

КАРБОНАТНІ ПАРАГЕНЕЗИСИ БЕРЕГІВСЬКОГО РУДНОГО ПОЛЯ – ІНДИКАТОРИ ІНТЕНСИВНОСТІ ГІДРОТЕРМАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ТА СКЛАДОВІ РУДОНОСНОСТІ

Л.З. Скакун, Н.О. Словотенко, Р.Я. Серкіз, К.В. Сасюк

Львівський національний університет імені Івана Франка
79005, вул. Грушевського, 4, Львів, Україна
E-mail: mineral@franko.lviv.ua

Досліджено просторовий розподіл, парагенезиси та особливості хімічного складу карбонатів у межах Березівського рудного поля. Область поширення карбонатів фіксує межі гідротермальної системи. Зони інтенсивної карбонатної мінералізації відіграли роль чинників контролю розподілу сульфідного та золотого зруденіння. Запропонована геохімічна модель, що описує зональність карбонатної мінералізації та її роль як рудоконтролювального чинника.

Вступ. Березівське рудне поле є складовою однойменного рудного району, розташованого у межах Внутрішньокарпатського вулканічного поясу, який розміщений у тилівій частині Карпатського орогену на периферії Панонського серединного масиву [1]. Разом з подібними золоторудними районами Словаччини, Угорщини й Румунії [1, 2] він входить до металогенічної провінції епітермальних золоторудних родовищ. До складу Березівського рудного поля входять Мужівське та Березівське родовища – типові представники епітермальних родовищ адуляр-серіцитового типу. Вони формувалися після завершення міоценового вулканізму і встановлення екструзивно-інтрузивного комплексу. У межах Березівського рудного поля виділено понад п'ятдесят рудних тіл, представлених жильними і штокоподібними утвореннями. Свердловинами структура рудного поля відкрита до глибини 1,5 км.

Мінералізація Березівського рудного поля формувалась у чотири стадії: сульфідну, кварцбаритову, карбонат-кварцову, карбонат-гетитову [3]. Найбільш ранніми утвореннями сульфідної стадії є карбонатні агрегати, що заповнювали трі-

щини відриву і утворювали вкрапленість та гнізда в туфах. Вкрапленість карбонатів у туфах зафіксована тільки в межах рудного поля, її інтенсивність прямо корелює з інтенсивністю сульфідного зруденіння. Це підтверджується результатами мінералогічного картування в межах цих родовищ та Квасівського рудопрояву. В жильних тілах карбонати спостерігаються локально, оскільки інтенсивно заміщені молодшими асоціаціями. Карбонатні агрегати частково або повністю заміщені сульфідами (галенітом, піритом, сфалеритом, халькопіритом), а також гематитом, баритом, кварцом, флюоритом. Ранні карбонати склали масивні або смугасті жили потужністю до декількох метрів і слугували субстратом, по якому розвинулися сульфідні та кварцові жили, саме тому ми називаємо їх прекурсорами, тобто попередниками рудних тіл.

Наша увага була зосереджена саме на цих карбонатних утвореннях, що були попередниками сульфідної, кварцової та золотої мінералізації.

Мета статті – створити геохімічну модель, що описує зональність карбонатної мінералізації та її роль як чинника рудного контролю.

Об'єкти і методи дослідження. Оптична та електронна мікроскопія – це провідні методи досліджень даної роботи. Під час роботи зі штуфа-

