

УДК 504.61

Шерстюк Н. П.

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

ГІДРОХІМІЯ ВОДОЙМИЩ ХВОСТОСХОВИЩ КРИВОРІЗЬКОГО ЗАЛІЗОРУДНОГО БАСЕЙНУ

Ключові слова: залізорудні родовища, хвостосховище, водоймище, хімічний склад води, однорідність, рівноважні гідрохімічні системи, окислювання, гідроліз, карбонатно-кальцієва система

Постановка проблеми. Сучасний виробничий потенціал залізорудної галузі України представлений гірничорудними підприємствами з видобутку природно багатих руд підземним способом, п'ятьма гірничозбагачувальними комбінатами і гірничозбагачувальним комплексом «АрселорМіттал Кривий Ріг», які видобувають і переробляють бідні за вмістом заліза магнетитові кварцити.

За масовою часткою заліза виділяють природно багаті й бідні (що потребують збагачення) руди. Багатими є руди, вміст заліза в яких становить від 46 до 70%, переважно магнетитові, гематитові й мартизові.

Бідні залізні руди, що потребують збагачення, поділяють на легко- і важко збагачувальні залежно від мінерального складу та інших особливостей.

Чотири, з п'яти названих вище, гірничозбагачувальні комбінати розташовані у Криворізькому залізорудному басейну. Він знаходиться у Дніпропетровській області й розділений на чотири райони видобутку руди: ПівнічГЗКа (ВАТ «Північний гірничозбагачувальний комбінат»), ЦГЗК (ВАТ «Центральний гірничозбагачувальний комбінат»), ПівденГЗК (ВАТ «Південний гірничозбагачувальний комбінат» та ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»), ІнГЗК (ВАТ «Інгулецький гірничозбагачувальний комбінат»).

Вміст заліза у руді, що видобувається, змінюється від 43,5% (Південний ГЗК) до 35,9% (ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг») [1]. Вміст заліза у концентраті, що виробляється на збагачувальних фабриках, досягає 65,6%.

Технологічна схема збагачення магнетитових кварцитів включає: дроблення в 3-4 стадії, 3 стадії подрібнювання й 4-5 стадій магнітної сепарації. Відходи збагачення (пульпа) складуються у хвостосховищах.

Хвостосховище звичайно влаштовують у зниженнях рельєфу - ущелинах, розпадках, улоговинах, на відстані декількох кілометрів від збагачувальної фабрики.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.2(23)

Хвостосховище відгороджується дамбою, що наливається із хвостів і додатково змінюється. У хвостосховищі відбувається поступове осідання твердої фази хвостів, іноді за допомогою реагентів, що додаються спеціально, - коагулянтів і флокулянтів. Відстояна вода накопичується у водоймищах, очищується й скидається в місцеві водойми або повертається на збагачувальну фабрику для технологічних потреб.

Проблема хвостосховищ Кривбасу полягає у тому, що окрім води, яка використовується при збагаченні залізної руди у сепараторах, у них скидаються високомінералізовані шахтні води (шахта «Родина» до 133,7 г/дм³, шахта «Більшовик» - до 33,1 г/дм³ та інші). Внаслідок таких скидів мінералізація води у водоймищах хвостосховищ збільшується і досягає у деяких випадках 16,4 г/дм³ (хвостосховище ПівденГЗКа, 2002 р.), що створює гідрохімічні аномалії, які надають негативний вплив на прилеглу територію, включаючи поверхневі води [2].

Аналіз основних досліджень та публікацій. Хвостосховище являє собою складну за структурою, багатокомпоненту за складом гідрохімічну та гідрогеохімічну систему, у якій відбуваються специфічні процеси.

Гірські породи, що надходять у хвостосховище у свій час утворювалися за високих тиску і температури та за відсутності води й повітря. На земній поверхні відбувається руйнування порід і їхнє перетворення в продукти, які є більше стійкими в нових фізико-хімічних умовах. Ці процеси призводять до появи пухких (дисперсних) новоутворень зони гіпергенезу, суттєво відмінних за своїми фізичними властивостями від вихідних корінних порід. Продукти вивітрювання можуть сильно вирізнятися за складом, і навіть ті з них, які за одних умов є стійкими, при зміні умов можуть стати нестійкими [3].

Значення проблеми, що стосується стійкості мінералів у гіпергенних процесах, важко недооцінити. Ця проблема безпосередньо пов'язана з науковими й практичними питаннями аналізу несприятливих технологічних властивостей руд, із зростаючою потребою оцінки загальної екологічної та гідроекологічної ситуацій у гірничо-видобувних районах.

Однак рішення питань, пов'язаних з поняттям стійкості мінералів, у науково-методичному плані помітно ускладнюється й затримується через практичну відсутність фундаментальної розробки теорії стійкості в природних умовах і в першу чергу через відсутність самого поняття "стійкість" мінералу, тобто насамперед через методологічний характер. Частково вирішується зазначена проблема у роботі Л.К. Яхонтової та О.П. Грудєва [4].

