

УДК 553.41 : 553.21/24

Рузіна М.В., Білан Н.В., Соболев В.В.

Вплив електротермічних полів на перерозподіл мінеральної речовини рудоносних метасоматитів

Наведені основні результати експериментального вивчення впливу електротермічних полів на процеси мінералоутворення і перерозподілу рудних компонентів у золотоносних метасоматитах із зон катаклазу і мілонітизації вихідних гірських порід різного первинного мінерального складу.

Фізичні особливості дії електричних полів та електрохімічних процесів на ендегенне рудоутворення вивчалися попередніми дослідниками [1, 2] на прикладі сульфідних, залізородних та інших родовищ. Було встановлено, що природні електричні поля генеруються поблизу контактів різнорідних порід, рудних покладів і водоносних горизонтів. Підвищену електропровідність мають тектонічно порушені зони, гідротермально змінені породи, дайки, рудні і пегматитові жили, які містять тріщинні, порові, плівкові, капілярні розчини. В зв'язку з цим у таких зонах відбувається активізація електрохімічних процесів.

За раніше одержаними даними [1-4], одним з можливих джерел природних електричних полів є глибинні розломи. Було встановлено [5], що одним з головних факторів дислокаційного метаморфізму і генерування рудоносних гідротермальних розчинів у гірських породах Білозерської зеленокам'яної структури (ЗКС) є неодноразова тектонічна активізація систем глибинних розломів.

Мета цієї роботи полягала у вивченні одночасного впливу теплового і електричного (електротермічного) полів на процеси мінералоутворення і перерозподілу рудних компонентів у золотовмісних метасоматитах зон катаклазу і мілонітизації.

Основна ідея експериментів полягала в дослідженні еволюції метасоматичних процесів у тектонічно підготовленому середовищі під впливом електричного поля.

Для експериментів використовувались зразки тектонітів (катаклазитів, філонітів, мілонітів) і метасоматитів, просторово пов'язаних з вузлами перетину глибинних розломів Білозерської, Конкської, Верхівцевської ЗКС Середнього Придніпров'я, а саме: зразки рудоносних метасоматитів Бобриківського золоторудного родовища; зразки фрагментів кварцових жил, які контролюють зруденіння; зразки порід гідротермально-метасоматичного генезису: ліственіт-березитів, аргілізитів, вуглецевих метасоматитів, карбонат-скородитових порід.

Термін «ліственіт-березити» використаний для характеристики «сполучених» метасоматитів, у складі яких представлені асоціації міне-

ралів різних метасоматичних формацій (лиственітів, березитів). Їх утворення пов'язане з приуроченістю до тектонічно ослаблених зон (розривні порушення, зони розсланцювання порід) і є наслідком багатостадійного надходження одними і тими ж каналами гідротермальних розчинів різного складу.

Для експериментального моделювання були використані зразки лиственіт-березитів, які утворились по метаріодацитах. Характерний новоутворений мінеральний парагенезис – серицит + кварц + карбонат + пірит. Початковий парагенезис метаріодацитів – кварц + альбіт + олігоклаз + серицит. Причому серицит вихідних метаріодацитів розвинений, переважно, по поверхні вкраплеників, а новоутворений – за напрямом первинної сланцюватості або під кутом до неї.

При вивченні взаємовідносин епігенетичних мінералів з'ясувалось, що карбонат представлений декількома генераціями і утворювався після серициту. За даними термічного аналізу, карбонат представлений сидероплезитом і анкеритом. Сидероплезит утворює псевдоморфози по порфірових кристалах альбіт-олігоклазу, заміщуючи їх з периферії, а також зустрічається в основній роговиковоподібній масі. Анкерит присутній у складі січних кварц-карбонатних, іноді кварц-карбонат-піритових прожилків, рідше – у вигляді плямоподібних виділень, орієнтованих за сланцюватістю.

Лиственіт-березити зон контакту кварцових сидеритолітів і метаріодацитів характеризуються таким середнім мінеральним складом: карбонати – 60%, серицит – 20%, кварц – 15%, рудні мінерали – 5%. За даними термічного аналізу, карбонати представлені сидероплезитом і параанкеритом. Основний породоутворювальний карбонат – сидероплезит – поширений у складі дрібнозернистої основної маси породи. Параанкерит присутній у межах ділянок серицитизації у вигляді лінзовидних і округлих агрегатів з включеннями кварцу; можливо, вони є реліктами первинного метаріодациту.

Філоніти – тонко розсланцьовані дислокаційно-метаморфічні породи, різновид тектонобластитів. За складом подібні до філітоподібних сланців, але відрізняються від них за походженням.