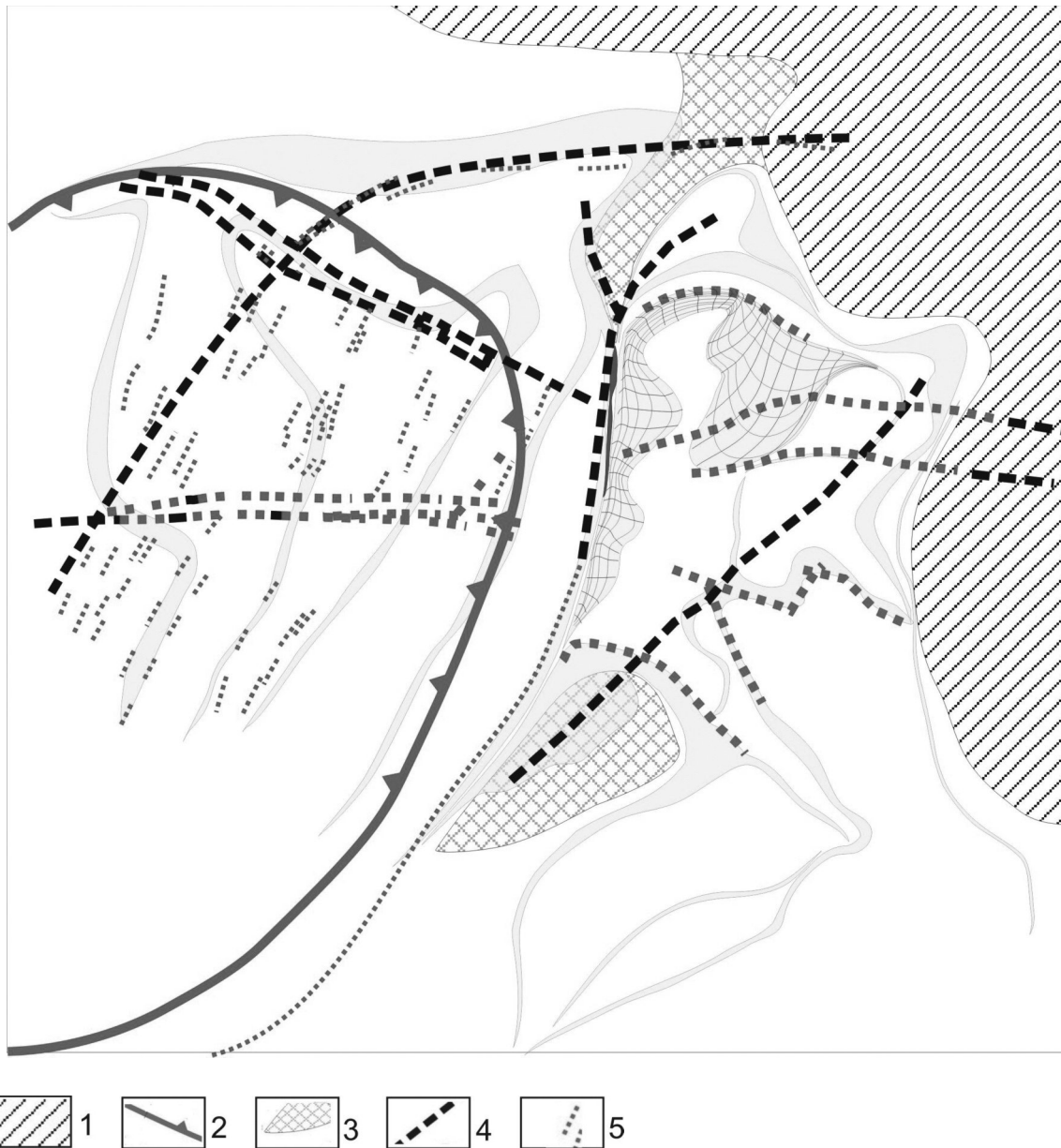


Рис. 1. Основні структурні елементи Берегівської еруптивної трубки. 1 – породи рами в зрізі на рівні горизонту + 160 м; 2 – границя жерловини; 3 – тіла туфізитів (відображені тільки основні мотиви структурного малюнку субвертикальних тіл і пологі плащеподібні фрагменти у вигляді розширення смуг на верхніх горизонтах); 4 – блоки смугастих туфів осадження; 5 – розривні сколові порушення і тріщини відриву; 6 – жили і зруденілі тріщинні зони

ми мінеральних агрегатів використано бінокулярний мікроскоп МБС-8. Опис прозорих шліфів та плоско паралельних пластинок здійснено за допомогою петрографічного мікроскопу МИН-8. Рудний мікроскоп ПОЛАМ Р-311 використано для роботи з аншліфами сульфідних руд.

