УДК 549.(553.2)

ЕВОЛЮЦІЯ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ НАВКОЛОЖИЛЬНИХ МЕТАСОМАТИТІВ БОБРИКІВСЬКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО РОДОВИЩА

О.В. Цільмак, Л.З. Скакун, Р.Я. Серкіз
Львівський національний університет імені Івана Франка
79005, вул. Грушевського, 4, Львів, Україна
E-mail: mineral@franko.lviv.ua

Детально вивчений мінеральний склад вмісних порід та простежено його еволюцію під час рудоутворення на Бобриківському золоторудному родовищі. Рудний процес за інтенсивністю та характером метасоматичних перетворень вмісних порід розділено на метаморфогенний та гідротермальний етапи.

Вступ. Бобриківське родовище розміщене у чорносланцевій товщі палеозойського теригенного комплексу в межах Нагольного кряжу і належить до орогенного типу золоторудних родовищ. Серед таких родовищ, розміщених у чорносланцевих теригенних комплексах фанерозойського віку, найбільш відомі Сухий Лог, Олімпіада, Нежданінське, Наталкінське, Совєтське (Росія), Мурунтау, Кокпатас, Зармітан, Даугнутау, Амантайтау (Узбекистан), Бакирчик (Казахстан), Чоре (Таджикистан), Кумтор (Киргизстан), Мазер Лод (США), Бендіго, Олімпік Дем (Австралія).

Характерними і визначальними для родовищ орогенного типу є такі особливості: 1) формування окремо взятого родовища охоплює значний проміжок часу (> 200 млн р.), в якому виділяються метаморфогенний і гідротермальний етапи; 2) на метаморфогенному етапі відбувається загальний прогрів теригенної товщі під впливом глибинних магматичних тіл, що спричиняє її метаморфізм; 3) гідротермальний етап супроводжується підняттям і вкоріненням інтрузивних тіл у метаморфізовані товщі, що спричиняє появу гідротермальних розчинів і, частково, рудних компонентів; 4) метасоматичний спосіб формування руд, що зумовлює утворення вкрапленої та прожилково-вкрапленої мінералізації за обмеженого розвитку кварцових і кварц-карбонатних жильних тіл.

© Цільмак О.В., Скакун Л.З., Серкіз Р.Я., 2012

Характер та інтенсивність метасоматичних перетворень на Бобриківському родовищі аналогічні встановленим на родовищі Сухий Лог [11], де гідротермальні зміни порід заголом слабкі і макроскопічно (за винятком метакристалів сульфідів та інтенсивного розвитку серициту у зальбандах жил) не фіксуються. Схема рудоутворення на родовищі Сухий Лог охоплює синдіагенетичний, метаморфогенний і гідротермально-метасоматичний етапи рудного процесу, розділені тривалими проміжками часу [15]. Наявні літературні дані [4, 8, 9, 10] щодо інтенсивності метасоматичних перетворень на Бобриківському родовищі є неоднозначними та вимагають уточнень, а іноді й перегляду у контексті сучасних даних щодо вивчення гідротермальних змін на інших родовищах цього типу. Представлена стаття присвячена дослідженню характерних особливостей вмісних порід та простеженню еволюції мінерального складу метасоматичних перетворень на кожному етапі формування Бобриківського родовища.

Об'єкт дослідження – вмісні породи Бобриківського родовища, представлені монотонною товщею, складеною частим перешаруванням глинистих, вуглисто- і алеврито-глинистих сланців з підпорядкованими верствами й прошарками пісковиків.

Методика досліджень. Рентгеноструктурний аналіз пелітової фракції вмісних порід виконано на дифрактометрі ДРОН-3 у лабораторії рентгено-

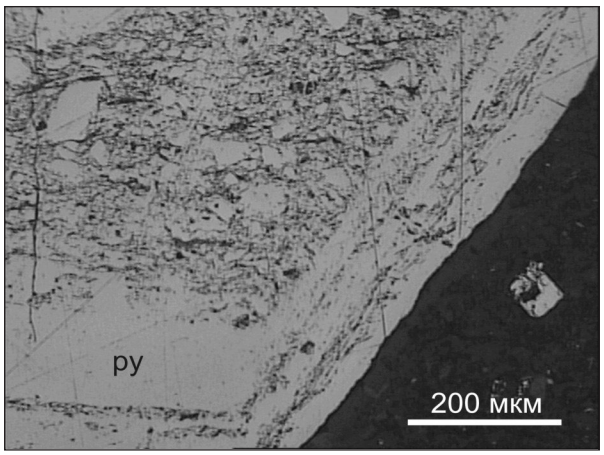

Рис. 1. Зональна та однорідно-мозаїчна будова порфіробластів піриту (ру) з вмісної породи Бобриківського родовища. Св. 731, гл. 244,5 м

графії мінеральної речовини геологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка (аналітик А. Дворянський). Зразки порід різного літологічного складу відібрано з кернового матеріалу свердловини 765 (флангова частина родовища) у кількості 7 штук, інтервал глибини 51,3–195,6 м.

Для оцінки ступеня епігенетичних перетворень вмісних порід здійснено розрахунки індексу Кьоблера за методикою [12].