Вуглецеві метасоматити є зміненими до стану філонітів вуглецьвмісними сланцями. Особливістю їх є наявність субпаралельних мікротріщин кліважу під різними кутами до шаруватості і сланцюватості первинних порід. Рисунок кліважу філонітів настільки чіткий, що може сприйматись як первинна шаруватість. Тільки детальне мікроскопічне вивчення підтверджує розвиток новоутворених кліважних тріщин, залікованих графітоподібною речовиною, під певним кутом до шаруватості. Присутність графіту підтверджена даними мінераграфічних досліджень і рентгенографічних визначень.

Кварцові прожилки використовувались при електротермічних дослідженнях, оскільки кварц є найбільш характерним „наскрізним” міне-

ралом гідротермально-метасоматичних формацій, стійким у широкому діапазоні температур.

Всі зразки, відібрані для досліджень, містили аномально високі концентрації благородних металів.

Загальними критеріями відбору зразків для досліджень була відсутність видимої під мікроскопом мінералізації благородних металів, а також підтверджене, за даними польових спостережень і мікроскопічних досліджень, навколорудне розташування точок відбору зразків. Наявність благороднометальної мінералізації в інтервалах відбору зразків була підтверджена іншими методами досліджень (спектрозолотометрія, виконана в лабораторії КП «Південукргеологія», квантометричний експрес-аналіз, виконаний в лабораторії Національного гірничого університету, м. Дніпропетровськ). Крім того, використовувались такі структурно-мінералогічні критерії, які підтверджували метасоматичну природу гірських порід, що опробувались:

- наявність новоутворених мінеральних парагенезисів;
- прояв мікроструктурних ознак, що свідчать про дислокаційно-метаморфічну природу гірських порід (мікротріщини кліважу, стилітоподібні утворення, структури типу «двійників тиску», «сніжної грудки», сутурних швів тощо);
- наявність реліктових мікроструктур, які дозволяють ідентифікувати первинну гірську породу.

Методика проведення експериментальних досліджень детально описана [6]. Зразки для досліджень вирізались із керну або блоків гірських порід у вигляді паралелепіпедів з довгою стороною до 20 мм, короткою до 10 мм, що обумовлювалось параметрами установки і однією з основних вимог методики вимірювання електропровідності мінералів і гірських порід – розмір зразка повинен у декілька разів перевищувати розміри мінеральних індивідів досліджуваної гірської породи, інакше одержані дані можуть бути не представницькими.

Нижче наведені результати досліджень і мікрофотографії характерних зразків, що відображають в цілому найбільш загальні закономірності, отримані в ході експериментів.

Зразок 1. Зразок із зони контакту кварцового прожилку з метасоматично зміненим кварцовим сидеритолітом. На відміну від попередніх досліджень [6], нами були проаналізовані виключно зразки гідротермально-метасоматичного і гідротермально-секреційного походження, в тому числі кварц-кальцит-сидеритові метасоматити. Метасоматичні перетворення речовини сидеритоліту проявлені новоутвореним кальцитом, що замістив первинний породоутворювальний сидероплезит. Наявність двох генерацій карбонатів підтверджена результатами термічного аналізу. Мікроструктурні ознаки, які підтверджують прояв дислокаційно-метаморфічних перетворень дослідженої породи наступні: наявність стилітової окремоті в зоні контакту кварц-сидеритолітових агрегатів (свідчення прояву одностороннього тиску), сутурний шов,

який визначає контакт мінеральних агрегатів двох гірських порід, флексурний вигин агрегатів сидеритоліту на окремих ділянках полірованого шліфа, який трасується графітом, та інші ознаки прояву крихких і пластичних деформацій порід. Зразок був відібраний для досліджень ще й у зв'язку з тим, що в ньому були поєднані мінеральні агрегати як гідротермально-секреційного (кварцовий прожилок), так і метасоматичного (новоутворений кальцит по первинному сидероплезиту) походження.

В об'ємі зразка спостерігався нерівномірний розподіл рудних мінералів – піротину, магнетиту, графіту. Найбільший їх вміст характерний для кварцового сидеритоліту, в прожилку кварцу вони не спостерігались. Загальний вміст благородних металів 356 мг/т. Прояви благородних металів макроскопічно не виявлені.

