гидрогеохимия: Учебное пособие. Ленинград: Изд-во Ленингр. ун-та, 1977. 360 с.

Суярко В.Г. Геохимия подземных вод восточной части Днепровско-Донецкого авлакогена. Харьков: ХНУ им. В.Н. Каразина, 2006. 225 с.

Чуринов М.В., Цыпина И.М., Лазарева В.П. Подземные воды и оползни южного берега Крыма. Москва: Госгеолтехиздат, 1962. 339 с.

Швай Л.П. Подземные воды Днепровско-Донецкой впадины в связи с нефтегазоносностью. Москва: Недра, 1973. 105 с.

References

Alekseeva A.S., Girich R.G. et al., 1986. Compilation of a map of mineral waters of the Ukrainian SSR on a scale of 1:1,000,000. Kiev: State scientific and production enterprise «State information geological fund of Ukraine» (in Russian).

Babinece A.E., 1961. Underground waters of the southwest of the Russian platform. Kiev: Izdatelstvo AN USSR, 380 p. (in Russian).

But Yu.S., Reshetov I.K., Drobnokhod N.I. et al., 1987. Small artesian basins of the North-Western Donbass. Kiev: Naukova Dumka, 200 p. (in Russian).

Churinov M.V., Tsyypina I.M., Lazareva V.P., 1962. Groundwater and landslides of the southern coast of Crimea. Moscow: Gosgeoltekhizdat, 339 p. (in Russian).

Dolenko I.N., Sharun A.V., 1985 Low-mineralized waters of the Kerch Peninsula. In: *Low mineralized waters of deep horizons of oil and gas provinces: Collection of scientific papers.* Kiev: Naukova Dumka, 280 p. (in Russian).

DSTU 878-93. Mineral drinking water. Specifications. Kyiv: Gosstandart of Ukraine, 475 p. (in Ukrainian).

Шестопалов В.М. Естественные ресурсы подземных платформенных артезианских бассейнов Украины. Киев: Наук. думка, 1981. 196 с.

Шестопалов В.М., Дробноход В.И., Лялько В.И., Огняник Н.С., Ситников А.Б., Сухоробрий А.А., Боревский В.В., Бут Ю.С., Митник М.М., Брикс А.Л., Гавловский С.А., Лютый Г.Г., Морозов В.И., Головченко Ю.Г., Баер Р.А., Жук С.Г., Кубко Ю.И., Мандрик Б.Н. Водообмен в гидрогеологических структурах Украины: Водообмен в естественных условиях. Киев: Наук. думка, 1989. 288 с.

Шестопалов В.М., Негода Г.М., Моисеева Н.П., Дружина М.О., Сухоробрий А.О., Онищенко І.П., Гудзенко В.В., Овчиннікова Н.Б., Усов В.Ю., Ясевич Г.П. Формування мінеральних вод України. Київ: Наук. думка, 2009. 311 с.

Шестопалов В.М., Негода Г.Н., Овчиннікова Н.Б., Набока М.В., Моисеева Н.П., Сулейманов С.П., Блинов П.В., Бобылева О.А., Бурлак Г.Ф., Великий Г.И., Ковальская В.В., Лютый Г.Г., Прокоров В.А. Классификация минеральных вод Украины. Киев: Макком, 2003. 121 с.

Штогрин О.Д., Тердовидов О.С., Нечина С.В. Геохімія підземних вод Степового Криму та її нафтогазорозшукове значення. Київ: Наук. думка, 1973. 175 с.

Gatalskyi M.A., 1954. Groundwater and gases of the Paleozoic of the northern half of the Russian platform. Moscow: Gosgeoltekhizdat, 172 p. (in Russian).

Hydrogeology of the USSR, 1971a. Vol. 5. Ukrainian SSR. (Ed. Rudenko F.A.). Moscow: Nedra, 614 p. (in Russian).

Hydrogeology of the USSR, 1971b. Vol. 6. Donbass. (Eds. Popov V.S., Solyakov I.P., Schegolev D.I.). Moscow: Nedra, 480 p. (in Russian).

Hydrogeology of the USSR, 1971b. Vol. 8. Crimea. (Eds. Ripsky E.V., Rishes E.A., Tkachuk V.G., Tolstikhin N.I.). Moscow: Nedra, 364 p. (in Russian).