Хімічний склад і просторово-часові співвідношення мінералів вмісних порід визначено у 17 полірованих зразках, виготовлених з кернового матеріалу свердловин 2Т, 634, 644, 689, 730, 731, 765 за допомогою енергодисперсного аналізатора на базі растрового електронного мікроскопа-мікроаналізатора РЕММА-102-02 у лабораторії науково-технічного та навчального центру низькотемпературних досліджень Львівського національного університету імені Івана Франка (аналітик Р.Я. Серкіз). Напруга електронного променя 20 кВ. Для цього використано аналітичні лінії K_a для K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Al, Ti, Si.

Результати дослідження. Мінеральний склад порід теригенно-осадової товщі Бобриківського родовища у цілому одноманітний. Головні породоутворювальні мінерали – кварц і мусковіт (серицит), менш поширені – рутил, циркон, органічна речовина. Решта мінералів вмісних порід спостерігаються у вигляді порфіробластів (пірит, арсенопірит, сидерит, анкерит, апатит, монацит, флоренсит, ксенотим), лусок (мусковіт-фенгіт, хлорит), малопотужних облямівок (каолініт). Польовий шпат та мінерали групи смектиту не ідентифіковано у жодному з літологічних різновидів. Відсутність мінералів групи смектиту у вмісних породах Бобриківського родовища свідчить про постдіагенетичні зміни. Ступінь перетворення вмісних порід визначили за індексом Кьоблера [12], який для порід різного літологічного складу коливається в межах від 0,28 до 0,45° Δ2Θ.

Структура порід, особливо алевролітів, сланцювата, текстура масивна. Сланцюватість підкреслена розташуванням зерен кварцу, лусок слюди і виділень органічної речовини у вигляді ланцюжків, паралельних площині нашарування. Довга вісь виділень мусковіту-фенгіту, хлориту, а іноді й сидериту, переважно паралельна до площини нашарування, що є відображенням пошарового кліважу. Інтенсивність кліважу у породах різна – від ледь помітного до головної текстури.

Протягом прогресивної стадії метаморфізму по слюдисто-глинистій матриці вмісних порід Бобриківського родовища утворюється пірит, представлений дрібнозернистими гніздами та фрамбоїдами. У постдіагенетично змінених вмісних породах Бобриківського родовища поряд з деформованими та лінзоподібної форми фрамбоїдами спостерігаються недеформовані глобули фрамбоїдального піриту, а також колонії сферичних фрамбоїдів, утворені по зім'ятих у складки прошарках аргіліту. Останні формуються після першої фази складкоутворення.

Наступний прояв метасоматичних перетворень вмісних порід Бобриківського родовища представлений вкрапленістю ідіоморфних кристалів піриту й арсенопіриту розміром 0,01–1 см, всередині яких часто спостерігаються виділення фрамбоїдального піриту. Метасоматична вкрапленість піриту приурочена до більш глинистих і вуглисто-алевритових сланців, а арсенопіриту – до пісковиково-глинистих сланців та пісковиків. Для індивідів піриту й арсенопіриту властива осциляційна зональність. Водночас кристали піриту виявляють внутрішню будову, яка успадковує деталі структури вмісної породи (рис. 1). При цьому в першу чергу заміщується слюдисто-глиниста складова породи, через що у піриту простежується мозаїчна будова. Згодом відбувається заміщення піритом зерен кварцу, у цих ділянках пірит набуває однорідної будови. Таким чином метакристали піриту поєднують у собі зональну (осциляційну) та однорідно-мозаїчну структури. Кристали арсенопіриту містять значну кількість включень інших мінералів переважно в центральній частині через що набувають пойкілітової структури.

Накладені на вмісні породи деформації супроводжувались утворенням сидериту, мусковіт-

фенгіту, хлориту і фосфатів. Сліди деформацій спостерігаються у вигляді двориків розтягування поблизу порфіробластів піриту й арсенопіриту, складених сидеритом та кварцом, а також синдеформаційних жил, виповнених агрегатами сидериту паралельно-тичкуватої будови. Сидерит у вмісній породі представлений порфіробластами розміром до 200 мкм з властивою пойкілітовою внутрішньою будовою. Ріст порфіробластів сидериту зумовлений заміщенням зерен кварцу і серициту з вмісної породи (рис. 2). При цьому у тиловій частині фронту заміщення (віддаленій від прожилка) порфіробласти утворюються за рахунок швидшого розчинення кварцу, в той час як у фронтальній швидше розчиняється серицит. У проміжній між фронтальною та тиловою ділянками відбувається розчинення як кварцу так і серициту. У всьому фронті заміщення поряд з кварцом і серицитом розчиняється також органічна речовина. Сидерит утворює сингенні границі з апатитом, мусковітом, хлоритом і має типоморфний хімічний склад, який полягає у варіації вмісту MgO і MnO у межах 5–18 і 0,4–4 ваг. % відповідно (рис. 3). Мусковіт-фенгіт утворює облямівки (потужністю до 300 мкм) у призальбандовій частині сидерит-сульфідних прожилків та окремі дрібні луски довжиною до 50 мкм, які утворюються серед кварц-серицитової маси породи (рис. 4). Найбільше мусковіт розвинений у глинистих і алеврито-глинистих сланцях. У пісковиках і вуглистих сланцях його розвиток менш інтенсивний. Хімічний склад мусковіту й основної маси серициту з вмісної породи дещо відрізняються. У слюди з основної маси породи заповненість міжпакетної позиції одновалентними катіонами є меншою, ніж у новоутвореного мусковіту (рис. 5). За співвідношенням Si та Mg + Fe метасоматичний мусковіт і серицит вмісної породи не відрізняються (рис. 6). Хлорит по відношенню до мусковіт-фенгіту менш поширений і представлений видовженими лускуватими, листуватими та неправильної форми виділеннями розміром до 150 мкм у просторовій асоціації з сидеритом, мусковітом, апатитом, монацитом. За хімічним складом хлорит відповідає ріпідоліту (залізистий різ-