Умови електротермічної обробки – одночасний нагрів до 500°C і пропускання струму силою до 0,25 А протягом 3 годин. Після закінчення експерименту були виявлені наступні структурно-речовинні зміни матеріалу зразка:

1) поява мікротріщинуватості в прожилку кварцу з проявом контурів окремих його індивідів (рис. 1, а);

2) поява включень срібла в окремих індивідах кварцу (рис. 1, а);

3) перерозподіл агрегатів піротину: до експерименту вони були зосереджені і сидеритоліті, а після – сконцентрувались в приконтактних зонах кварц-сидеритолітових агрегатів (рис. 1, б).

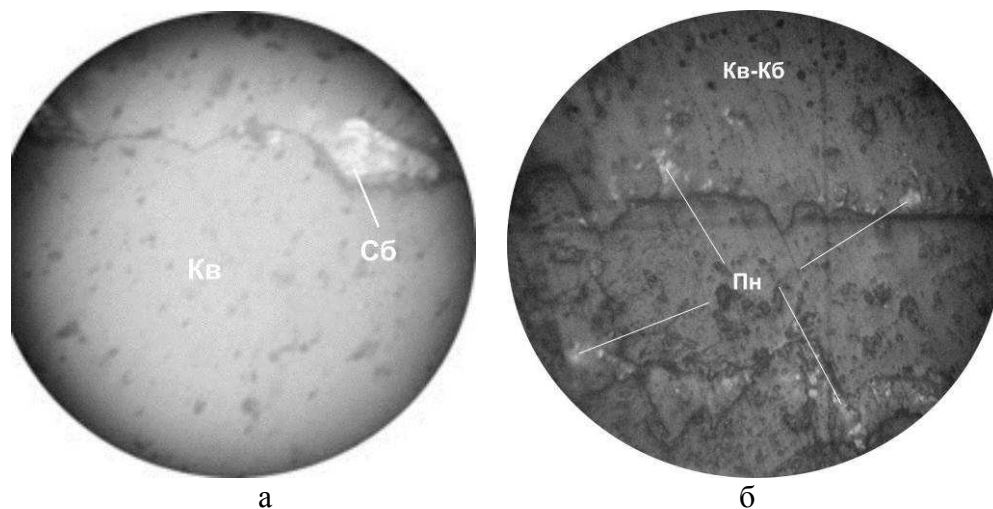


Рис. 1. Структурно-речовинні перетворення у кварцовому прожилку після електротермічної обробки.

а – дрібні виділення срібла (Сб) в агрегаті кварцу (Кв);

б – перерозподіл піротину (Пн) у приконтактній зоні кварц-сидеритолітових (Кв-Кб) агрегатів.

Відбите світло; без аналізатора; збільшення 200^х.

Зразок 2. За складом аналогічний попередньому, але з більш високим вмістом піротину (рис. 2, а). Вся рудна мінералізація, як і в зразку 1 сконцентрована в сидеритоліті. Рудні агрегати орієнтовані під кутом до первинної шаруватості породи, що є свідченням їх епігенетичності.

Умови експерименту: температура до 450°C, сила струму до 0,2 А, тривалість обробки – 2,5 години. За результатами досліду, встановлений чіткий прояв збиральної перекристалізації в агрегатах піротину (рис. 2, а, б). При зіставленні мікрофотографій, зроблених до і після термоелектричної обробки, спостерігається поява додаткового новоутвореного мінерального агрегату, представленого піротином в лівій частині поля зору.

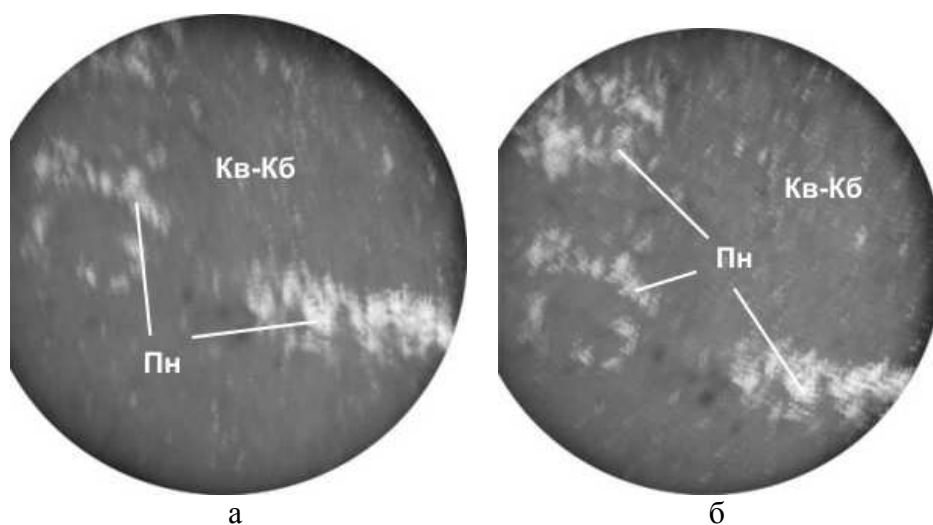


Рис. 2. Будова агрегатів піротину в кварцовому сидеритоліті (Кв-Кб).
 а – до електротермічної обробки;
 б – прояв збиральної перекристалізації агрегатів піротину (Пн) в кварцовому сидеритоліті після експерименту.
 Відбите світло; без аналізатора; збільшення 200^x.

