

## АНАЛІЗ ГІДРОГЕОХІМІЧНОЇ СИТУАЦІЇ НА ТЕРИТОРІЇ, ПРИЛЕГЛОЇ ДО СТАВКА-НАКОПИЧУВАЧА «СВІДОВОК»

*Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара*

**Проаналізовано гідрогеохімічний склад поверхневих та підземних вод на території, прилеглої до ставка-накопичувача «Свідовок» (Західний Донбас). Виявленні хімічні типи поверхневих та підземних вод за формулою Курлова. Розглянуті діаграми рівноваги з алюмосилікатами та силікатами.**

*Ключові слова:* ставок-накопичувач, формула Курлова, діаграма рівноваги, алюмосилікати та силікати

**Проанализировано гидрогеохимический состав поверхностных и подземных вод на территории, прилегающей к пруду-накопителю «Свидовок» (Западный Донбасс). Определены химические типы поверхностных и подземных вод по формуле Курлова. Рассмотрены диаграммы равновесия с алюмосиликатами и силикатами.**

*Ключевые слова:* пруд-накопитель, формула Курлова, диаграмма равновесия, алюмосиликаты и силикаты

**The hydrogeochemical composition of surface and groundwater in the area adjacent to the pond-storage “Svidovok” (West Donbas) was analyzed. The chemical types of surface and groundwater by the formula Kurlova were determined. The equilibriums with aluminosilicates and silicates were considered.**

*Key words:* pond-storage, the formula of Kurlov, diagram of equilibrium, aluminosilicates and silicates

### **Постановка проблеми**

Західний Донбас – перспективний гірничовидобувний регіон України, площа якого складає 3,6 тис. км<sup>2</sup>. На його території діє 10 вугільних шахт та 5 ставків-накопичувачів. Відкачувані на поверхню шахтні води накопичуються у ставках-накопичувачах. У результаті технологічної недосконалості ставків-накопичувачів, не достатньої гідроізоляції днищ водойм солі інфільтруються у нижні водоносні горизонти.

Формування хімічного складу підземних вод – складний, тривалий та багатоступінчастий процес, в земній корі він іде постійно.

На території, прилеглої до ставка-накопичувача «Свідовок», вивчаються два явища: формування нових техногенних водоносних горизонтів та утворення природно-техногенних водоносних горизонтів змішаного складу. Результати цих процесів знаходять відображення у зміні хімічного складу підземних та поверхневих вод. При формуванні техногенних та природно-техногенних водоносних горизонтів, головними є фізико-хімічні процеси, а іноді деякі з них, такі як розчинення, осадження та ін. [5].

Відомо, що кожна природна система має властивість до саморегулювання. Формування хімічного складу підземних вод в умовах техногенного впливу відбувається з урахуванням природної гідрогеохімічної ситуації, складу порід, що вміщують воду, особливостей техногенних стоків та має особливості у кожному конкретному випадку.

В цілому неврівноважений характер системи «вода – порода» у верхній частині земної кори являється руйнацією водою гірських порід і утворенням нових мінеральних фаз, геохімічних типів води і ін.

**Мета роботи** полягала у визначенні типу поверхневих та підземних вод, у дослідженні гідрогеохімічних процесів на території, прилеглої до ставка-накопичувача «Свідовок» та виявлення рівноваг із алюмосилікатами.

#### **Аналіз попередніх досліджень та публікацій**

Сукупність геохімічних та мінералогічних процесів, які викликаються діяльністю людини, академік А. Е. Ферсман назвав техногенезом [6]. В останнє десятиліття у рамках техногенезу активно розвинулися нові наукові напрямки, у тому числі і гідрогеохімія техногенезу. Завданнями їх є вивчення поведінки хімічних елементів під впливом техногенних факторів у різноманітних фізико-хімічних умовах гідролітосфери.

У даний час при збільшенні уваги до проблем техногенезу багато питань залишаються нерозв'язаними. Важливі, зокрема для Західного Донбасу, питання гідрогеохімічної трансформації поверхневих та підземних вод, гідролізу, рівноваги із карбонатними породами, що обумовлено комплексним впливом природних та техногенних факторів.