Катодолюмінесцентний аналіз проводили за допомогою електронного сканувального мікроскопу REMMA 120-02 у Науково-технічному і навчальному центрі низькотемпературних досліджень Львівського національного університету імені Івана Франка, з використанням катодолю-

мінесцентного детектору з довжиною хвиль від 400 до 650 нм. Зразки у вигляді полірованих пластинок напилували вуглецем для запобігання накопиченню електричного заряду протягом дослідження. Швидкість сканування променю 20 с з роздільною здатністю 1024 × 860 пікселів, 256 відтінків сірого. Напруга електронного променя 30 кВ і 200 нА, відповідно. Цей метод використовують для дослідження складу і структури мінералів, їхніх генетичних характеристик і типоморфних властивостей. Він застосовується як інструмент для виявлення ростової зональності або від-

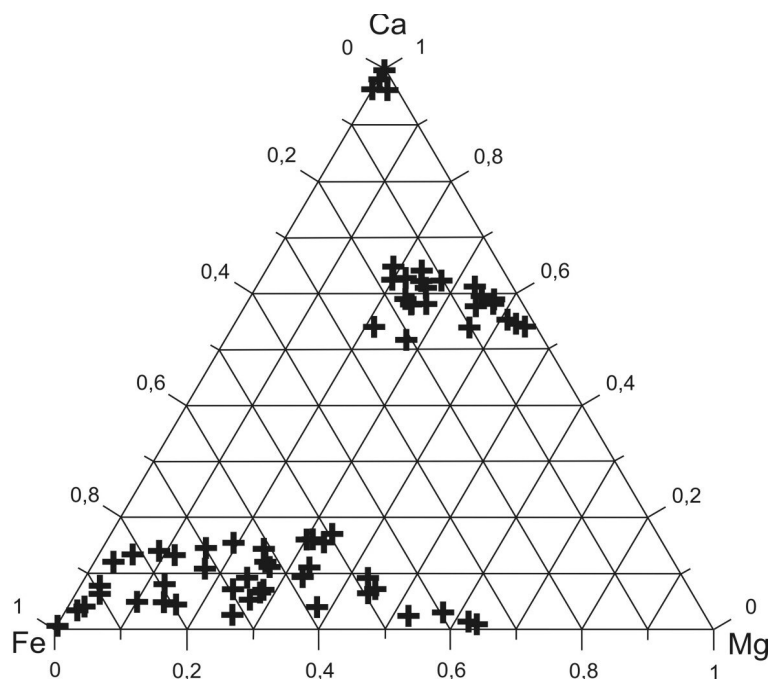


Рис. 2. Діаграма хімічного складу карбонатів Берегівського рудного поля

мінностей у будові кристалів різних генерацій, непомітних під оптичним мікроскопом. Катодолюмінесцентний аналіз дає змогу реконструювати хід мінералоутворювальних процесів. Розкриття внутрішньої структури, ростової зональності і дефектів ґратки кристалів неможливе у разі застосування інших аналітичних методів, що є найбільш важливим прикладним значенням катодолюмінесценції.

За допомогою мікрозондового рентгеноспектрального методу аналізу визначений хімічний склад карбонатів (растровий електронний мікроскоп-мікроаналізатор REMMA-102-02 з використанням термоемісійного W-детектора). Напрямок електронного променя – 20 кВ. Для цього використано аналітичні лінії: K для Mg, Ca, Mn та Fe.