Специфіка експлуатації кожного хвостосховища не дозволяє уніфікувати дослідження формування хімічного складу у їх водоймищах виходячи із особливостей видобутку корисних копалин, умов їх збагачення, геохімічного складу руд. В цілому, у водоймищах та у водонасичених хвостах відбуваються такі процеси: змішування вод, осадження, розчинення, окиснення, гідроліз силікатів та алюмосилікатів [5–8].

Мета досліджень. Метою досліджень є виявлення та аналіз гідрогеохімічних процесів, що відбуваються у хвостосховищах Криворізького залізорудного басейну, внаслідок протікання яких формується хімічний склад води у водоймищах.

Викладення основного матеріалу. Всі хвостосховища Кривбасу відносять до комбінованих рівнинно-балкових. За способом спорудження вони спочатку мали характерні риси хвостосховищ гребельного типу, але останнім часом у зв'язку з переповненням і нарощуванням дамб мають ознаки хвостосховищ поступової надбудови. Виключенням є хвостосховище Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату - рівнинного типу. Всі хвостосховища мають перший клас капітальності, тобто відносяться до особливо відповідальних гідротехнічних споруд [9] (рис.1).

Усереднена характеристика води у водоймищах хвостосховищ наведена за результатами моніторингу (2000-2009 рр.), який проводиться Криворізькою геолого-гідрогеологічною партією (табл. 1).

Таблиця 1. Характеристика хімічного типу води у водоймищах хвостосховищ Кривбасу, 2000-2009 рр.

Гірничо-збагачувальний комбінат	Назва гідротехнічного об'єкту	Площа га	Початок роботи рік	Об'єм, млн. т	Усереднена формула Курлова	Тип води
Північний	хвостосховище	1962	1964	685	$M_{13,3} \frac{Cl_{87}}{Na_{82}}$	Хлоридний натрієвий
Центральний	хвостосховище	1813	1961	406,7	$M_{5,1} \frac{SO_{70}^4 Cl_{25}}{Na_{43} Mg_{38} Ca_{19}}$	Хлоридно-сульфатний кальцієво-магнієво-натрієвий
Південний	хвостосховище "Миролюбівське"	2850	1977	1119,5	$M_{12,4} \frac{Cl_{84} SO_{15}^4}{Na_{83} Mg_{19}}$	Сульфатно-хлоридний магнієво-натрієвий
	хвостосховище „Об'єднане”		1985		$M_{12,8} \frac{Cl_{84}}{Na_{73} Mg_{19}}$	Хлоридний магнієво-натрієвий
	хвостосховище "Войково"		1977		$M_{12,7} \frac{Cl_{85}}{Na_{72} Mg_{20}}$	Хлоридний магнієво-натрієвий
Інгулецький	хвостосховище	736	1965	617,3	$M_{4,3} \frac{SO_{50}^4 Cl_{44}}{Na_{52} Mg_{36}}$	Хлоридно-сульфатний магнієво-натрієвий

За для оцінки однотипності гідрохімічних процесів, що відбуваються у водоймищах хвостосховищ була виконана перевірка однорідності вибірок за мінералізацією та головними іонами.

Перевірка гіпотез про однорідність гідрохімічних об'єктів полягає в порівнянні законів розподілу гідрохімічних ознак, якими характеризуються ділянки досліджуваної території або одиниці класифікації. Якщо закони

розподілу гідрохімічних ознак неоднакові, то вважається, що й гідрохімічні об'єкти різні [10].