В умовах техногенної метаморфізації поверхневих та підземних вод велику роль відіграють гетерогенні процеси масообміну, в результаті яких відбувається поява нових твердих фаз – техногенних осадів. Дані процеси включають в себе гідроліз силікатів та алюмосилікатів. У метаморфізованих водах гідроліз протікає більш складно, ніж у природних, тому що спектр забруднюючих компонентів більш різноманітний по своїй природі і відрізняється від компонентів природних вод. Серед забруднюючих компонентів присутні як каталізатори, так і інгібітори гідролізу. Складний хімічний склад метаморфізованих вод та утворення нових твердих фаз обумовлюють різноманітність механізмів та видів кінетики гідролізу [3].

Проблема рівноваги вод із карбонатними породами, зокрема з кальцитом, розглядалась С. Л. Шварцевим на прикладі підземних вод помірного клімату, де він зробив висновок про зональний характер водонасичення карбонатами.

У роботах С. Л. Шварцева, В. П. Зверева та ін. висвітлюється проблема рівноваги води із алюмосилікатами з фізико-хімічної та термодинамічної позицій, де вони прийшли до висновку вважати цю систему неврівноваженою. Система «вода – порода» є рівноважно-нерівноважною незалежно від глибини її залягання і швидкості руху води. Остання завжди розчиняє нерівноважні з водою мінерали, замість яких формуються рівноважні з водним розчином мінеральні утворення [2, 4].

На даний час не досліджено питання рівноваги алюмосилікатів і силікатів у підземних водах для району гірничо-видобувної промисловості (Західний Донбас).

#### **Виклад основного матеріалу**

Об'єктом дослідження є поверхневі та підземні води на території, прилеглої до ставка-накопичувача «Свідовок». За поверхневими водами (ставок-накопичувач «Свідовок») проводилися багаторічні спостереження (з 1984 р.), а за підземними – короткочасні (з 2004 р.) Павлоградською геологорозвідувальною експедицією.

Ставок-накопичувач «Свідовок» введений в експлуатацію у 1983 році. Він розташований в 7,5 км від північно-східної шахти «Павлоградська», на полі шахти «Західно-Донбаська». Довжина ставка – 1 000 м, ширина – 600 м, глибина – 8,8 м (рис. 1). Дно балки до 8,5 м представлено щільними жовто-сірими суглинками, а від 8,5 м до 20 м – дрібнозернистим глинистим світло-сірим піском.

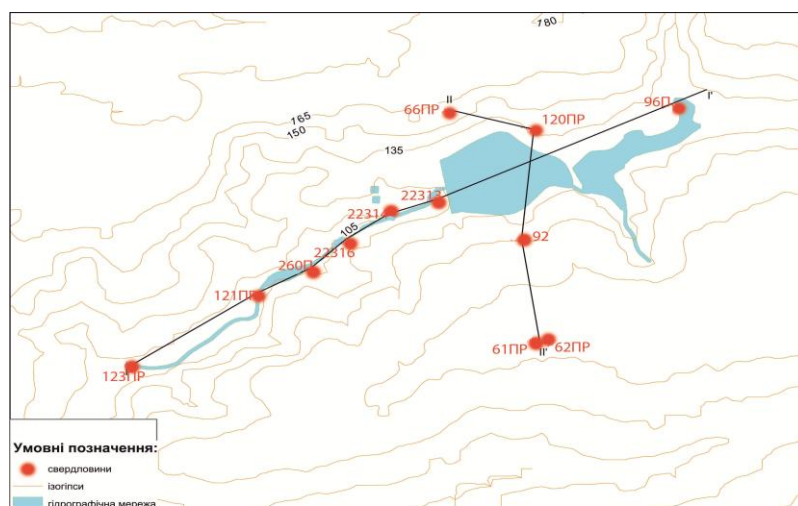


Рис.1. Карта-схема розташування ставка-накопичувача «Свідовок»

У геоморфологічному відношенні район дослідження є слабгорбистою рівниною, нахиленою до півдня й південного сходу, з розчленованою річковою та яружно-балковою мережею.

Клімат території помірно континентальний, характеризується короткою малосніжною зимою і тривалим теплим літом. Досліджувана територія відноситься до зони нестійкої вологості. Середньорічна кількість атмосферних опадів за 2012 рік складає 503,2 мм.

У геологічній будові беруть участь породи палеогенового, неогенового та четвертинного віку. Палеогенова система (р) складена дрібнозернистими глауконітовими пісками потужністю до 15 м, пісками і алевролітами берекської світи загальною потужністю до 25 м. Відклади неогенової системи (новопетровська свита –  $N_1np$ ) розповсюджені у межах вододільного плато, його схилів. Вони представлені тонкозернистими кварцевими пісками і щільними глинами загальною потужністю 30 м. Відклади четвертинної системи (Q) присутні всюди. На вододільних ділянках вони представлені суглинками і глинами.

