

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ АЛУНІТ-БАРИТОВОГО ПАРАГЕНЕЗИСУ МУЖІЄВСЬКОГО ЗОЛОТО-ПОЛІМЕТАЛЕВОГО РОДОВИЩА

Мужієвське родовище входить до складу Берегівського рудного поля, розміщеного в тилу Карпатського орогену на периферії Паннонського серединного масиву в межах горстового підняття донеогенового фундаменту. Стратиграфічний розріз складений тріас-юрським складчастим фундаментом і неогеновим вулкано-осадним покриттям. Золоте зруденіння пов'язане з міоценовою вулканогенно-осадовою товщею, яка складається з трьох горизонтів ріолітових туфів (нижнього, середнього, верхнього), розділених двома теригенними товщами (нижньою і верхньою). Рудні тіла на верхніх горизонтах представлені штокверками, на нижніх горизонтах — жильними тілами сульфідного, кварц-сульфідного, барит-кварцового складу. Метасоматичні зміни, розвинуті на нижніх горизонтах, — це альбітизація та калішпатизація, на верхніх — різного ступеня аргілізитові зміни. Рудні тіла Мужієвського родовища сформувалися в чотири стадії: I — сульфідну; II — кварц-баритову; III — карбонат-кварцову; IV — карбонат-гетитову [2]. З кварц-баритовою стадією пов'язане утворення золотої мінералізації.

Актуальність цього дослідження зумовлена необхідністю розуміння процесів гідротермального мінералоутворення, відповідальних та супутніх осадженню золота.

Онтогенетичні особливості мінерального парагенезису досліджено методами оптичної та електронної мікроскопії. Реконструкцію кристалізаційного поведіння жильних мінералів здійснено катодолюмінесцентним імідж-аналізом. Катодолюмінесцентний аналіз проводили електронним сканувальним мікроскопом REMMA 120-02 у Науково-технічному центрі низькотемпературних досліджень Львівського національного університету імені Івана Франка з використанням катодолюмінесцентного детектора з довжиною хвиль від 400 до 650 нм. Фізико-хімічні умови утворення мінералів досліджено за допомогою флюїдних включень і стабільних ізотопів С, О, Н, S у мінералах [2, 3, 5]. Для верифікації гіпотези щодо умов утворення досліджуваного парагенезису застосовано програмний пакет CHILLER [4].

Жильні тіла барит-кварцового складу Берегівського рудного поля мають зональну будову. У периферійних частинах жил локалізуються флюорит і сульфіди, у центральних ділянках розміщується барит у вигляді смугас-

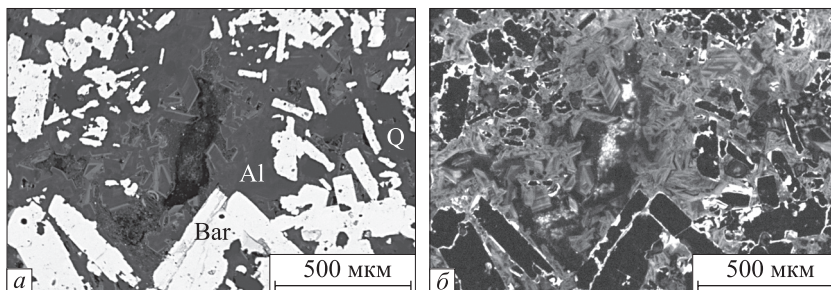


Рис. 1. Алуніт-баритовий агрегат з кварцом (р.т. XIV, горизонт +130): а — BSE-зображення, б — катодолумінесцентне зображення: Al — алуніт, Bar — барит, Q — кварц

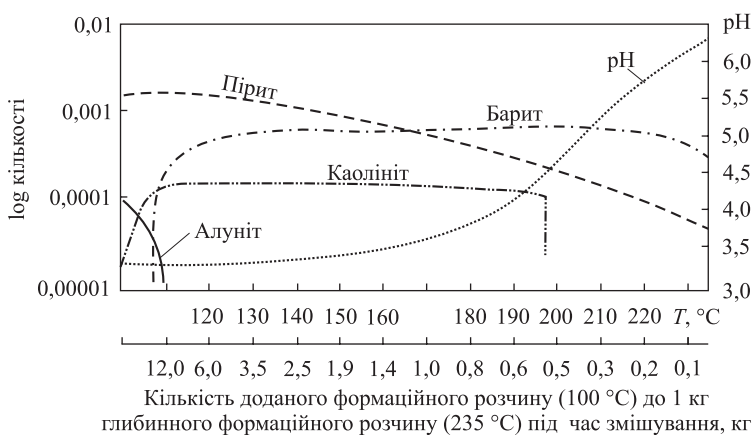


Рис. 2. Розрахункова модель осадження кварцу під час змішування розчинів. По осі рН — зміна значень показника

тих зон у кварцовій масі. Кварц головню має тонкозернисту структуру, а також утворює агрегати дрібно- й крупнокристалічного розміру.