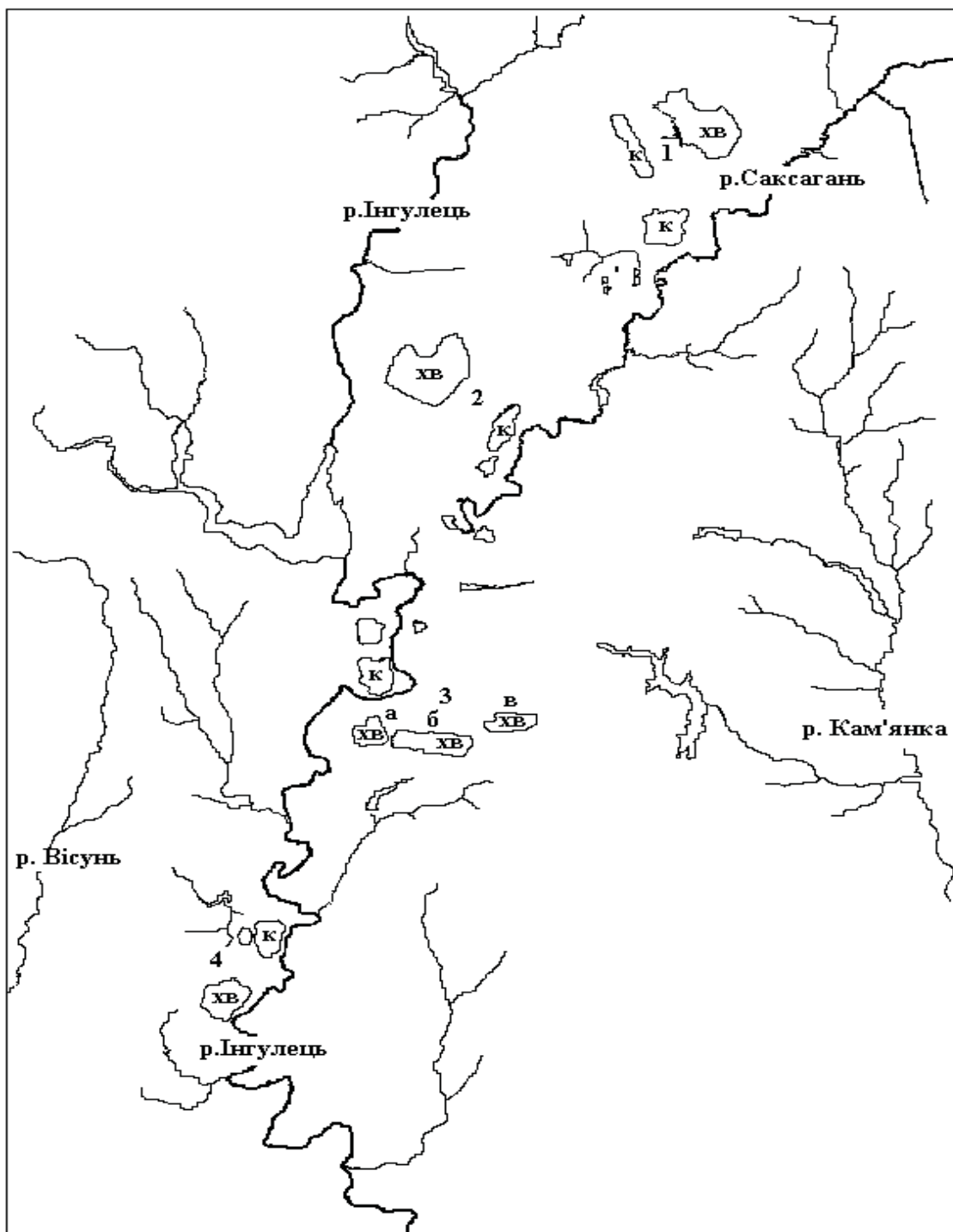


Рис. 1. Картошхема розташування хвостосховищ Кривбасу

Умовні позначення: 1 – ПівнічГЗК; 2 – ЦГЗК; 3 – ПівденГЗК; а- хвостосховище «Войково»; б – хвостосховище «Об'єднане»; в – хвостосховище «Миролобівське»; 4 – ІнГЗК; хв – хвостосховище; к – кар'єр

У даних гідрохімічних дослідженнях для перевірки гіпотез про однорідність були використані найбільш відомі й часто вживані критерії: критерій збігу середніх і дисперсій, Вілкоксона й Ван-Дер-Вардена. Результати перевірки однорідності вибірок хімічного складу води у водоймищах хвостосховищ наведені у табл. 2.

Таблиця 2. Оцінка однорідності вибірок хімічного складу води водоймищ хвостосховищ Кривбасу (2000-2009 р.р.)

Об'єкт	ПівнГЗК			ЦГЗК			«Войково»			«Об'єднане»			«Миролюбівське»			ІнГЗК		
	*	*	*	+	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+
ПівнГЗК	*	*	*	+	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+
	*	*	*	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+
ЦГЗК				*	*	*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
				*	*	*	—	+	+	—	+	+	—	+	+	—	—	+
«Войково»							*	*	*	+	+	+	+	+	+	+	—	+
							*	*	*	+	+	+	+	+	+	—	—	—
«Об'єднане»										*	*	*	+	+	+	+	—	+
										*	*	*	+	+	+	—	—	—
«Миролюбівське»													*	*	*	+	—	—
													*	*	*	—	—	+
ІнГЗК																*	*	*
																*	*	*

*Примітка. У відповідних клітинках позначено однорідність («+») або неоднорідність («—») вибірок по головних іонах (Cl – хлор-іон; SO₄ – сульфат-іон; Ca – іон кальцію; Mg – іон магнію; Na – іон натрію) та мінералізації (M) у такій послідовності:

Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	M
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺

Перевірка однорідності показала, що у подальших дослідженнях можуть бути об'єднані вибірки хімічного складу води із водоймищ хвостосховищ «Войково», «Об'єднане» та «Миролюбівське», які відносяться до ВАТ «ПівденГЗК» та ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Усі інші водоймища однорідні за деякими іонами або (та) мінералізацією, тому не відносяться до однієї генеральної сукупності і далі досліджуються окремо.