Дно балки Свідовок досить глибоке з абсолютними відмітками від 145 м до 85 м. Балка прорізує четвертинні, неогенові відклади до палеогенових. Тому у даній роботі розглядався водоносний комплекс неогенових та палеогенових відкладів (берекський та межигорський).

З початку експлуатації у ставок-накопичувач скидалися високомінералізовані шахтні води шахт Героїв Космосу, Благодатна та Тернівська. На даний час до нього надходять шахтні води з усіх шахт центральної групи: Героїв Космосу, Тернівської, Благодатної, Західно-Донбаської і Павлоградської та йде перекачка із ставка-накопичувача «Таранова». З початку експлуатації у ставок-накопичувач з вищевказаних шахт надійшло 95,7 млн.м<sup>3</sup> шахтних вод. При переповненні ставка-накопичувача відбувається скидання води до р. Самара. Витрати р. Самара нижче б. Свідовок у період межені перевищують середньо-багаторічні значення. Дно й укуси ставка мають колоїдно-хімічний екран, який розташовано на суглинках потужністю 8 м. За даними режимних спостережень, захисний екран неефективний, відзначається постійне збільшення рівня підземних вод, яке залежить від фільтраційних втрат з накопичувача й кількості води, що до нього потрапляє.

Склад води у ставку-накопичувачі Свідовок вивчався з 1984 року. Суттєвих змін у хімічному складі води не помічено, він описується узагальненою формулою Курлова:

$$M_{11,2-4,1} \frac{Cl_{92,0-71,1} SO_{35,3-7,0}^4}{Na_{82,2-55,1} Mg_{28,3-9,0} Ca_{32,0-6,0}} \quad (1)$$

Тип води сульфатно-хлоридний і по катіонній складовій – кальцієво-магнієво-натрієвий, вміст гідрокарбонатного іону ніколи не перевищував 12 %. Як відмічалось вище, до ставка-накопичувача скидають шахтні води усі шахти центральної групи, що й обумовлює перевагу за аніонами – хлор-іона, а за катіонами – натрію.

Спостереження за хімічним складом водоносного горизонту неогенових відкладів проводяться з 2005 року (свердловина 62ПР, див. рис. 1). Склад води змінюється незначно за час спостережень та описується узагальненою формулою Курлова:

$$M_{2,4-0,9} \frac{SO_{68,2-13,0}^4 Cl_{71,0-17,0} HCO_{70,1-2,0}^3}{Na_{95,2-6,1} Mg_{75,3-4,0} Ca_{20,0-1,1}} \quad (2)$$

Тип води хлоридно-сульфатний, у 2012 році - хлоридно-гідрокарбонатний, по катіонній складовій – магнієво-натрієвий, іноді натрієвий, а у 2012 році - кальцієво-магнієвий.

Спостереження за хімічним складом водоносного горизонту берекських палеогенових відкладів проводяться з 2004 року (свердловина 260П, 123ПР, див. рис. 1). Склад води змінюється за час спостережень та описується узагальненою формулою Курлова:

$$M_{1,8-0,4} \frac{SO_{65,3-44,0}^4 Cl_{33,0-17,1} HCO_{28,1-12,0}^3}{Na_{89,2-8,1} Mg_{66,3-6,0} Ca_{62,0-5,0}} \quad (3)$$

Тип води гідрокарбонатно-хлоридно-сульфатний, хлоридно-гідрокарбонатно-сульфатний, інколи хлоридно-сульфатний, по катіонній складовій – кальцієво-магнієво-натрієвий, натрієво-кальцієво-магнієвий.

Спостереження за хімічним складом водоносного горизонту межигорських палеогенових відкладів проводяться з 2005 року (свердловина 61ПР, 121ПР, див. рис. 1). Склад води у свердловині 61 ПР змінюється за час спостережень та описується узагальненою формулою Курлова:

$$M_{2,4-1,4} \frac{Cl_{86,0-75,1} SO_{22,3-7,0}^4 HCO_{18,1-2,0}^3}{Na_{77,2-63,0} Mg_{30,3-11,1} Ca_{16,3-4,0}} \quad (4)$$

Тип води хлоридний, сульфатно-хлоридний або гідрокарбонатно-хлоридний, по катіонній складовій – кальцієво-магнієво-натрієвий або натрієвий.