Результати досліджень та обговорення. Жильні карбонатні агрегати формувалися шляхом виповнення відкритих тріщин (ритмічно-смугасті жили натічного типу) і відігравали істотну роль тільки в жерловій частині Мужівської вибухової трубки (рис. 1). Вкраплено-гніздова карбонатна мінералізація метасоматичного походження поширена повсюдно, її інтенсивність зростає в зонах різкої зміни розмірності туфів, що свідчить про її контроль проникністю порід.

Хімічний склад карбонатів (рис. 2) змінювався з часом, перш за все протягом формування пізніших сульфідних агрегатів. За складом жильних карбонатів у межах рудного поля виділяються дві ділянки: 1 – Мужівське родовище, для якого головним раннім карбонатом є кальцит, що домі-

нує у складі прожилків і складає жили натічної текстури потужністю до 2 м, де прожилкова мінералізація складена кальцитом (до 85 об. %) і доломітом (до 15 об. %).

2 – Берегівське родовище, де ранні карбонатні жили та вкраплено-гніздова мінералізація якого представлена тільки доломітом і феродоломітом.

Формування первинних карбонатних агрегатів є реакцією середовища (ріолітові туфи + порові водні розчини) на потік гідротермальних розчинів у момент становлення гідротермальної системи. Прогрів товщі довкола каналів руху гідротермальних розчинів спричинив кристалізацію карбонатів із поверхневих розчинів, що нагрівалися при своїй фільтрації вниз. Внаслідок цього сформувалася зона інтенсивної карбонатної мінералізації з різко пониженою проникністю, що ізолювала гідротермальну систему з периферії та зумовила інтенсивніший її розвиток угору. Одночасно вона слугувала геохімічним бар'єром, на якому пізніше формувалися сульфідні та кварцові жили, що переважно утворювалися шляхом метасоматичного заміщення карбонатів.

Варіації складу первинних карбонатів спричинені різним режимом формування хімічного складу поверхневих вод.

У західній частині родовища поверхневі води формувалися шляхом змішування метеорних вод із реліктовими водами кальдерного озера та морською водою, що спричинювало Ca-Mg-Fe спеціалізацію (рис. 3). Надходженню цих вод до глибоких горизонтів сприяла відсутність у цій частині потужних

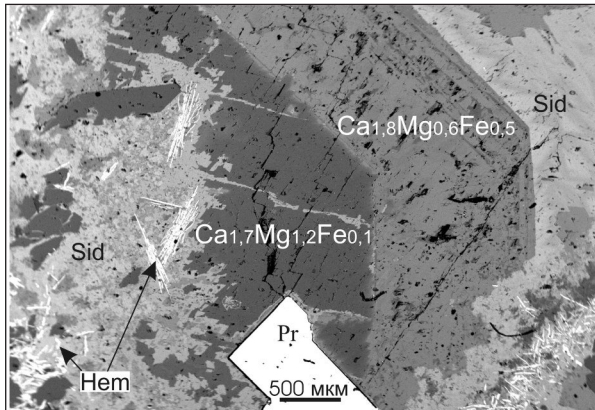


Рис. 3. Заміщення карбонатного агрегату піритом та гематитом (Hem – гематит, Pr – пірит, Sid – сидерит, залізистий доломіт наведений співвідношенням Ca–Mg–Fe)

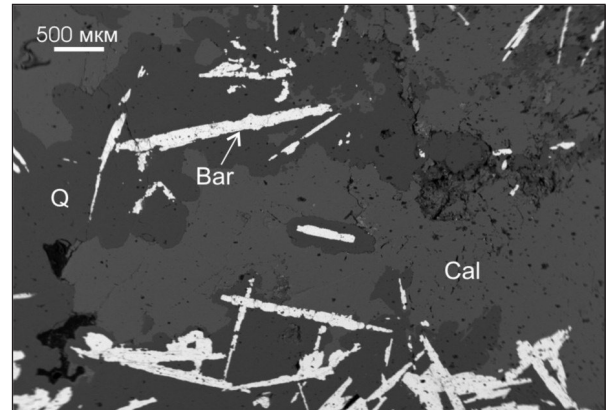


Рис. 4. Барит-кварцовий агрегат заміщує первинний агрегат кальциту (Bar – барит, Cal – кальцит, Q – кварц)