Дослідження гідрогеохімічних процесів у хвостах збагачення базуються на вивченні мінерального складу текучих і лежалих хвостів, які виконані В.Д. Євтеховим, І.О. Федоровою [11].

Залежані хвости формуються в результаті скидання в хвостосховища текучих хвостів. Хвости являють собою матеріал, що складається на 94-96% з води й на 4-6% з мінеральних часток – продуктів збагачення залізних руд. У складі твердої фази текучих хвостів утримується 2-5 об'ємн.% магнетиту (FeO·Fe₂O₃), 2-4% гематиту (Fe₂O₃), 25-30% силікатів і карбонатів та 60-65% кварцу. Для кожного гірничо-збагачувального комбінату співвідношення рудної й нерудної складових у хвостах визначається мінеральним складом вихідної руди й ефективністю роботи збагачувальної фабрики. Наприклад, мінеральний склад руд обумовлює підвищений вміст гематиту у хвостах

Центрального ГЗКа: руди Петровського родовища, які розробляються ГЗКом містять до 20-25 об'ємн.% залізної слюдки (морфологічний різновид гематиту) при загальному вмісті магнетиту й гематиту 30-40%. У рудах Північного й Інгулецького ГЗКів підвищений вміст силікатів [12]. Цим пояснюється той факт, що в текучих хвостах цих комбінатів вміст силікатів на 4-6 об'ємн.% вище, ніж у хвостах Південного й Центрального ГЗКів. В останніх відзначається найбільш високий вміст залізовмісних карбонатів – наслідок низького ступеню метаморфізму залізистих кварцитів Скелеватського й Новокриворізького родовищ, що розробляються цим комбінатом.

Взаємодію між хвостами й водою водоймища можна розглядати як ряд окремих хімічних реакцій. Початковими продуктами цих реакцій є мінерали та вихідні води, кінцевими - вторинні мінерали, а також іони й нейтральні молекули, які перейшли у рідку фазу.

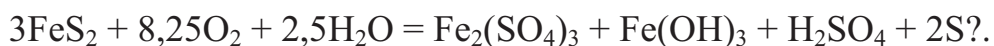
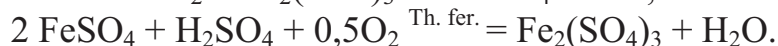
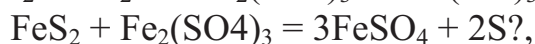
Використовуючи основні поняття й закони термодинамічного аналізу (закон діючих мас, термодинамічні константи рівноваги) можна підійти до оцінки порівняльної агресивності вод стосовно будь-якого мінералу. Така величина показує ступінь нерівноважності вод з мінеральною речовиною. Агресивність вод розраховується для конкретної системи, що містить хімічні елементи, які входять до складу даного мінералу в стандартних умовах (температура 25°C, тиск 10⁵ Па).

Причина нерівноважності вод, на думку О.І. Перельмана [3], полягає в постійному надходженні енергії, носіями якої служать геохімічні акумулятори - вільні кисень, вуглець і водень.

Для визначення кількісних співвідношень мінералів у складі залежаних хвостів було проведене вивчення мінерального складу хвостів придамбової частини хвостосховища ПівнічГЗКа [11]. Співставлення результатів аналізу текучих та залежаних хвостів збагачення показує, що деякі мінерали хвостів збагачення у хвостосховищі перетворюються у вторинні мінерали: пірит (FeS₂) та піротин (FeS) – у ярозит (KFe₃(SO₄)₂(OH)₆) унаслідок окислювання, хлорит та альбіт – у монтморилоніт унаслідок гідролізу.

Хімічне вивітрювання хвостів насамперед пов'язане з окиснюванням. У хвостах, як основний окиснювач, виступає молекулярний кисень. Проникаючи в породу з атмосфери, він вступає у взаємодію й окиснює деякі мінерали, а саме пірит та піротин. Крім нього окиснювачами виступають також Fe³⁺ і S⁶⁺. Вони утворюють дві окисно-відновні системи: Fe³⁺ - Fe²⁺ і SO₄²⁻ - H₂S [7].

Стаціонарний біохімічний процес окисного вилуговування піриту можна описати наступними рівняннями реакцій:



З часом процес окисного вилуговування піриту набуває автокаталітичний характер, що є характерною ознакою синергетичних хімічних систем.

Вміст піриту та піротину (0,1 – 0,2 об'ємн. %) є незначним у загальному об'ємі хвостів збагачення, але реакції окиснювання є джерелом надходження у систему іонів водню (H^+), що обумовлює розвиток у хвостах збагачення інших геохімічних процесів (гідроліз силікатів та алюмосилікатів, осадження та розчинення карбонатів).

Гідроліз поєднує процеси взаємодії водневих і гідроксильних іонів (OH^-) води з різними твердими фазами [8]. Зважаючи на мінеральний склад хвостів у хвостосховищах переважає гідроліз силікатів і алюмосилікатів. Основними джерелами іонів H^+ і OH^- є сама вода як розчинник, кислоти й основи, що надходять із забрудненими атмосферними опадами та стічними водами й окиснювання сульфідних мінералів.