Склад води у свердловині 121 ПР також змінюється за час спостережень, описується узагальноною формулою Курлова:

$$M_{1,6-0,6} \frac{SO_{64,1-2,0}^4 Cl_{38,0-2,0} HCO_{97,0-18,0}^3}{Na_{96,0-40,4} Mg_{27,3-1,0} Ca_{33,0-1,0}} \quad (5)$$

Тип води сульфатно-хлоридно-гідрокарбонатний, хлоридно-гідрокарбонатно-сульфатний, гідрокарбонатний, по катіонній складовій – натрієвий, магнієво-кальцієво-натрієвий або кальцієво-натрієвий, з перевагою іона натрію.

З гідрогеохімічного аналізу визначення типу поверхневих та підземних вод можна зробити висновок, що хлор, сульфат-іони та іони натрію переважають на досліджуваній території.

Було проаналізовано перетворення мінеральної речовини у гідрогеохімічному середовищі, які контролюють сучасні процеси седименто-літогенезу. Ці дослідження виконані з використанням діаграм рівноваги усталеності мінералів, які будуються у різних координатах, що характеризують ці середовища [2, 4].

Гідроліз об'єднує процеси взаємодії водневих та гідроксильних іонів води з різноманітними твердими фазами. Основними джерелами іонів  $H^+$  і  $OH^-$  у поверхневих та підземних водах є сама вода, як розчинник, кислоти, які надходять із забруднюючими атмосферними опадами та скидними шахтними водами, утворюючись у результаті хімічних та біохімічних процесів.

Результати хімічних аналізів проб води із ставка-накопичувача «Свідовок» перераховано у відповідних координатах з урахуванням коефіцієнта активності іонів та винесені на діаграму усталеності мінералів (рис. 2) [5].

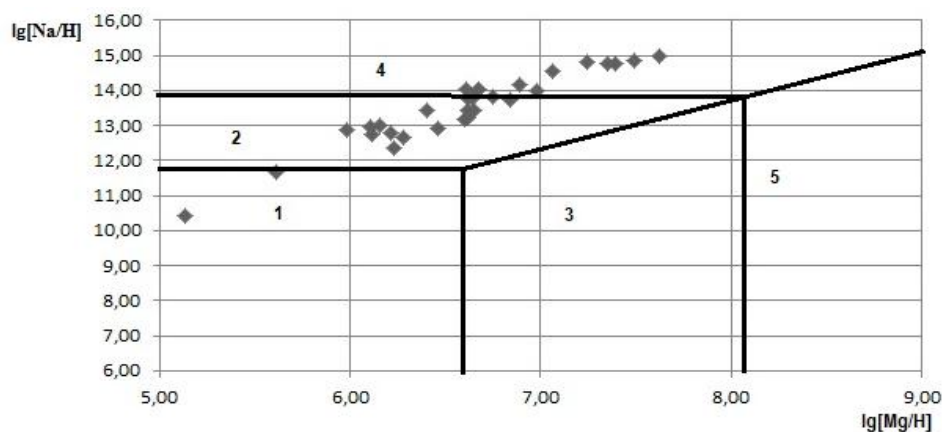


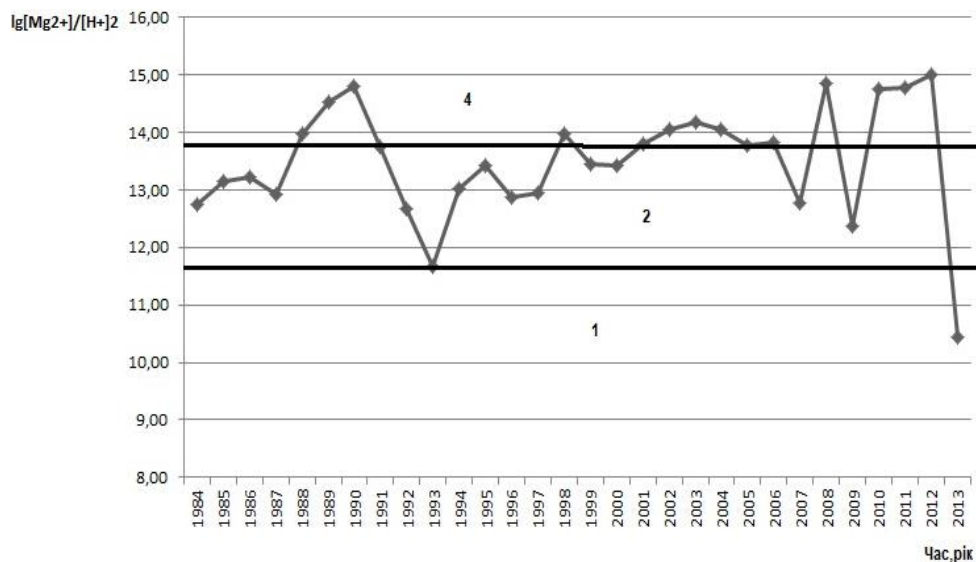
Рис. 2. Система  $HCl-H_2O-Al_2O_3-Na-Mg-SiO_2$  при  $t=25^0$  С та  $lg[H_4SiO_4]=-3,6$  з нанесеними даними води із ставка-накопичувача «Свідовок» (1984 – 2013 рр.)