Алунітові тонкокристалічні агрегати маркують підвідні канали у масі жильного кварцу та локалізуються в порожнинах, які вони повністю екранують у вигляді друзових виділень з ідіоморфними кристалами. Характер зон алунітових виділень чітко січний відносно кварцових агрегатів. Катодолумінесценція алуніт-барит-кварцових індивідів показала, що алуніт характеризується слабким катодолумінесцентним світінням (рис. 1, б). Завдяки ростовій зональності індивідів алуніту добре простежується їхній напрям росту і те, що вони наростали на раніш утворені баритові табличчасті індивіди. Розмір індивідів алуніту не перевищує 250 мкм. Барит виявляє яскраві катодолумінесцентні властивості лише у тонкій периферійній зоні своїх індивідів, яка має потужність близько 10 мкм (рис. 1, б).

Те, що алуніт у вигляді щільних тонкокристалічних агрегатів і друз локалізується навколо каналів фільтрації у кварцовій масі або ж займає січне положення відносно агрегатів кварцу з баритом, свідчить про вторинний, пізніший характер утворення алуніту у часі щодо первинних кварцу і бариту. Очевидно, що розчини, з яких відкладався алуніт, частково розчиняли індивіди бариту та зумовили перекристалізацію його периферійних зон, про що свідчить виникнення тонких облямівок катодолумінесцентного світіння в бариті. Швидше за все ті самі розчини розчиняли й кварц, звільняючи місце для новоутворених агрегатів алуніту.

Як відомо, виникнення алуніту вказує на кислий характер метасоматичних змін, що формують аргілізитові породи [5]. Визначено [3], що мінералоутворення жильних барит-кварцових тіл Берегівського рудного поля відбувалося внаслідок змішування нейтральних розчинів глибинного походження та приповерхневих кислих формаційних вод кальдерного озера. Паралельно з формуванням жильних тіл на верхніх горизонтах рудного поля сформувались алунітові штокверки як наслідок дії розчинів, збагачених сірководневою кислотою, що конденсувалась з вулканічних газів. Поява алуніту на глибоких горизонтах засвідчує проникнення кислих розчинів зверху, вони мали змогу проникати в ослаблені ділянки порових каналів жильного тіла під час зменшення напору глибинних вод. Чи є спостережені утворення алуніту результатом єдиного мінералогічного процесу? Процес утворення кварцу й алуніту в жильних тілах є розірваним у часі, алуніт займає чітко січне положення відносно кварцу. Можливо, механізм його утворення так само відповідає процесу змішування гідротермальних розчинів, але вже у іншій пропорції з переважанням кислої формаційної складової. Щоб перевірити цю гіпотезу, використасмо числове фізико-хімічне моделювання в програмному пакеті CHILLER.

Початковий етап моделювання передбачав створення двох розчинів, які було використано у подальшій реакції. Іонний склад розчинів, установлений за температурою евтектики [3], і солоність флюїдних включень мінералів [3], визначених за допомогою кріометричного методу, були покладені в основу вибору концентрацій елементів модельованих розчинів. Температурний інтервал гомогенізації включень у жильних флюориті, бариті й кварці [3] слугував репером для визначення початкових температур розчинів.

Вирішальний етап моделювання включав змішування розчинів. Два розчини — глибинний нейтральний і кислий формаційний — поступово змішувалися між собою до пропорції 1:30. Під час змішування температура загальної суміші зменшилась від 235 до 102 °С, величина рН системи понизилась від 6,3 до 3,3; $\log f_{\text{O}_2}$ зменшився від -40,4 до -49,0. Результати моделювання показано на рис. 2. Як видно, в системі не осаджується кварц, а для утворення алуніту потрібна була значно більша кількість доданого кислого формаційного розчину, ніж для бариту, що осаджувався першим. Початок процесу виникнення алуніту відповідає зупинці осадження бариту.

Отже, числове фізико-хімічне моделювання в програмному пакеті CHILLER показало, що досліджуваний парагенезис утворювався в умовах єдиного мінералоутворювального процесу, під час змішування розчинів різного походження та хімічного складу. Алуніт формувався одночасно з перекристалізацією периферійних зон індивідів бариту й кварцу, що було виявлено завдяки катодолюмінесцентному світінню. Розчинення кварцу супроводжувалось розчиненням золота, похованого у прихованокристалічних агрегатах кварцу, з подальшим винесенням його у верхні горизонти, де воно перевідкладалося у штокверкових рудних тілах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Некрасов И.Я. Геохимия, минералогия и генезис золоторудных месторождений. — М.: Наука, 1991.
2. Скакун Л.З. Мінералого-генетична модель Мужівського золото-поліметалічного родовища (Закарпаття): Автореф. дис. ... канд. геол.-мінерал. наук. — Львів, 1994.
3. Словотенко Н. Онтогенез флюорит-барит-кварцових жил Берегівського рудного поля: Автореф. дис. ... канд. геол. наук. — Львів, 2007.
4. Reed M.H. Calculation of multicomponent chemical equilibria and reaction processes in systems involving minerals, gases and an aqueous phase // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. — 1982. — 46. — P. 513—528.
5. Vityk M.O., Krouse H.R., Skakun L.Z. Fluid evolution and mineral formation in the Beregovo gold-base metal deposit, Transcarpathia, Ukraine // *Economic Geology*. — 1994. — 89. — P. 547—565.