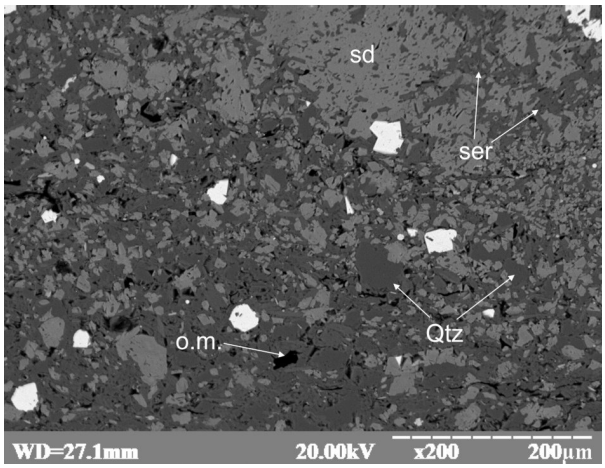

Рис. 2. Порфіробласти сидериту (sd) пойкілітової будови. Вмісна порода складена серицитом (ser), кварцом (Qtz), органічною речовиною (о. m.). Св. 634, гл. 585,0 м

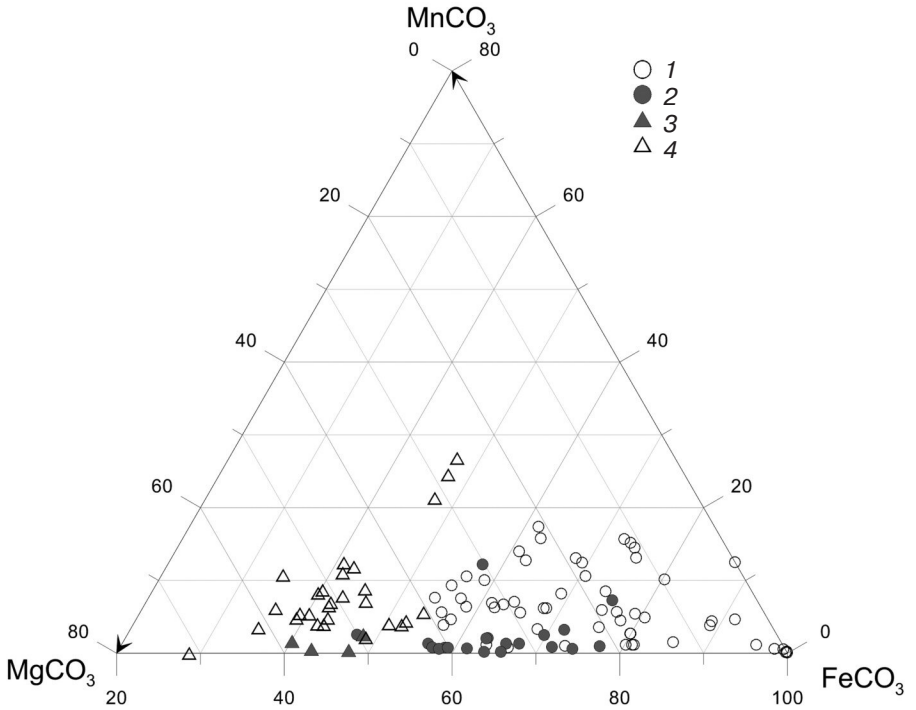

Рис. 3. Діаграма хімічного складу карбонатів Бобриківського родовища: сидерит: 1 – жильний, 2 – з вмісної породи; анкерит: 3 – з вмісної породи, 4 – жильний