Lagunova I.A., 1985. Deep underground waters of low mineralization and their role in the formation of the inversion hydrogeochemical zonality of oil and gas basins. In: *Low mineralized waters of deep horizons of oil and gas provinces: Collection of scientific papers.* Kiev: Naukova Dumka, 280 p. (in Russian).

Makov K.I., 1948. Hydrogeological conditions of the Ukrainian crystalline massif. *Geologichnyy Zhurnal*, № 3 (24), p. 65-69 (in Ukrainian).

- Notarov V.D.**, 1956. Conditions of formation of chloride-sodium waters of Kryvbas. *Geologichnyy Zhurnal*, № 3 (52), p. 276-277 (in Ukrainian).
- Ognyanik M.S.**, 2000. Mineral waters of Ukraine: Textbook. Kyiv: VPC «Kyivskyy Universitet», 220 p. (in Ukrainian).
- Ovchinnikova N.B.**, 2017. About chemical composition of mineral waters: chemical analogies and physical properties. *Geologichnyy Zhurnal*, № 2 (359), p. 80-92 (in Ukrainian).
- Posokhov E.V.**, 1969. The origin of soda water in nature. Leningrad: Gidrometeoizdat, 334 p. (in Russian).
- Rudenko F.A.**, 1958. Hydrogeology of the Ukrainian crystalline massif. Moscow: Gosgeoltekhizdat, 216 p. (in Russian).
- Samarina V.S.**, 1977. Hydrogeochemistry. Textbook. Leningrad: Izdatelstvo Leningradskogo Universiteta, 360 p. (in Russian).
- Shestopalov V.M.**, 1981. Natural resources of underground platform artesian basins of Ukraine. Kiev: Naukova Dumka, 196 p. (in Russian).
- Shestopalov V.M., Drobnokhod V.I., Lyalko V.I., Ognianik N.S., Sitnikov A.B., Sukhorebryi A.A., Borevsky V.V., But Yu.S., Mitnik M.M., Briks A.L., Gavlovsky S.A., Lyuty G.G., Morozov V.I., Golovchenko Yu.G., Baer R.A., Zhuk S.G., Kubko Yu.I., Mandrik B.N.**, 1989. Water exchange in the hydrogeological structures of Ukraine: Water exchange in natural conditions. Kiev: Naukova Dumka, 288 p. (in Russian).
- Shestopalov V.M., Negoda G.M., Moiseva N.P., Druzhina M.O., Sukhorebryi A.O., Onishchenko I.P., Gudzenko V.V., Ovchinnikova N.B., Usov V.Y., Yasevich G.P.**, 2009. Forming of mineral waters of Ukraine. Kyiv: Naukova Dumka, 311 p. (in Ukrainian).
- Shestopalov V.M., Negoda, G.N., Ovchinnikova N.B., Naboka M.V., Moiseeva N.P., Suleymenov S.P., Blinov P.V., Bobyleva O.A., Burlak G.F., Veliky G.I., Kovalskaya V.V., Lyuty G.G., Prokopov V.A.**, 2003. Classification of mineral waters of Ukraine. Kiev: Makkom, 121 p. (in Russian).
- Shtogrin O.D., Terdovidov O.S., Nechina S.V.**, 1973. Geochemistry of underground waters of Steppe Crimea and its oil and gas exploration significance. Kyiv: Naukova Dumka, 175 p. (in Ukrainian).
- Shvay L.P.**, 1973. Underground waters of the Dnieper-Donets basin in connection with oil and gas content. Moscow: Nedra, 105 p. (in Russian).
- State** balance of stocks of Ukraine on January 1, 2005. Mineral groundwater. Kyiv: State scientific and production enterprise "State information geological fund of Ukraine" (in Ukrainian).
- Suyarko V.G.**, 2006. Groundwater geochemistry of the eastern part of the Dnieper-Donets aulacogen. Kharkov: KhNU imeni V.N. Karazina, 225 p. (in Russian).
- Vovk I.F.**, 1982. Brines of the crystalline basement of shields. Kiev: Naukova Dumka, 164 p. (in Russian).

Стаття надійшла
18. 06. 2019