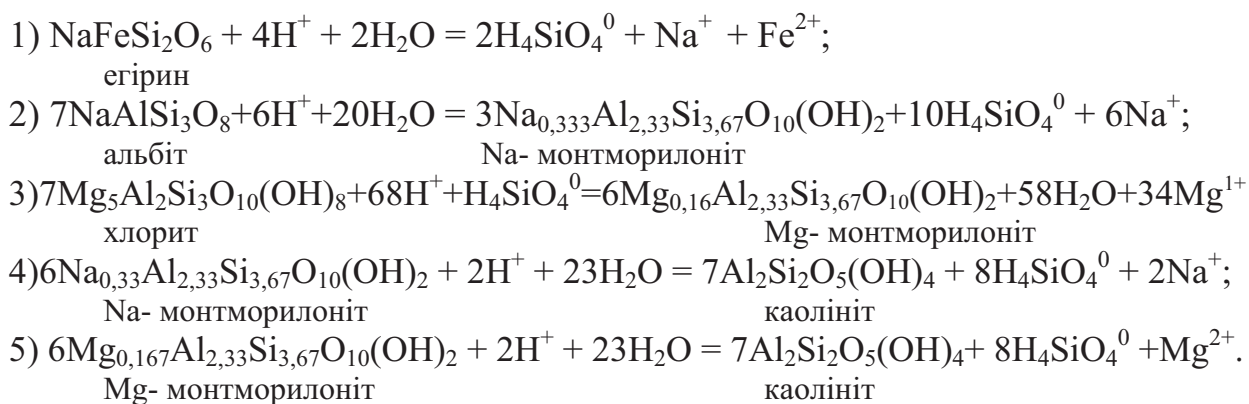
Залежно від того, який з іонів – H^+ або OH^- – беруть участь у розглянутому процесі, розрізняють кислий і лужний гідроліз мінералів.

Кислий гідроліз силікатів і алюмосилікатів зводиться до заміщення іонами водню макрокатионів, алюмінію й кремнію кристалічної решітки з наступним надходженням їх у рідку фазу й утворенням нових твердих сполук на межі поділу «вихідний мінерал – вода».

Гідроліз алюмосилікатів складається із взаємного хімічного розкладання твердої речовини й води. У переважній більшості випадків він протікає шляхом повного переведення в розчин хімічних елементів з наступним їхнім осадженням у вигляді нових вторинних мінеральних фаз.

Установлення ймовірних тенденцій перетворення мінеральної речовини в гідрогеохімічних середовищах можливо шляхом використання діаграм полів стійкості мінералів, побудованих у різних координатах, що характеризують ці середовища.

Відповідно до виявлених мінералів у текучих та залежаних хвостах збагачення розглянуті наступні реакції гідролізу [13]:



Були складені рівняння констант рівноваги розглянутих вище реакцій (2-5), оскільки продукти цих реакцій, монтморилоніт та каолініт, є загальним ланцюгом перетворення хлориту та альбіту, що виявлені у хвостах

збагачення та у лежалих хвостах. Продукт реакції (1) - аморфний кремнезем виявляється при мінералогічних дослідженнях як опал.

Отримані рівняння прямих, що розмежовують поля стійкості альбіту, монтморилоніту, каолініту в системі $H_2O - HCl - Al_2O_3 - SiO_2 - MgO - Na_2O$ при температурі $25^\circ C$ і $lg[H_4SiO_4^0] = -3,6$.

Рівноважні діаграми для різних систем дозволяють виділити найбільш імовірні стабільні мінеральні асоціації для реальних гідрогеохімічних середовищ.

Найбільш широко застосовується метод плоских діаграм у двовимірних системах вмісту макрокомпонентів (рис.2).

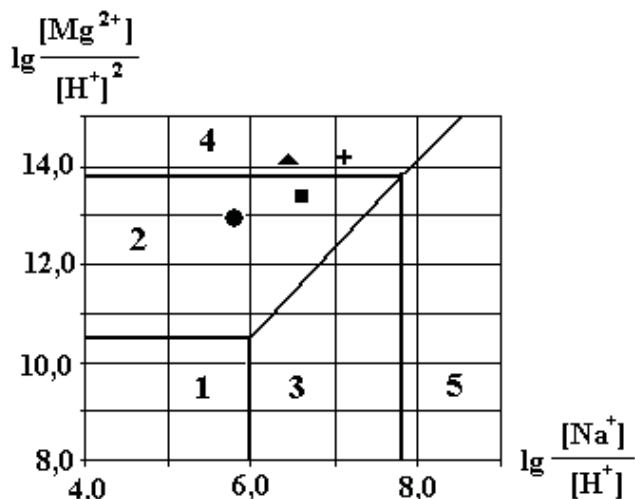


Рис. 2. Система $HCl-H_2O-Al_2O_3-Na-Mg-SiO_2$ при $t=25^\circ C$ та $lg[H_4SiO_4] = -3,6$ з нанесеними даними води із водоймищ хвостосховищ Кривбасу (2000 – 2009 р.р.)