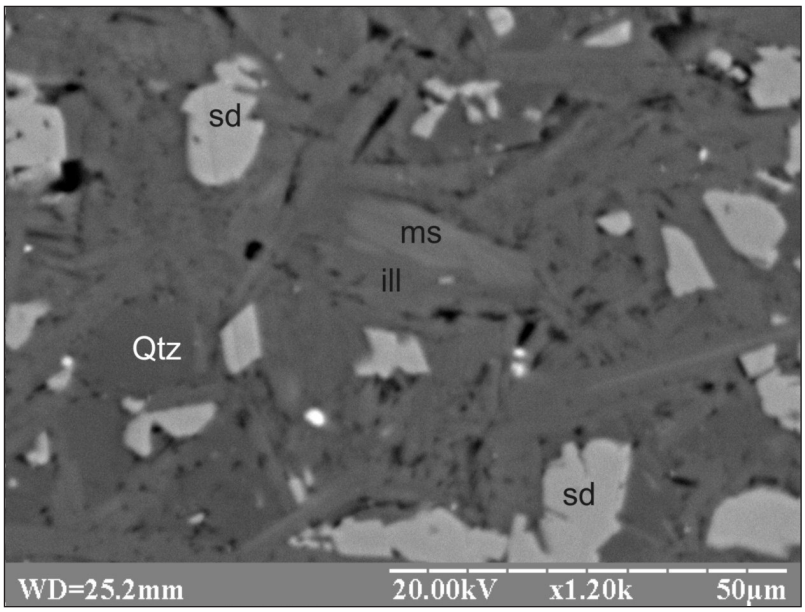

Рис. 4. Виділення мусковіту (ms) і сидериту (sd) у вмісній породі, складеній ілітом (ill) і кварцом (Qtz). Св. 634, гл. 100,0 м

новид клінохлору), який утворюється у кристалічних сланцях низьких ступенів метаморфізму і в гідротермальних рудних родовищах. Фосфати у вмісних породах представлені порфіробластами розміром до 800 мкм, які формуються по глинистому цементу породи, при цьому включення кварцу у них розчиняються в міру зростання розміру порфіробластів. Місцями у вмісній породі спостерігаються порфіробласти ксенотиму, які доростають флоренситом. У виділеннях флоренситу, ксенотиму і монациту спостерігаються включення апатиту і циркону. Для фосфатів простежується така послідовність утворення: апатит – монацит – ксенотим – флоренсит.

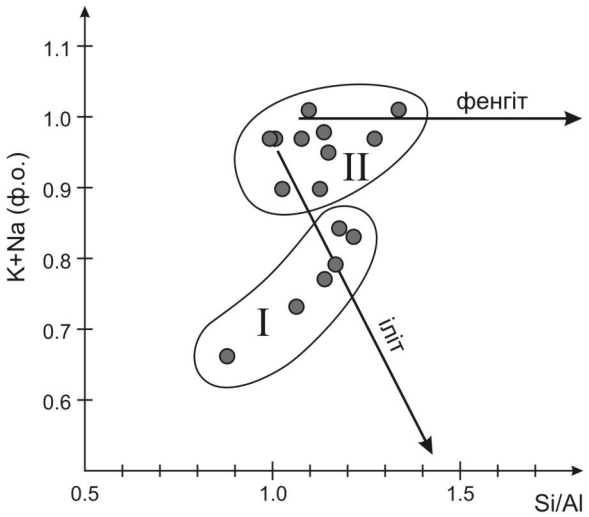

Рис. 5. Хімічний склад слюди з вмісних порід Бобриківського родовища у координатах K + Na – Si/Al: I – породоутворювальна слюда, II – слюда метасоматичного походження мусковіт-фенгітового типу

Гідротермальний етап розпочався після періоду крихких деформацій. Найбільш сприятливими ділянками для тріщиноутворення були призальбандові ділянки сидерит-сульфідних жил, внаслідок чого на родовищі часто спостерігаються прожилки, складені з двох-трьох паралельних прожилків різного мінерального складу. Гідротермальний етап охоплює дві стадії мінералоутворення: піротин-поліметалеву та герсдорфіт-сульфосольну з золотом. Піротин-поліметалева стадія вирізняється поступовим заміщенням сидерит-сульфідних жил агрегатами піротину, сфалериту, галеніту, анкериту і кварцу. Метасоматичні зміни вмісних порід на цій стадії слабко проявлені та полягають у локальному розвитку анкериту та каолініту. Анкерит формується шляхом заміщення сидериту і рідко утворює самостійні порфіробласти. Потужність зони заміщення сидериту анкеритом не перевищує 10 см у ортогональному до прожилка напрямі. Більш інтенсивне утворення анкериту приурочене до призальбандових ділянок сидерит-сульфідних жил, де він формується шляхом заміщення паралельно-тичкуватого сидериту. Анкерит парагенетично асоціює з піротином, сфалеритом та галенітом, між усіма цими мінералами спостерігаються сингенні границі. Каолініт зафіксовано лише в одному зразку у призальбандовій ділянці прожилка у вигляді облямівки потужністю 40 мкм.

По системі крихких тріщин, накладених на мінеральні агрегати попередніх стадій, утворюються мінерали герсдорфіт-сульфосольної стадії.