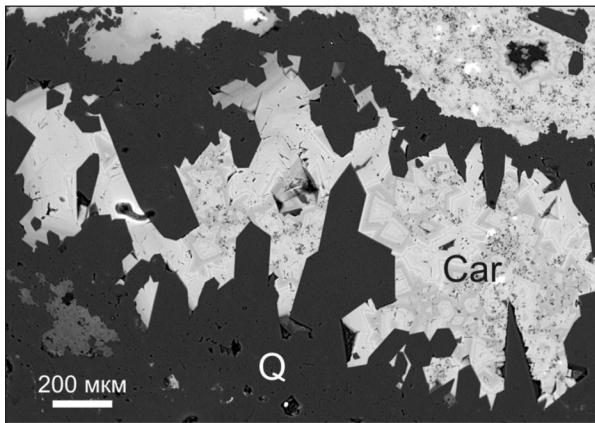


Рис. 5. Заміщення кварцом карбонатного агрегату. BSE-зображення. Проба 1347/418

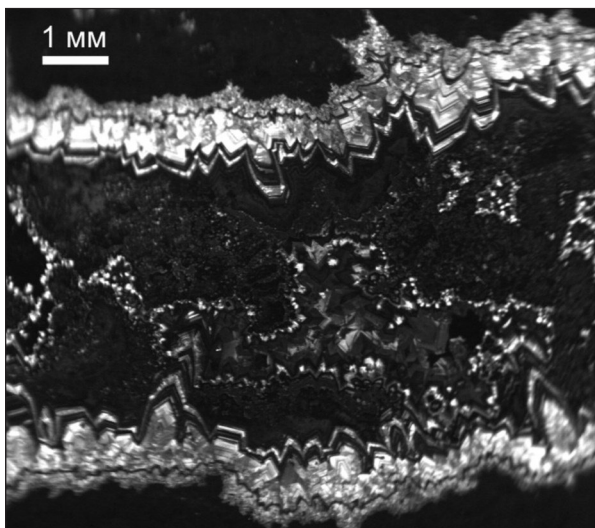


Рис. 6. Ритмічно-смугастий агрегат кварцу. Катодолумінесцентне зображення. XIX р. т.

верств глини в основі відкладів кальдерного озера (верхня осадова товща) та наявність розривних порушень, що змішували верхню осадову товщу.

Східна частина палеоострова в міоценовому морі, згідно з палеовулканічними реконструкціями, була максимально піднятою, отже надходження морської води не відбувалося. Метеорна вода надходила тільки зі сходу, з поза меж кальдерного озера, що знизу було ізольоване суцільною товщею пластичних глин. Склад метеорних вод, що фільтрувалися вниз, модифікувався під впливом конденсації пари та привнесення CO_2 , що підтверджується варіаціями ізотопного складу води флюїдних включень у пізніше утворених мінералах [3, 5]. Ці фактори зумовили Ca-спеціалізацію поверхневих вод та істотно кальцитовий склад карбонатних агрегатів (рис. 4).

Ділянки інтенсивної карбонатної мінералізації (гніздово-вкраплені та жильні) з часом перетворилися на мембрани, які розділили гідротермальну систему на низку комірок із різними фізико-хімічними параметрами гідротермальних розчинів, що визначалися динамікою змішування розчинів різного походження. Саме в межах таких комірок розчини різного складу взаємодіяли, внаслідок чого відбулося заміщення карбонатів піритин-пірит-сфалерит-галенітовим агрегатом у першу стадію та кварц-барит-флюоритовим (з золотом, халькопіритом, Sb-As-Bi-сульфосолями) – у другу. Новоутворені сульфідні та кварц-барит-флюоритові агрегати виразно асиметричні за будовою та мінеральним складом.