Умовні позначення:

⊕ - ПівнГЗК; ● - ІнГЗК; ■ - ПівдГЗК; ▲ - ЦГЗК.

Номерами вказані поля усталеності мінералів:

1 – каолініт; 2 – Mg-монтморилоніт; 3 – Na-монтморилоніт; 4 – хлорит; 5 – альбіт

З рис. 2 видно, що рівновага у гідрогеохімічній системі водоймища з хлоритом характерна для ЦГЗК та ПівнічГЗК, рівновага із Mg-монтморилонітом встановлена для води з водоймищ ІнГЗК та ПівденГЗК.

Найбільший вплив на перебіг процесу гідролізу мають концентрації H^+ : високі концентрації обумовлюють інтенсивний розвиток гідролітичної дисоціації силікатів, низькі – обмежують цей процес. У слаболужних умовах ($pH \sim 7,5$) рівноважними з водою є монтморилоніт і кальцит. При більших значеннях pH в системі залишається хлорит, здатний до гідролізу. Наявність цього мінералу обумовлює стабілізацію pH умов та перехід гідрохімічної системи у зону, у якій гідрохімічні процеси регулюються високими значеннями pH .

Важливим процесом, що супроводжує гідроліз є нейтралізація лужності, що утворилася при цьому. За наявності у воді CO_2 частина лужності нейтралізується за реакцією



Внаслідок цього частина продуктів гідролізу бере участь у реакції нейтралізації, що у свою чергу впливає на рівноваги у карбонатній системі.

Гідрохімічні рівноваги у карбонатних системах досить повно вивчені у роботах [5, 6, 8, 10]. У даному дослідженні доцільно використати поняття «стабільності води» та метод рівноважних карбонатних діаграм, які враховують надходження у карбонатну систему H^+ . Ступінь стабільності води визнається показником стабільності та індексом стабільності [6].

Для оцінки стабільності води використовується індекс стабільності води (I), який був визначений аналітичним методом. Стабільність води за індексом стабільності визначається за формулою:

$$I = \text{pH}_{\text{вих}} - \text{pH}_{\text{нас}}, \quad (1)$$

де $\text{pH}_{\text{вих}}$ – визначається при виконанні хімічного аналізу води відомими методами (фактична величина); $\text{pH}_{\text{нас}}$ – розраховується за відомими даними про температуру води, концентрацію іонів кальцію, лужності та загального вмісту солей (мінералізацією) у воді за формулою:

$$\text{pH}_{\text{нас}} = \text{pK}_{\text{HCO}_3^-} - \text{pL}_{\text{CaCO}_3} - \lg 10^3 [\text{Ca}^{2+}] - \lg [2800\text{Л}] + \frac{\sqrt{\mu}}{1 + \sqrt{2\mu}} + 8,07, \quad (2)$$

де $\text{pK}_{\text{HCO}_3^-}$ - від'ємний логарифм константи другого ступеня дисоціації вугільної кислоти; $\text{pL}_{\text{CaCO}_3}$ - від'ємний логарифм добутку розчинності CaCO_3 ; $[\text{Ca}^{2+}]$ – вагова концентрація іонів кальцію; $\text{Л} = [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}]$ – лужність води; μ – іонна сила води, розраховується за формулою:

$$\mu = 0,5 \sum (C_i z_i^2), \quad (3)$$

де C_i - молярна концентрація іона; z_i – заряд іона (валентність).

Якщо $I = 0$, вода стабільна, при негативному значенні – вода агресивна, схильна до розчинення CaCO_3 , при позитивному – до відкладення CaCO_3 .

Результати розрахунків представлені у табл. 2 та на діаграмі рис. 3.

Таблиця 2. Результати розрахунків індексу стабільності води водоймищ хвостосховищ гірничо-збагачувальних комбінатів Кривбасу (2000-2009 р.р.) (при температурах 25°C та 10°C).