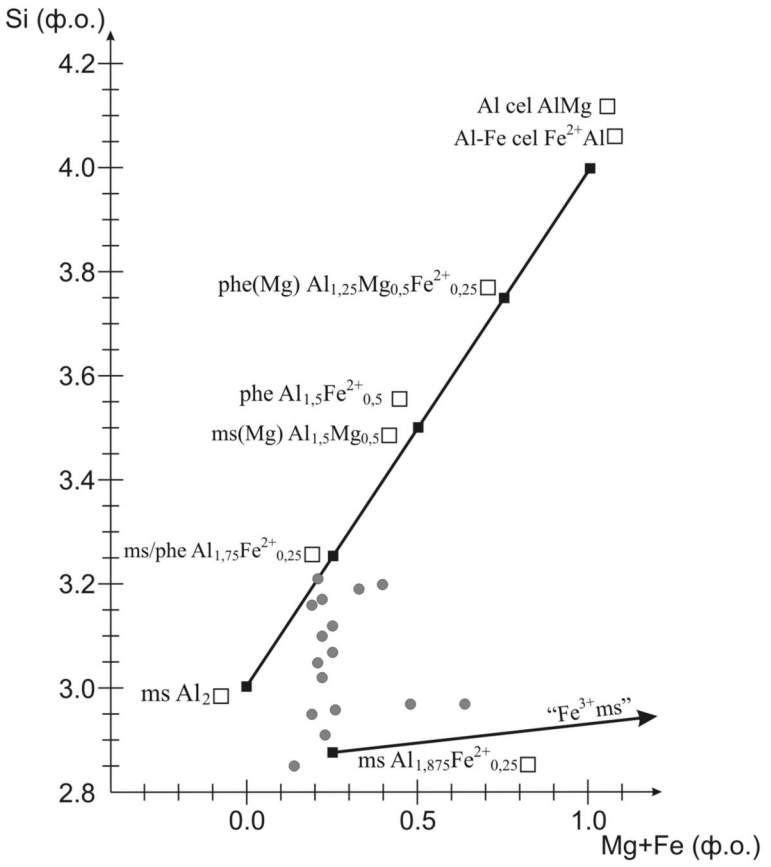

Рис. 6. Хімічний склад слюди з вмісних порід Бобриківського родовища у координатах Si – (Mg + Fe). Лінія (x = 0; y = 3), (x = 1; y = 4) відповідає ізоморфному ряду твердого розчину мусковіт–селадоніт. 1 – ідеальні формули мінералів; 2 – хімічний склад мінералів, затверджений IMA; ms – мусковіт, "Fe^{3+}ms" – ферімусковіт, ms/phe – мусковіт-фенгіт, phe – фенгіт, Al-Fe cel – алюмо-ферімусковіт, Al cel – алюмоселадоніт

Визначальною ознакою цієї стадії є осадження самородного золота. Головною особливістю герсдорфіт-сульфосольної стадії мінералоутворення є лавиноподібні заміщення мінералів у межах кварц-карбонат-сульфідних агрегатів. Метасоматичні зміни вмісних порід, які відповідають цій стадії, майже не проявлені або відсутні. Головні метасоматичні перетворення відбуваються в агрегатах кварц-карбонат-сульфідних жил, що відображено у корозійних структурах, структурах заміщення і реакційних облямівках між попередньо- і новоутвореними мінералами. Внаслідок взаємодії розчину з полімінеральним агрегатом жил відбувається заміщення у такій послідовності: піротин → халькопірит → фрейбергіт → тетраедрит → бурноніт. На значній глибині піротин заміщується магнетитом і сидеритом-II, при цьому кварц також заміщується сидеритом-II у парагенезисі з герсдорфітом, галенітом-II, ульманітом (20 мкм). У халькопіриті, який заміщує піротин, фіксуються виділення стільпномелану (60 мкм) і молібденіту (5 мкм). У ділянках заміщення бляклої руди бурнонітом спостерігається метастабільна фаза полібазиту (30 мкм). У складі герсдорфіт-сульфосольної стадії спостерігаються два золотовмісні мінеральні парагенезиси – герсдорфіт-халькопірит-галенітовий і халькопірит-бляклорудно-бурнонітовий, яким властиве різне просторове розміщення відносно рудопідвідних структур. Герсдорфіт-халькопірит-галенітовий золотовмісний парагенезис спостерігається у тилових ділянках дії гідротермального розчину. Халькопірит-бляклорудно-бурнонітовий парагенезис тяжіє до фронтальних ділянок поширення розчину.

Обговорення. Як зазначено раніше, у тривалій історії формування золоторудних родовищ орогенного типу існує закономірна послідовність метаморфогенного та гідротермального етапів.

Згідно з [14], метаморфогенний етап у межах Нагольного кряжу відбувся у пермський час (~ 285 млн р.), коли теригенна товща Донбасу в режимі апліфту та ексгумації перебувала в зоні дії теплового потоку під впливом глибинних магматичних тіл (діапіризм астеносфери?). Після нетривалої перерви розпочався гідротермально-метасоматичний етап, спричинений вкоріненням інтрузивних тіл у регіонально метаморфізовані товщі Донбасу. Прояви магматизму на Донбасі представлені інтрузіями різного віку (T_1 — 250–245, T_3 – 230–200, J – ~155 млн р.) і складу (трахіандезити, дацити, лампрофіри) [1]. У межах Нагольного кряжу прояви магматизму невідомі,

проте, згідно з [2, 14], передбачається наявність інтрузій гранітоїдів на глибині близько 4–5 км.