Формування сульфідів супроводжувалося заміщенням ранніх карбонатів сидеритом (із переходами до феромагнетиту) та анкеритом, залежно від субстрату. Спостерігається вибірковість заміщення карбонатів сульфідами, що підтверджується дослідженнями онтогенезу карбонат-сульфідних агрегатів.

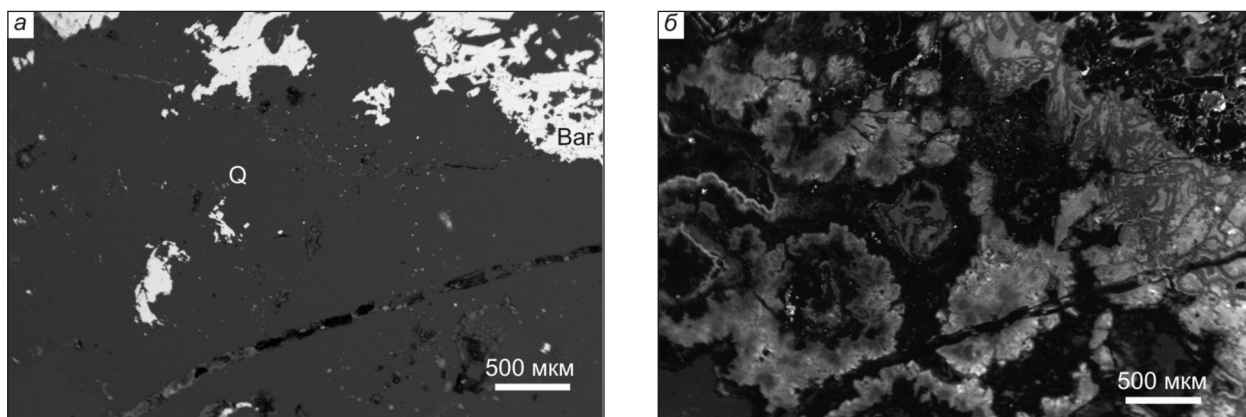


Рис. 7. Барит-кварцовий агрегат, XVI р. т.: а) BSE-зображення; б) катодолюмінесценція виявляє метаколоїдну будову кварцового агрегату

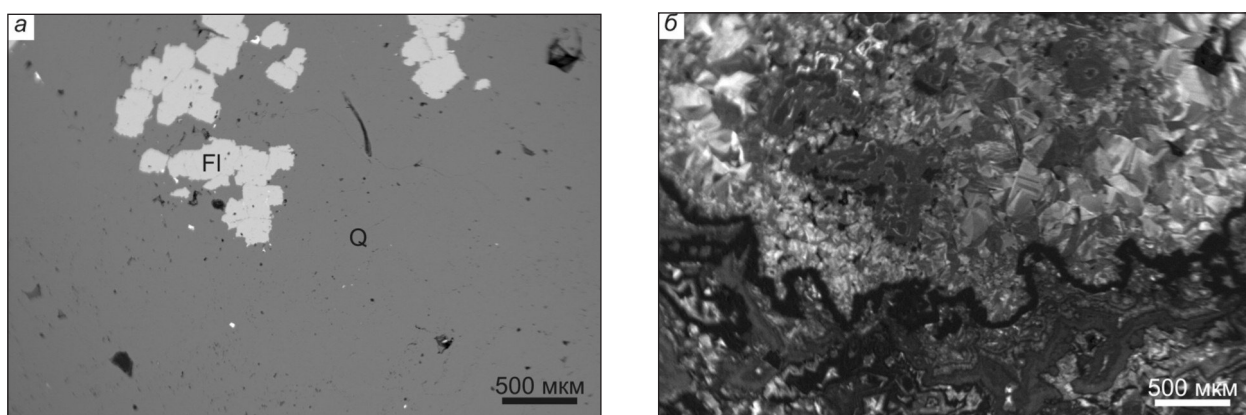


Рис. 8. Флюорит-кварцовий агрегат, XXIII р. т.: а) BSE-зображення; б) катодолюмінесцентне зображення