Гірничо-збагачувальний комбінат	$\text{pH}_{\text{вих}}$	$\text{pH}_{\text{нас}}$		I		Оцінка стану карбонатно-кальцієвої системи	
		25°C	10°C	25°C	10°C	25°C	10°C
Північний	7,84	7,11	7,42	0,73	0,42	осадження	осадження
Центральний	7,85	7,03	7,36	0,82	0,49	осадження	осадження
Південний	7,41	6,96	7,31	0,45	0,1	осадження	осадження
Інгулецький	7,35	7,09	7,44	0,24	-0,09	осадження	розчинення

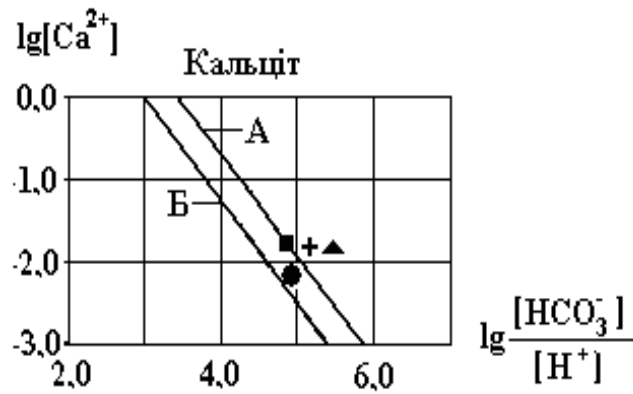


Рис. 3. Діаграма рівноваг у карбонатно-кальцієвій системі при температурі: А – 25° С та Б – 10° С.

Умовні позначення

⊕ – ПівнГЗК; ● – ІнГЗК; ■ – ПівдГЗК; ▲ – ЦГЗК.

Карбонатно-кальцієва система у більшості водоймищ хвостосховищ схильна до відкладення CaCO_3 , що зумовлене високими значеннями рН внаслідок процесу гідролізу, але у водоймищі ІнГЗКа система наближається до стану рівноваги та навіть розчинення.

Гідрохімічна система водоймища хвостосховища ІнГЗКа зазнала значних змін внаслідок нововведень у технологічний процес збагачення залізних руд. Розроблено та впроваджено у виробництво технологію доводки бідних руд із застосуванням оберненої катіонної флотації. У жовтні 2003 р. уведено в дію першу чергу комплексу магнітно-флотаційної доводки концентрату (МФДК), другий комплекс планується увести у дію у жовтні 2011 р. Більшість реагентів оберненої флотаційної доводки – модифіковані аміни. (Аміни є похідними аміаку, у якому один або більше атомів водню заміщені вуглецеводневими радикалами.) Починаючи з квітня 2002 р. у воді водоймища зменшується рН при постійному зростанні мінералізації (з 3,1 г/дм³ у 1996 р. до 4,9 г/дм³ – у 2009 р.) та вмісту нітрат-іону (до 135,6 мг/дм³ у квітні 2008 р.). Таким чином, застосування МФДК із скидом вод у водоймище хвостосховища призвело до активізації процесів гідролізу у хвостах збагачення та зміщення рівноваги у карбонатній системі до розчинення.

Південний ГЗК також провів промислові випробування двох варіантів МФДК у 2005-2006 р.р. Скид промислових вод у хвостосховища призвів до зниження рН (до 6,2-6,5) та збільшення вмісту нітрат-іонів (до 178 мг/дм³). Такі зміни у гідрохімічній системі обумовили активізацію процесів гідролізу алюмосилікатів та зміщення рівноваги у карбонатній системі.

Гідрохімічні системи у водоймищах хвостосховищ Північного та Центрального гірничо-збагачувальних комбінатів набули на даний час рівноважного стану з алюмосилікатами та карбонатами, що підтверджується їх однорідністю за катіонним складом (див. табл. 2).

Висновки. Хвостосховище може бути розглянуто, як гігантський реактор, у водоймищах якого відбуваються процеси змішування вод, окиснювання сірковмісних мінералів, гідроліз силікатів та алюмосилікатів, осадження та розчинення карбонатів.

Видається очевидним, що в реакторі розподіл реагуючих речовин з часом буде однорідним. В той же час, модель брьоселятора, що розглядається у хімічній термодинаміці показує, що це не так: у середовищі можуть виникати структури, коли деякі реагенти можуть виявитися зосереджені в одних частинах реактора, інші - в інших. Цей факт показує, що у такому стані, як зараз, хвостосховище може існувати дуже довго і його вплив на прилеглу територію і усі елементи ландшафту з часом не зменшиться. Тому першочерговими екологічними проблемами у районах видобутку та збагачення залізних руд є подальше дослідження гідрохімічних процесів як у самих хвостосховищах так і на прилеглих територіях.