Відомо, що зміни вмісних порід протягом прогресивної стадії метаморфізму від аргіліту (діагенез) до глинистого сланцю (ката-метагенез) полягають у трансформації глинистих мінералів групи смектиту та іліту в мусковіт [12]. Цей перехід супроводжується зростанням впорядкованості структури іліту, що в свою чергу призводить до зменшення ширини піку (001) іліту на дифрактограмах. Прямим індикатором впорядкованості структури іліту, а отже і ступеня постдіагенетичних перетворень вмісних порід, є індекс Кьоблера, який розраховується за шириною піку (001) іліту у ділянці половини його висоти. Мінімальний вміст смектиту в іліті є граничним значенням між зонами епіметаморфізму (зеленосланцева фація метаморфізму) і анхіметаморфізму (метагенезу), яке складає 0,25° Δ2Θ. Інтервал 0,25–0,42° Δ2Θ відповідає зоні анхіметаморфізму, верхня границя якої співпадає з нижньою границею існування рідких вуглеводнів і переходом дикіту в пірофіліт (катагенез). Нижня межа анхіметаморфізму характеризується появою мінералів зеленосланцевої фації метаморфізму. Значення індексу Кьоблера від 0,42° Δ2Θ до 0,60° Δ2Θ свідчать про більший вміст смектиту в іліті, що властиво для порід в умовах стадії катагенезу.

Значення індексу Кьоблера, встановлені для порід різного літологічного складу на Бобриківському родовищі, складають інтервал 0,28–0,45° Δ2Θ, що відповідає зоні анхіметаморфізму (метагенезу). Отже, вмісні породи Бобриківського родовища на метаморфогенному етапі під впливом глибинного магматичного джерела зазнали метаморфізму преніт-пумпеліїтової фації, що передбачає прогрів до 200 °С. Саме за таких умов утворились мусковіт, сидерит, хлорит, фосфати, пірит і арсенопірит.

На Бобриківському родовищі процес гідротермального перетворення вмісних порід відбувався згідно з правилом сталості об'ємів під час метасоматозу [7], яке полягає у розчиненні мінералів вмісних порід і одночасному утворенні на їхньому місці інших мінералів.

Головним механізмом утворення нових мінералів у вмісних породах Бобриківського родовища є порфіробластез. Ріст порфіробластів сидериту, піриту і фосфатів контролюється локальною зміною фізико-хімічних параметрів, що призводить до коливання рівноваги серицит – кварц у бік розчинення кварцу чи серициту. Порфіробласти як синтектонічні утворення є водночас продуктом метаморфізму і метасоматозу.

У складі гідротермально-метасоматичних утворень на Бобриківському родовищі беруть участь п'ять видів мінералів: а) мінерали, утворені на метаморфогенному етапі (пірит, арсенопірит, сидерит, мусковіт-фенгіт, фосфати, хлорит); б) мінерали первинних порід, які зберігають стійкість у процесі метасоматозу (різні акцесорні мінерали – циркон, рутил); в) реліктові, не повністю заміщені мінерали (нестійкі у процесі метасоматозу, але сприяють незавершеності метасоматичних реакцій, отже збереглись у метасоматично перетворених породах) серицит, кварц, органічна речовина; г) мінерали, утворені на завершальних стадіях процесу і сформовані за рахунок раніше утворених мінералів (анкерит, бурноніт, магнетит, герсдорфіт); д) мінерали, які входять до складу жил, прожилків, утворені шляхом виповнення вільних порожнин (пірит, арсенопірит, сфалерит, галеніт, піротин, халькопірит, блякла руда, золото).

Слюдам Бобриківського родовища властиві значні варіації хімічного складу. Заповненість міжпакетного простору одновалентними катіонами змінюється в межах від 0,66 до 1 (див. рис. 5). Частина K^+ (до 0,27 ф. о.) заміщена Na^+. За даними [13], слюда, у якої заповненість міжпакетного простору складає менше 0,87 ф. о. належить до іліту (поле I). Беручи до уваги вищенаведені значення індексу Кьоблера, породоутворювальна слюда Бобриківського родовища відповідає ілітмусковітовому політипу 2*M*1 [12]. Слюда метасоматичного походження за співвідношенням Si/Al не відрізняється від попередньої, проте містить більше одновалентних катіонів у міжпакетному просторі, що наближає її до мусковіту (поле II).

Типоморфним для слюд Бобриківського родовища є вміст FeO і MgO, який змінюється в межах 0,7–6,98 і 0,66–3,07 ваг. % відповідно. Ізоморфізм за схемою $((Mg, Fe^{2+})^{VI}, Si^{IV} = Al^{VI}, Al^{IV})$ є типовим для диоктаедричних слюд і на (Fe + Mg)-Si діаграмах проявляється загальним зміщенням точок аналізів до висококремнієвої області [3]. Більшість результатів аналізів слюд Бобриківського родовища на діаграмі (Fe +Mg)-Si (див. рис. 6) розміщена у мусковіт–фенгітовій частині ізоморфного ряду мусковіт-селадоніт. Аналіз вищенаведених діаграм свідчить, що утворення слюд протягом прогресивної стадії метаморфізму здійснювалось за рахунок впорядкування ілітових і смектитових шарів за активного ізоморфного заміщення за схемою $(Mg, Fe^{2+})^{VI}, Si^{IV} = Al^{VI}, Al^{IV}$.

Хлорит на Бобриківському родовищі за хімічним складом відповідає ріпідоліту і парагенетично асоціює з мусковіт-фенгітом. За даними [12], парагенезис фенгіт-Fe–Mg-хлорит є індикатором зеленосланцевої фації метаморфізму. Проте зважаючи на те, що хлорит локально фіксується на родовищі, а парагенетична з ним слюда за хімічним складом не відповідає чистому фенгіту, можна стверджувати, що умови утворення хлориту і мусковіт-фенгіту відповідали преніт-пумпеліїтовій фації метаморфізму, що підтверджується розрахунками індексу Кьоблера.

