

УДК 549.3 (477.42)

Л.В. ШУМЛЯНСЬКИЙ

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03680, м. Київ, пр-т Акад. Палладіна, 34

СУЛЬФІДНІ МІНЕРАЛИ В ГАБРОЇДАХ АНОРТОЗИТ-РАПАКІВІГРАНІТНОЇ ФОРМАЦІЇ

Наведено дані щодо хімічного складу і форм виділення сульфідних мінералів у мафітових породах коростенського та корсунь-новомиргородського комплексів. Найпоширенішими є пірит і піротин, що зазвичай містять помітну домішку міді, цинку та кобальту. В невеликій кількості наявні власні сульфідні мінерали цих елементів. Вміст нікелю та свинцю у сульфідах заліза значно менший і зазвичай не перевищує перших десятих відсотка. Для порівняння подано відомості про сульфідні мінерали в мафітових породах анортозит-рапаківігранітних комплексів Польщі та Норвегії.

Сульфідні мінерали — поширений, хоча й акцесорний компонент габроїдів, що входять до складу анортозит-рапаківігранітних асоціацій. Зазвичай їх вміст не перевищує 1—2 % об'єму породи. Під час петрографічних досліджень у прохідному світлі ці мінерали майже ніколи не діагностують на фоні значно рясніших виділень ільменіту й титаномагнетиту. Втім, як свідчать результати детальних мікроскопічних досліджень, мінералогія сульфідів з габроїдних ільменіт-титаномагнетитових родовищ є надзвичайно цікавою, а самі ці мінерали можуть становити неабиякий економічний інтерес. Зокрема, з анортозит-рапаківігранітними асоціаціями пов'язані принаймні два сульфідні родовища: міднорудна провінція Оокейп (O'okiep) у Південній Африці, приурочена до анортозитів і норитів світи Копеберг (Koperberg Suite), та гігантське нікель-мідно-кобальтове родовище Войсейс Бей (Voisey's Bay), пов'язане з троктолітовими інтрузивами плутону Найн у Лабрадорі [5].

Мета роботи — привернути увагу дослідників ільменіт-титаномагнетитових родовищ до цієї проблеми.

Сульфідні мінерали в ільменітових родовищах Європи. Корінні ільменітові (або ільменіт-титаномагнетитові та ільменіт-титаномагнетит-апатитові) родовища зазвичай приурочені до рудоносних габроїдних масивів, що входять до складу анортозит-рапаківігранітних асоціацій (так званих АМСГ комплексів — від англійської

абревіатури для анортозит-мангерит-чарнокітових комплексів). Останнім часом інтенсивно досліджують мінералогію єдиного в Європі корінного родовища ільменіту, що розробляється, — Теллес, пов'язаного з анортозитовою провінцією Роголанд у Південній Норвегії. Значних успіхів досягли польські дослідники у вивченні титанових руд, пов'язаних з анортозитовим масивом Сувалки. Стисло зупинимось на результатах цих досліджень.

Згідно із особистим повідомленням Бернара Шарліє (Bernard Charlier) з Льєжського університету (Бельгія), розсіяні сульфідні мінерали поширені у межах ільменітового родовища Теллес. Головні сульфідні мінерали тут пірит (FeS_2), пентландит ($(\text{Ni}, \text{Fe})_9\text{S}_8$), халькопірит (CuFeS_2), піротин (FeS), мілерит (NiS) та зигеніт ($(\text{Co}, \text{Ni})_3\text{S}_4$). Віоларит (FeNi_2S_4) і бравойт ($(\text{Ni}, \text{Fe}, \text{Co})\text{S}_2$) є рідкісними фазами. Згідно з даними Бернара Шарліє, сульфідні мінерали завжди асоціюють з дрібними виділеннями чистого магнетиту, які за своїм складом різко контрастують зі звичайними для цього родовища збагаченими на хром і ванадій магнетитами. Сульфідні родовища Теллес займають інтерстиційне положення щодо мінералів кумулу. В межах рудного (ільменітового) тіла не спостерігалось скупчень сульфідів або прошарків, збагачених на цей мінерал.