Список літератури

1. Економічна геологія родовищ залізистих кварцитів [Г.І. Рудько, О.В. Плотников, М.М. Курило, С.В. Радованов] – К.: Академпрес, 2010. – 272 с. 2. *Багрій І.І.* Геоекологічні проблеми Криворізького басейну в умовах реструктуризації гірничовидобувної галузі / [І.І.Багрій, П.В.Блінов, Н.А. Белокопитова та ін.] – К. : Фенікс, 2002. - 134 с. 3. *Перельман А.И.* Геохимия / А.И. Перельман. - М.: Высш. школа, 1979. - 422 с. 4. *Яхонтова Л.К.* Зона гипергенеза рудных месторождений / Л.К. Яхонтова, А.П. Грудев. – М. : МГУ, 1978. - 229 с. 5. *Гаррелс Р.М.* Растворы, минералы, равновесия / Р.М. Гаррелс. – М. : Мир, 1968. - 367 с. 6. *Горев Л.Н.* Основы мелиоративной гидрохимии / Л.Н. Горев, В.И. Пелешенко. – К. : Вища школа, 1991. – 535 с. 7. *Смирный М.Ф.* Экологическая безопасность терриконовых ландшафтов Донбасса / М.Ф. Смирный, Л.Г. Зубова, А.Р. Зубов. – Луганськ : Изд-во СНУ им. В.Даля, 2006. - 232 с. 8. *Шварцев С.Л.* Гидрогеохимия зоны гипергенеза / С.Л. Шварцев. - М.: Недра, 1988.- 366 с. 9. *Недрига В.П.* Гидротехнические сооружения (справочник проектировщика) / В.П. Недрига. - М. : Стройиздат, 1983. – 543 с. 10. *Сніжко С.І.* Теорія і методи аналізу регіональних гідрохімічних систем / С.І. Сніжко. – К. : Ніка-Центр, 2006. 284 с. 11. *Евтехов В.Д.* Гранулометрический состав отходов обогащения Северного горнообогатительного комбината Криворожского бассейна / В.Д. Евтехов, И.А. Федорова // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького технічного університету. - 2001. - №1. - С. 38-46. 12. Состав, морфология и свойства минералов гипергенно измененных железистых кварцитов и продуктов их обогащения (на примере Криворожского бассейна и КМА) / [В.Н. Тарасенко, Н.К. Кравцов, О.Т. Мачадо и др.] // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького технічного університету. – 2001. – №1 - С.54–65. 13. *Зверев В.П.* Роль подземных вод в миграции химических элементов / В.П. Зверев. – М.: Недра, 1982. – 186 с.

Гідрохімія водоймищ хвостосховищ Криворізького залізорудного басейну

Шерстюк Н.П.

Розглянуті гідрохімічні і гідрогеохімічні процеси, які відбуваються у водоймищах хвостосховищ Криворізького залізорудного басейну: окиснювання, гідроліз силікатів і алюмосилікатів, осадження й розчинення в карбонатно-кальцієвій системі.

Ключові слова: залізорудні родовища, хвостосховище, водоймище, хімічний склад води, однорідність, рівноважні гідрохімічні системи, окиснювання, гідроліз, карбонатно-кальцієва система.

Гидрохимия водоемов хвостохранилищ Криворожского железорудного бассейна Шерстюк Н.П.

Рассмотрены гидрохимические и гидрогеохимические процессы, которые происходят в водоемах хвостохранилищ Криворожского железорудного бассейна: окисление, гидролиз силикатов и алюмосиликатов, осаждение и растворение в карбонатно-кальциевой системе.

Ключевые слова: железорудные месторождения, хвостохранилище, водоем, химический состав воды, однородность, равновесные гидрохимические системы, окисление, гидролиз, карбонатно-кальциевая система.

Hydrochemistry of reservoirs of repository of waste water of the Kryvoj Rog iron-ore pool

Sherstyuk N.P.

Hydro- and hydrogeochemical processes which take place in the reservoirs of repository of waste water of the Kryvoj Rog iron-ore pool are considered: oxidization, hydrolysis of silicates and silicates of aluminium, besieging and dissolution in the carbonate-calcium system.

Keywords: iron-ore deposits, repository of waste water, reservoir, chemical composition of water, homogeneity, equilibrium of hydrochemical systems, oxidization, hydrolysis, carbonate-calcium system

Надійшла до редколегії 19.04.11

УДК 556.531.4:546.62(001.891)

Жежеря В.А., Линник П.М.

Институт гідробіології НАН України, м. Київ

ФОРМИ ЗНАХОДЖЕННЯ АЛЮМІНІЮ У ДОННИХ ВІДКЛАДАХ КИЇВСЬКОГО І КАНІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩ ТА Р.ІНГУЛЕЦЬ

Ключові слова: алюміній; форми знаходження; донні відклади; седиментаційний склад

Постановка та актуальність проблеми. Донні відклади водойм та водотоків здатні до акумуляції важких металів, радіонуклідів і інших забруднювальних речовин, що надходять до поверхневих вод. Тому вони відіграють важливу роль у самоочищенні водного середовища. З іншого боку, донні відклади можуть бути джерелом вторинного його забруднення за дії низки чинників, а саме кисневого дефіциту, зниження величини рН, підвищення вмісту органічних речовин та мінералізації води тощо. Вивченню вмісту таких металів, як Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Zn, Ni, Pb у складі донних відкладів приділялось достатньо уваги, тоді як такий поширений у земній корі метал, як алюміній майже не досліджувався [1, 2, 4, 6, 8, 9].

Результати дослідження форм знаходження алюмінію у складі донних відкладів є важливим підґрунтям для оцінки його міграційної рухливості у системі “донні відклади – вода” та можливого надходження з донних відкпалів.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.2(23)