Карбонатам Бобриківського родовища властиві варіації вмісту FeO, MgO, MnO, (див. рис. 3). Жильні карбонати мають більший вміст MgO, MnO і ширший діапазон концентрацій FeO порівняно з порфіробластами карбонатів з вмісних порід. Підвищений вміст заліза і мангану у карбонатах, за даними [7], є типоморфною ознакою синрудних метасоматитів для галеніт-сфалеритових, срібло-поліметалевих і золото-срібних руд. Слід зазначити, що на родовищі Сухий Лог також спостерігається підвищений вміст цих компонентів у карбонатах [15].

У складі кварц-карбонат-сульфідних агрегатів простежується поетапне заміщення нерудних мінералів за схемою: сидерит (з Mg і Mn) → анкерит → кварц → сидерит-II. У вмісних породах простежується подібна послідовність заміщень, проте в ній відсутній кварц. Зерна аутигенного кварцу розчиняються на метаморфогенному етапі під час росту порфіробластів піриту, сидериту, фосфатів і нові генерації кварцу у вмісній породі не виникають. Вірогідно, гідротермальний розчин у породі був ненасичений щодо кварцу протягом всього рудоутворювального процесу і мав слабко лужну реакцію. Рудоутворювальний розчин на початку гідротермального етапу мав слабко кислу реакцію середовища, про що свідчать спостереження локальних малопотужних облямівок каолініту і утворення кварцу в складі піротин-поліметалевої мінеральної асоціації. Метасоматичне заміщення порфіробластів сидериту анкеритом у безпосередній близькості до прожилків свідчить про локальне порушення хімічної рівноваги у системі порода–розчин і швидке її врівноваження на незначній відстані від прожилка. Розчинення і заміщення кварцу сидеритом на герсдорфіт-сульфосольній стадії свідчать про лужну реакцію мінералоутворювального флюїду. Взаємодія гідротермального розчину герсдорфіт-сульфосольної стадії з вмісними породами не позначилась на їхньому мінеральному складі.

У першому наближенні парагенезис кварцу з серицитом і сидеритом у вмісних породах Бобриківського родовища можна прийняти за індикатор метасоматичної формації березитів. Проте такий мінеральний парагенезис зустрічається і в породах іншого генезису, наприклад, у осадах, які зазнали початкового метаморфізму [12]. З огляду на це автори статті неоднозначно ставляться до віднесення гідротермальних змін вмісних порід на Бобриківському родовищі до формації березитів.

Проведені дослідження підтвердили візуально прихований, локальний прояв метасоматичних змін вмісних порід на Бобриківському родовищі. На думку [5], слабкий розвиток навколожильних метасоматитів на родовищах Нагольного кряжу пояснюється тим, що значення температури вмісних порід і утворення мінералів із розчинів були достатньо близькими. Найнижчий градієнт температури у межах Нагольного кряжу характерний для Бобриківського родовища, яке розташоване у найнижчій частині рудно-метасоматичної колони Головної антикліналі Донбасу [6] і є найбільш високотемпературним родовищем Нагольного кряжу.

Висновки. Схема рудоутворення Бобриківського родовища охоплює, як мінімум, два етапи формування – метаморфогенний та гідротермальний. Формування метасоматичних утворень у вмісних породах відбувалося з різною інтенсивністю протягом обидвох етапів. Загальний прогрів теригенної товщі під впливом глибинного магматичного тіла в режимі стиснення (складкоутворення і деформації) спричинив метаморфізм осадових порід в умовах преніт-пумпеліїтової фації (метагенез), що підтверджується локальним і незначним розвитком хлориту, хімічним складом мусковіту, розрахунками індексу Кьоблера. Головним механізмом метасоматичних перетворень у вмісних породах на метаморфогенному етапі є порфіробластез, який широко проявився на родовищі у вигляді метасоматичних вкраплеників піриту, арсенопіриту, сидериту й фосфатів.

Визначальна роль у формуванні гідротермальної мінералізації на Бобриківському родовищі належить метаморфогенному етапу, оскільки мінералоутворення гідротермального етапу має накладений характер на зону дроблення мінеральних агрегатів, утворених під час метаморфогенного етапу. Гідротермальний етап, спричинений вкоріненням інтрузивних тіл у метаморфізовані товщі, проявлений виповненням тріщин, які утворю-

ються часто в місцях привідкривання наявних жил і прожилок. Гідротермальний етап на Бобриківському родовищі включав кілька стадій: піротин-поліметалеву, герсдорфіт-сульфосільну з золотом. На відміну від метасоматозу метаморфогенного етапу, який діяв на породи суцільним фронтом, метасоматичні перетворення гідротермального етапу поширені локально, тяжіють до жил, прожилків, зон тріщинуватості. На цьому етапі відбулась зміна гідродинамічних параметрів рудоутворювальної системи, внаслідок чого зменшилась інтенсивність вторинних змін вмісних порід, які обмежились локальним розвитком анкериту та каолініту. Гідротермальний етап відзначався відносною рівновагою у системі вмісна порода – розчин і різко нерівноважними умовами у системі розчин – кварц-карбонат-сульфідні прожилки, що призвело до зростання інтенсивності та ланцюгового характеру заміщення мінералів у кварц-карбонат-сульфідних прожилках.