Умовні позначення:

Номерами вказані поля усталеності мінералів: 1 – каолінит; 2 – Mg-монтморилоніт; 3 – Na-монтморилоніт; 4 – хлорит; 5 – альбіт.

З рис. 2 видно, що у більшості проб води спостерігаються рівноваги з Mg-монтморилонітом (поле 2) та хлоритом (поле 4). У жодному зі спостережень не встановлюється рівновага з натрієвими мінералами (альбітом та Na-монтморилонітом).

Процеси гідролізу у поверхневих водах можна представити у вигляді часових рядів (рис. 3).



**Рис. 3.** Зміна у часі системи  $\text{HCl-H}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-Na-Mg-SiO}_2$  при  $t=25^\circ\text{C}$  та  $\lg[\text{H}_4\text{SiO}_4]=-3,6$  з нанесеними даними аналізів проб води із ставка-накопичувача «Свідовок» (1984 – 2013 рр.)

З рис. 3 видно, що гідрохімічні рівноваги з хлоритом (поле 4) спостерігалися у 11 випадках із 29, останній раз – у 2012 році. Після цього гідрохімічна рівновага різко переходить у поле (1) рівноваги з каолінітом (2013 р.). Це явище отримано змішуванням вод, яке може бути наслідком скиду високомінералізованих шахтних вод центральної групи шахт Західного Донбасу. Гідрохімічна система у таких умовах стала неврівноваженою. Для досягнення рівноваги з Mg-монтморилонітом вода буде агресивною до інших мінералів, що призведе до зміни хімічного складу води й збільшення її мінералізації.

Аналіз встановлення рівноваги у системі «вода порода» для підземних вод виконано за діаграмами усталеності мінералів. Для прикладу представлена діаграма рівноваги з алюмосилікатами по свердловині, яка обладнана на водоносному горизонті берекських палеогенових відкладів (рис. 4). Вона розташована на відстані 1,9 км від ставка-накопичувача «Свідовок» у днищі балки.

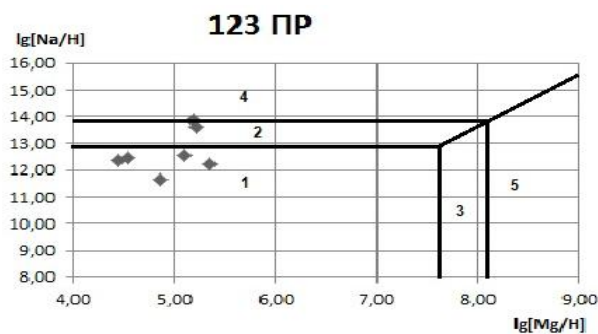


Рис. 4. Система  $\text{HCl-H}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-Na-Mg-SiO}_2$  при  $t=25^\circ\text{C}$  та  $\lg[\text{H}_4\text{SiO}_4]=-3,6$  з нанесеними даними аналізів проб води водоносного горизонту берекських палеогенових відкладів (2005 – 2011 рр.)

З рисунку 4 видно, що у більшості проб води спостерігається рівновага з каолінітом (поле 1) та декілька проб свідчать про рівновагу з Mg-монтморилонітом (поле 2) та хлоритом (поле 4).

У рівновазі з відповідною твердою фазою знаходиться тільки вода, склад якої потрапляє на лінію цієї фази [5]. На рисунку 4 декілька точок знаходяться на лініях діаграми. Точки, що знаходяться у будь-якому полі, відповідно відображають ненасичений стан відносно усіх інших полів усталеності мінералів.