Крім власне родовища, сульфідні мінерали в розсіяній формі трапляються також в анортозитах, норитах та інших мафічних породах провінції [9]. У розширеному масиві Бьєркрейм-Сокндаль виявлено горизонт ільменітових ортопіроксенітів, що простежений за простяганням на більш ніж 25 км за потужності до 3 м. Сульфідна мінералізація має стратиформний характер і пов'язана з породами різного складу. В тих місцях, де розвивається ортопіроксеніт, сульфідна мінералізація є доволі багатою. Там, де ортопіроксеніт за простяганням змінюється розширеним ільменітовим меланократовим норитом, сульфідні мінерали наявні переважно у найбільш меланократових прошарках. Невелику кількість розсіяних сульфідів відзначено також у породах, що безпосередньо підстилають та перекривають ортопіроксенітовий горизонт. Потужність сульфидоносного горизонту варіює від декількох дециметрів до приблизно 5 м. Ортопіроксеніти на 85—95 % складені гіпідіоморфними до ідіоморфних кристалами ортопіроксену, тоді як кількість сульфідів зазвичай не перебільшує 3 %, хоча місцями досягає 8 %. Головні сульфідні мінерали — піротин, халькопірит і пентландит. Пірит заміщує піротин і халькопірит [3].

В ільменіт-титаномангнетитових родовищах Польщі також є невелика кількість сульфідних мінералів, представлених переважно піротином, пентландитом, халькопіритом, піритом, кубанітом (CuFe_2S_3), макінавітом ($(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Co})_{1+x}\text{S}$), мілеритом, бравойтом і лінейтом (Co_3S_4) [5, 6]. Зазначені мінерали переважно інтерстиційні щодо оксидів, але місцями трапляються скупчення і гнізда цих мінералів. На думку [5], інтерстиційний та ксеноморфний краплеподібний характер виділень сульфідних мінералів, імовірно, засвідчує існування сульфідних крапельок, зважених у оксидно-силікатному розплаві.

Крім власне сульфідів в ільменітових рудах Польщі містяться телуриди і селеніди срібла та елементів платинової групи, вперше описані у публікаціях [7, 8].

За даними [7], у Fe-Ti-V рудах анортозитового масиву Сувалки звичайними мінералами є гесит (Ag_2Te) і клаусталіт (PbSe), що утворюють дрібні виділення, розмір яких варіює від субмікроскопічних до 5 мкм у діаметрі. Більшість виділень геситу спостерігали у халькопіриті, хоча іноді включення цього мінералу є також в ільменіті. Клаусталіт відзначено у зростках з сульфідами — халькопіритом, пентландитом, мілеритом і сфалеритом (ZnS).

Автори статті [8] діагностували також меренськіт (PdTe_2) і його Pt-, Ag-, та Au-вмісні відміни, Te-вмісний електрум і гесит. Для цих мінералів запропоновано епігенетичне гідротермальне походження.

Хімічний склад сульфідів у породах Коростенського плутону

Проба	Fe	Co	Cu	Zn	Pb	Ag	Cd	S	As	Сума	Мінерал
004/140,5	58,84	0,47	0,11	н/д	н/д	н/д	н/д	40,98	н/д	100,40	Піротин
004/140,5	58,62	0,80	0,02	н/д	н/д	н/д	н/д	41,03	н/д	100,47	”
004/140,5	57,81	1,81	0,01	н/д	н/д	н/д	н/д	40,54	н/д	100,17	”
004/234,5	56,19	0,31	2,98	0,84	н/д	н/д	н/д	40,56	н/д	100,88	”
004/234,5	30,84	0,17	35,27	1,51	н/д	н/д	н/д	33,53	н/д	101,32	Халькопірит
004/234,5	31,11	0,12	35,48	1,49	н/д	н/д	н/д	33,00	н/д	101,20	”
03-09	61,41	0,09	0,02	0,00	0,33	0,11	0,03	37,79	0,05	99,84	Піротин
03-09	63,33	0,07	0,06	0,00	0,30	0,03	0,00	35,33	0,04	99,15	”
03-09	60,49	0,10	0,03	0,00	0,26	0,03	0,04	38,91	0,08	99,45	”
03-09	60,73	0,15	0,01	0,00	0,27	0,06	0,01	38,7	0,04	99,98	”
03-09	31,53	0,08	33,62	0,00	0,24	0,05	0,02	33,68	0,04	99,29	Халькопірит
03-09	46,82	0,18	0,00	0,00	0,43	0,00	0,00	51,96	0,03	99,42	Пірит

Примітка: н/д — немає даних; проби 004/140,5 та 004/234,5 — Рижани-Паромівський масив, св. 4, інтервали відповідно 140,5 і 234,5 м; проба 03-09 — габро, кар’єр в с. Губенкове, Букинський масив.

У цілому автори статті [4] виділяють 3 стадії формування сульфідних мінералів у магматичних породах масиву Сувалки: 1) первинні (магматичні сульфідні) — піротин, пентландит і халькопірит, що формувались за температур близько 600 °С; сульфідні мінерали, що сформувались на стадіях 2—3, відносять до вторинних парагенезисів: 2) мінерали, що утворились внаслідок розпаду первинних рудних мінералів: пентландит (500—300 °С), сфалерит (550 °С), халькопірит (300—200 °С), кубаніт (245—225 °С), макінавіт (250—200 °С), лінеїт та мілерит; 3) мінерали, що утворюються у результаті заміщення первинних сульфідів, — пірит, марказит (FeS₂), халькопірит, бравоїт, віоларит, мілерит, борніт (Cu₅FeS₄), халькоцит (Cu₂S).