Почергове розчинення і утворення кварцу, локальне утворення каолініту під час мінералоутворення на Бобриківському родовищі свідчать про еволюцію pH мінералоутворювального флюїду. Так метаморфогенний етап характеризувався слабко лужною спеціалізацією розчину. На піротин-поліметалевій стадії гідротермального етапу мінералоутворювальний розчин мав слабко кислу реакцію, а на герсдорфіт-сульфосольній – знову слабко лужну.

1. *Бутурлинов Н.В.* Эволюция магматизма, минеральных ассоциаций и эндогенного рудообразования в Донецком бассейне // Минералогия рудных месторождений Украины. – К., 1984. – С. 36–44.
2. *Глубинное* строение, эволюция флюидно-магматических систем и перспективы эндогенной золотоносности юго-восточной части Украинского Донбасса / А.Л. Александров, В.В. Гордиенко, Е.И. Деревская [и др.] – К.: Изд. ИФИ Укр. науч. ассоц., 1996. – 74 с.
3. *Годовиков А.А.* Минералогия. – М.: Недра, 1983. – 647 с.
4. *Копылова Л.В., Кузнецов Ю.А., Резников А.И.* Околорудные изменения пород карбона в Нагольном кряже Донбасса // Геол. журн. – 1981. – Т. 41. – № 3. – С. 86–95.
5. *Курило М., Дищук Ю., Чернієнко І. та ін.* Золото-срібно-поліметалічна мінералізація Нагольного кряжу (Донбас). Геологія, мінеральні асоціації, умови утворення // Геолог України. – 2009. – № 1–2. – С. 105–114.
6. *Літогенез* і гіпогенне рудоутворення в осадових товщах України / В.О. Шумлянський, К.І. Деревська, Т.В. Дудар [та ін.] – К.: Вид-во ІФД Укр. наук. асоц., 2003. – 272 с.
7. *Метасоматизм* и метасоматические породи / Кол. авт. ; Ред. В.А. Жариков, В.Л. Русинов. – М.: Научный мир, 1998. – 492 с.
8. *Щербань И.П., Копылова Л.В., Шевченко В.И.* Околорудные метасоматиты континентальных рифтогенных структур. – М.: Недра, 1985. – 180 с.
9. *Юшко С.А.* Минералогические ассоциации и последовательность кристаллизации в рудных месторождениях Нагольного кряжа (Донецкий бассейн) // Тр. Моск. геол.-развед. ин-та. – 1948. – Т. 23. – С. 207–225.
10. *Якжин А.А.* Геологическое строение и некоторые вопросы минерализации Нагольного кряжа. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 60 с. – (Тр. Ин-та геол. наук; Вып. 65).
11. *Distler V.V., Yudovskaya M.A., Mitrofanov G.L. et al.* Geology, composition and genesis of the Sukhoi Log noble metals deposit, Russia // Ore Geol. Rev. – 2004. – Vol. 24. – P. 7–44.
12. *Merriman R.J., Peacor D.R.* Very low-grade metapelites: mineralogy, microfabrics and measuring reaction progress / Low Grade Metamorphism ; M. Frey & D. Robinson editors. – Blackwell sciences Ltd. Oxford, UK, 1999. – P. 10–60.
13. *Meunier A., Velde B.* Solid solutions in I/S mixed-layer minerals and illite // Amer. Miner. – 1989. – Vol. 74. – P. 1106–1112.
14. *Spiegel C., Sachsenhofer R.F., Privalov V.A., Zhykalyak M.V., Panova E.A.* Thermotectonic evolution of the Ukrainian Donbas Foldbelt: evidence from zircon and apatite fission track data // Tectonophysics. – 2004. – Vol. 383. – P. 193–215.
15. *Yudovskaya M.A., Distler V.V., Rodionov N.V. et al.* Relationship between metamorphism and ore formation at the Sukhoi Log gold deposit hosted in black slates from the data of U–Th–Pb isotopic SHRIMP_dating of accessory minerals // Geol. Ore Dep. – 2011. – Vol. 53, No. 1. – P. 27–57.

Цильмак О.В., Скакун Л.З., Серкиз Р.Я. Эволюция минерального состава околожильних метасоматитов Бобриковского золоторудного месторождения. Детально изучен минералогический состав и эволюция вмещающих пород во время рудного процесса на Бобриковском золоторудном месторождении. Метаморфогенный и гидротермальный етапы рудообразования отличаються в зависимости от интенсивности и характера метасоматических преобразований вмещающих пород.

Tsilmak O.V., Skakun L.Z., Serkiz R.Y. Evolution of mineral composition of the alteration assemblages on Bobrikovo gold deposit. Mineralogical makeup of the host rocks and their development during the ore-forming process on Bobrikovo gold deposit are investigated. Metamorphic and hydrothermal stages of the ore process are differed by strength of alteration.

Надійшла 04.05.2012.