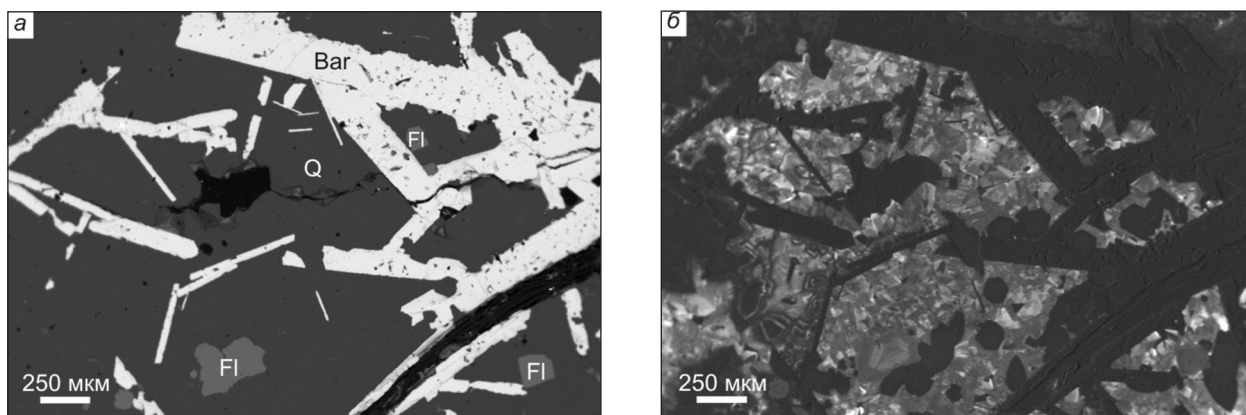


Рис. 9. Флюорит-барит-кварцовий агрегат, XXIII р. т.: а) BSE-зображення; б) катодолюмінесцентне зображення

Детально досліджено процес заміщення карбонатів кварцом. Особливості кварцових агрегатів визначалися будовою та складом карбонатного агрегату і гідродинамікою конкретної ділянки гідротермальної системи.

Виділено три типи процесів заміщення карбонатних агрегатів кварцовими:

1. Ріст метакристалів та тичкуватих агрегатів (рис. 5), у випадку знаходження карбонатної мем-

брани на периферії гідротермальної системи при значному впливі окисних метеорних вод. Результатом є формування смугастих кварц-карбонат-сульфідних жил із гематитом і рудним вмістом золота.

2. Формування дрібнозернистого агрегату, часто ритмічносмугастого (рис. 6) в зонах помірнопроникних карбонатних мембран із мінливим режимом змішування гідротермальних розчинів та істотно модифікованих (до сульфатних) метео-

рних вод. Такі ділянки зазвичай не містять істотної кількості золота.

3. Заміщення карбонатів силікатним гелем, що активно розкристалізовується за мінливих умов змішування лужних гідротермальних розчинів із кислими сульфатними поверхневими водами, які формувалися в товщі донних відкладів кальдерного озера. Кварцові жили такого типу характеризуються великою різноманітністю апогелевих структур (рис. 7, 8) та виразною асиметричною зональністю флюорит-барит \pm алуніт (рис. 9) та високим вмістом золота.

Запропоновані моделі добре узгоджуються із результатами дослідження флюїдних включень та стабільних ізотопів С, О, Н, S в мінералах [3, 4, 7].