Зразок 3. Представлений мінеральним агрегатом кварц-сидерит-гетит-скородитового складу (рис. 3), відібраний із кори вивітрювання Бобриківського золоторудного родовища. За даними мінералогічних досліджень, скородит утворився як продукт гіпергенних змін арсенопіриту. Останній, як і пірит є мінералом-концентратом золота в рудах родовища. Зразок досліджувався з метою визначення ролі електричного поля при утворенні мінералів у зонах прояву екзогенного метасоматозу.

Умови експерименту: температура до 100°C, сила струму 0,1 А, термін обробки 1 год. 10 хв. За даними спостережень після експерименту, були виявлені новоутворені тонкодисперсні мінеральні фази, представлені магнетитом (вірогідно, за рахунок сидериту), гідрогетитом, лепідокрокітом, а також поодинокими виділеннями срібла (рис. 4, а, б).

Агрегати новоутворених мінералів орієнтовані субпаралельно. Найвиразніше „тіньова” мікросмугастість проявлена на ділянках магнетитової мінералізації. Раніше подібне явище було встановлене при електротермічній обробці метаморфічних сидеритолітів [6].

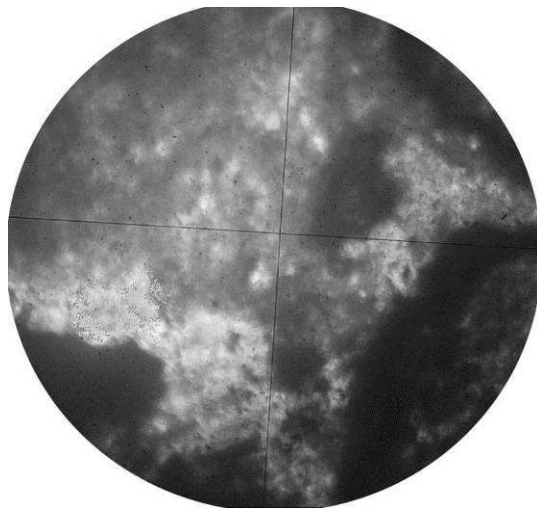


Рис. 3. Агрегати скородиту (сіре) і гідроксидів заліза (темні плями по периферії поля зору), які замістили сидерит.
Прохідне світло; без аналізатора; збільшення 200^x.

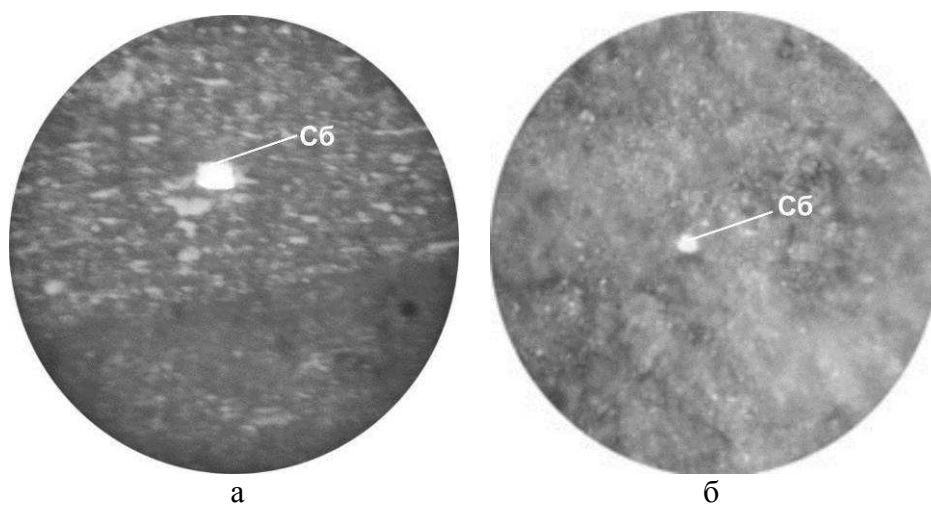


Рис. 4. Структурні і речовинні новоутворення в скородит-гетитовому агрегаті після електротермічної обробки:
а – прояви тіньової мікросланцюватості, підкресленої субпаралельно орієнтованими видовженими агрегатами магнетиту (світлосіре); біле – одиничне виділення срібла (Сб);
б – виділення срібла.
Відбите світло; без аналізатора; збільшення 200^x.