Встановлення рівноваги у системі «вода порода» у часі представлено на рис. 5. З рисунку 5 видно динаміку переходу із хлориту та Mg-монтморилоніту в поле рівноваги із каолінітом. Цей перехід, відповідно до хімічної термодинаміки, не може відбуватися самочинно, а потребує хімічної енергії. Тому у даному випадку це можна пояснити змішуванням вод: підземних вод із водами із скиду ставка-накопичувача «Свідовок».

Також були побудовані діаграми рівноваги з алюмосилікатами і силікатами у свердловинах 62 ПР, 260 П, 61 ПР та 121 ПР. У водоносному горизонті неогенових відкладів спостерігається динаміка переходу з каолініту у Mg-монтморилоніт. Тобто, система прагне до рівноваги. На діаграмах рівноваги водоносного горизонту межигорських палеогенових відкладів простежуються рівноваги з каолінітом та Mg-монтморилонітом.

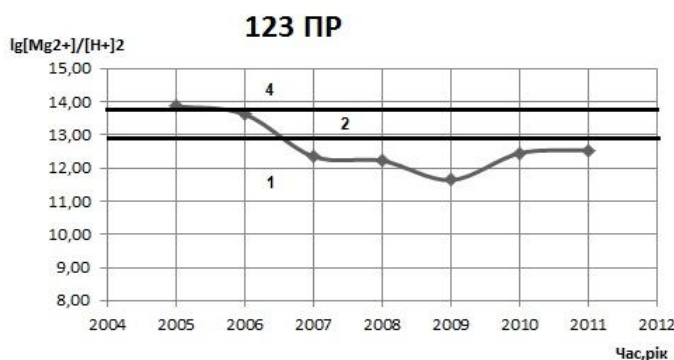


Рис. 5. Система  $\text{HCl-H}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-Na-Mg-SiO}_2$  при  $t=25^\circ\text{C}$  та  $\lg[\text{H}_4\text{SiO}_4]=-3,6$  з нанесеними даними аналізів проб води берекського водоносного горизонту палеогенових відкладів (2005 – 2011 рр.)



Більшість точок на діаграмах рівноваги знаходяться у межах поля стійкості каолініту, менша – Mg-монтморилоніту, хлориту. Отже, підземні води не рівноважні з первинними алюмосилікатами та з продуктами їх вивітрювання, у даному випадку – з каолінітом.

**Висновки.** Таким чином, проведені дослідження та спостереження за поверхневими та підземними водами території, прилеглої до ставка-накопичувача «Свідовок», дозволили оцінити гідрогеохімічну обстановку. На досліджуваній території переважає сульфатний натрієвий тип води.

З аналізу процесів гідролізу силікатів та алюмосилікатів видно, що поверхневі води знаходяться у рівновазі із Mg-монтморилонітом, перехід до рівноваги з каолінітом у 2013 р. є наслідком процесу змішування шахтних вод, що надходять у ставок з різних шахт. Для регулювання хімічного складу води ставка-накопичувача «Свідовок» рекомендовано застосовувати балансові методи оптимізації обсягів скидів.

У підземних водах система «вода – порода» невірноважена відносно первинних силікатів, а рівноважна до вторинних.

### Бібліографічні посилання

1. **Гаррелс Р. М.** Растворы, минералы, равновесия / Р. М. Гаррелс, Ч. Л. Крайст. – М.: Мир, 1968. – 368 с.
2. **Зверев В. П.** Роль подземных вод в миграции химических элементов / В. П. Зверев. – М.: Недра, 1982. 184 с.
3. **Тютюнова Ф. М.** Гидрогеохимия техногенеза / Ф. М. Тютюнова. – М.: Наука, 1987. – 335 с.
4. **Шварцев С. Л.** Гидрогеохимия зоны гипергенеза / С. Л. Шварцев. – М.: Недра, 1988. – 366 с.
5. **Шерстюк Н. П.** Особливості гідрохімічних процесів у техногенних та природних водних об'єктах Кривбасу. Моногр. / Н. П. Шерстюк, В. К. Хільчевський. – Д., 2012. – 263 с.
6. **Ферсман А. Е.** Геохимия : Том 3 / А. Е. Ферсман. – Л.: 1937. – 503 с.

*Надійшла до редколегії 09.04.2014 р.*