Висновки. Ранні карбонатні тіла контролювали розподіл більш пізньої – сульфідної та кварцової – мінералізації в межах Берегівського рудного поля. У цьому розумінні вони слугували прекурсорами – необхідними мінеральними, а отже і хімічними, попередниками в ланцюжку мінеральних парагенезисів, що завершується формуванням золото-кварц-сульфідних руд. Поняття "прекурсор" в геологічній літературі використовується саме в такому розумінні – необхідна ланка в ланцюжку гідротермальних [5] і метаморфічних [6] мінеральних перетворень у процесі формування руд. Карбонатні

жили та інтенсивно карбонатизовані зони слугували гідродинамічними мембранами, що контролювали фільтраційну структуру гідротермальної системи та розділяли розчини різного складу та походження – глибинні, метеорні, формаційні [7]. Водночас вони були хімічним бар'єрами або реакторами, в межах яких ці розчини змішувалися, призводячи до формування сульфідних та кварцових золоторудних тіл. Інтенсивність їх проявів пропорційна інтенсивності теплового впливу гідротерм на доклинні породи. Виконане мінералогічне картування дозволяє виявляти канали руху гідротермальних розчинів, оконтурених карбонатними мембранами. Розподіл ранніх карбонатів фіксує межі максимального поширення гідротермальної системи.

Ці висновки підтверджуються результатами досліджень мінералогічної зональності Беганського поліметалічного родовища та Квасівського рудопрояву. Низька інтенсивність карбонатної мінералізації на Беганському родовищі призвела до їхнього вироблення на етапі формування сульфідних руд і вкрай низької ефективності в якості локалізатора кварц-золоторудної мінералізації. Відсутність або фрагментарність карбонатних мембран у межах Квасівського рудопрояву спричинила його неперспективність як з погляду сульфідних, так і золотих руд.

1. Коптюх Ю.М. Золото-поліметаллическое орудинение Внутрикрупатского вулканического пояса. – К. : Наук. думка, 1992. – 144 с.
2. Науменко В.В., Гончарук А.Ф., Коптюх Ю.М. Вулканогенное рудообразование в Паннонском срединном массиве. – К. : Наук. думка, 1986. – 128 с.
3. Скакун Л.З. Мінералого-генетична модель Мужівського золото-поліметалічного родовища (Закарпаття) : Автореф. дис. ... канд. геол.-мін. наук. – Львів, 1994. – 22 с.
4. Словотенко Н. Онтогенез флюорит-барит-кварцових жил Берегівського рудного поля: Автореф. дис. ... канд. геол. наук. – Львів, 2007. – 20 с.
5. Kucha H., Stumpf E. F. Thiosulphates as Precursors of Banded Sphalerite and Pyrite at Bleiberg, Austria // Mineralogical Magazine. – 1992. – 56, N 383. – P. 165–172.
6. Pirajno F. Hydrothermal Processes and Mineral Systems. – Springer, 2008. – 1250 p.
7. 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. – Vol. 89. – P. 547–565.

Скакун Л.З., Словотенко Н.О., Серкіз Р.Я., Сасюк К.В. Карбонатные парагенезиси Береговского рудного поля – индикаторы интенсивности гидротермального процесса и прекурсоры рудных тел. Исследованы пространственное распределение, парагенезисы и особенности химического состава карбонатов в пределах Береговского рудного поля. Область распространения карбонатов фиксирует границы гидротермальной системы. Зоны интенсивной карбонатной минерализации сыграли роль контролирующих факторов распределения сульфидного и золотого оруденения. Предложена геохимическая модель, описывающая зональность карбонатной минерализации, раскрыто ее значение в роли рудоконтролирующего фактора.

Skakun L.Z., Slovotenko N.O., Serkiz R.Ja., Sasiuk K.V. The carbonate paragenesis of the Beregovo mine field – the indicators of the hydrothermal process intensity and the ore bodies precursors. Spatial distribution, paragenesis and chemical composition of carbonates in frame Beregovo ore field is studied. The area of distribution of carbonates defines border of hydrothermal system. The zones of the intensive carbonate mineralizations were governing factor of the localisation sulphidic and gold mineralization. The geochemical model that describes zonality of the carbonate mineralizations and its influence on ore formation is offered.

Надійшла 16.03.2012.