Після електротермічної обробки зразків філонітів і вуглецевих метасоматитів у них також за допомогою мінераграфічного мікроскопу спостерігались дрібні виділення срібла, в поодиноких випадках – золота. У вуглецевих метасоматитах відбувався перерозподіл графіту по мікротріщинах розсланцювання і по контурах флексурного вигину мікро-складок.

Виявлені структурно-речовинні перетворення відбувались лише за умови одночасної дії теплового і електричного полів. Окремо нагрів або тільки дія електричного поля не викликали таких ефектів.

Результати електротермічних досліджень свідчать, що обраний авторами напрям досліджень вимагає подальшого експериментального розвитку і теоретичного обґрунтування. Це дозволить уточнити відомі положення фізико-хімічної концепції утворення руд гідротермально-метасоматичного походження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хайретдинов И.А. Введение в электрогеохимию // Москва: Наука, 1980.– 255 с.
2. Нюссик Я.М., Комов И.Л. Электрохимия в геологии // Ленинград: Наука, 1981.– 239 с.
3. Курдюмов А.А. Гальванический эффект минералов и горных пород // Доклады АН СССР.– 1967.– Т. 176, №3.– С. 668-671.
4. Воробьев А.А. Равновесие и преобразование видов энергии в недрах // Томск: Изд. Томского университета, 1980.– 211 с.
5. Рузіна М.В. Рудогенерирующая роль разломных структур в формировании минерализации благородных металлов в БЗКС Украинского щита // Науковий вісник Національного гірничого університету (Дніпропетровськ).– 2002.– №4.– С. 25-27.
6. Орлинская О.В., Соболев В.В., Чернай А.В. Термоэлектрическая обработка минералов и горных пород // Днепропетровск: Изд. НГА Украины, 1999.– 93 с.

РУЗИНА М.В., БИЛАН Н.В., СОБОЛЕВ В.В. Вплив електротермічних полів на перерозподіл мінеральної речовини рудоносних метасоматитів.

РЕЗЮМЕ. За результатами експериментальних досліджень впливу електротермічних полів на процеси мінералоутворення і перерозподілу рудних компонентів у золотовмісних метасоматитах зон катаклазу і мілонітизації, було встановлено появу виділень срібла в зернистих агрегатах кварцу і прояв збиральної перекристалізації в агрегатах піротину. Структурно-речовинні перетворення відбувались лише за умови одночасної дії теплового і електричного полів. Окремий вплив на зразки метасоматитів нагріву або електричного поля не викликали в них помітних змін.

Ключові слова: експериментальна мінералогія, електротермогеохімія, металогенія, срібло, золото.

РУЗИНА М.В., БИЛАН Н.В., СОБОЛЕВ В.В. Влияние электротермических полей на перераспределение минерального вещества рудоносных метасоматитов.

РЕЗЮМЕ. По результатам экспериментальных исследований влияния электротермических полей на процессы минералообразования и перераспределения рудных компонентов в золотосодержащих метасоматитах зон катаклаза и милонитизации, было установлено появление выделений серебра в зернистых агрегатах кварца и проявление собирательной перекристаллизации в агрегатах пирротина. Структурно-вещественные преобразования происходили только при условии одновременного действия теплового и электрического полей. Отдельное действие на образцы метасоматитов нагрева или электрического поля не вызывали в них заметных изменений.

Ключевые слова: экспериментальная минералогия, электротермогеохимия, металлогения, серебро, золото.

RUZINA M.V, BILAN N.V., SOBOLEV V.V. Electrothermal field influence on redistribution of mineral substance of ore-bearing metasomatites.

SUMMARY. By results of experimental researches of electro-thermal fields influence on processes of mineral formation and redistribution of ore components in gold-bearing metasomatites at zones of cataclasm and mylonitization, occurrence of silver mineralization in quartz granular aggregates and manifestations of collective recrystallization in pyrrhotite aggregates has been established. The structural and substantial transformations only took place at simultaneous influence of the thermal and electric fields. Separate influence of heating or electric field on metasomatite samples did not cause any changes in them.

Keywords: *experimental mineralogy, electro-thermal-geochemistry, metallogeny, silver, gold.*

*Надійшла до редакції 8 листопада 2009 р.
Представив до публікації проф. А.І.Каталенець.*