Сульфідні мінерали в мафітових породах Коростенського та Корсунь-Новомиргородського плутонів. Як і в інших анортозитових масивах, сульфідні мінерали є звичайною складовою частиною мафітових порід Коростенського та Корсунь-Новомиргородського плутонів, хоча трапляються у невеликій кількості. Деякі з форм виділення сульфідів були продемонстровані у публікації [2] на прикладі Федорівського родовища апатит-ільменітових руд. Зокрема, виявлено, що сульфідні мінерали постійно асоціюють з оксидами — ільменітом і титаномагнетитом, і практично ніколи не спостерігаються самостійно, поза асоціацією з оксидними мінералами.

Автори статті [1], присвяченої особливостям речовинного складу порід і руд Носачівського родовища (Корсунь-Новомиргородський плутон), зазначали наявність у цьому родовищі в незначній кількості (до 0,5—1 %) сульфідів і сульфоарсенідів. В аншілфах були діагностовані пірит, піротин, пентландит, халькопірит, сфалерит, кобальтин, мілерит. Місцями в ільменіті спостерігалась характерна тріада сульфідів: піротин + пентландит + халькопірит. За мікрозондовими даними, вміст Ni у піротині становить 0,8—1,0 %, у кобальтині — 4,06, халькопіриті — 6,06 %. Вміст Co в кобальтині 28—29, у халькопіриті — 2,97 %.

Автором досліджено склад сульфідних мінералів Носачівського родовища. Мікрозондовим аналізом установлена наявність піриту, халькопіриту, сфалериту та кобальтину. Халькопірит має помітну домішку цинку — від 0,4 до 1,6 %; вміст кобальту 0,1 %, вміст нікелю не визначали. Пірит містить помітну кількість міді — до 3 %, вміст кобальту та цинку сильно варіює від зразка до зразка. Так, у піриті (зразок св. 2004, інт. 169 м) вміст як кобальту, так і цинку становить перші соті

частки відсотка, тоді як з інт. 310,7 м вміст кобальту дорівнює 0,3—0,4, а цинку — 1,3—1,5 %. Вміст нікелю в усіх досліджених зразках піриту не перевищував перші соті частки відсотка. У сфалеритах родовища відзначено помітні домішки заліза (5—7 %) та міді (до 6 %), вміст кобальту близько 0,2 %. Кобальтин містить помітні домішки заліза (до кількох відсотків), міді (2—3 %) та нікелю (4—5 %).

У габроїдах Рижани-Паромівського масиву діагностовано піротин, халькопірит і пірит. Склад піротину сильно варіює від зразка до зразка: в пробі 004/140,5 кількість міді до 0,1 %, кобальту — до 1,8 %; у пробі 004/234,5 співвідношення між цими двома елементами протилежне: кількість кобальту 0,3, міді — майже 3 %; вміст цинку 0,8 %.

Халькопірит містить помірну кількість цинку (близько 1,5 %) і кобальту (близько 0,15 %). Виявлено також сульфід кобальту та заліза, що містив помірні домішки міді й цинку (див. таблицю).

У габроїдах с. Губенкове, Букинський масив (проба 03—09), виявлено переважно піротин, у невеликій кількості — пірит і халькопірит. Ці мінерали містять незначні домішки кобальту (0,1—0,2 %), свинцю (0,25—0,4 %), срібла (до 0,1 %) і кадмію (перші соті частки відсотка). У піротині встановлено незначні домішки міді (до 0,06 %).

У габроїдах Торчинського (проба 03—12) і Хотіновського (проба 1123/135,6) інтрузивів виявлено переважно пірит, що містить до 0,5 % цинку, 0,7 — кобальту й до 3 % міді. Халькопірит відносно рідкісний і містить до 2 % цинку.

В анортозитах досліджено лише склад піриту. Цей мінерал містить до 1 % кобальту і відносно незначну (до 0,2 %) домішку нікелю.

За нашими спостереженнями, сульфідні мінерали завжди розміщуються або на контакті оксидних мінералів (ільменіту й титаномагнетиту) і силікатів, або утворюють включення в оксидах. Навіть у тонкозернистих загартованих контактних йотунітах сульфідні мінерали утворюються на контактах між кристалами ільменіту і силікатних мінералів. Іноді в ільменітах спостерігаються дрібні краплеподібні виділення, складені сульфідними мінералами, апатитом і недіагностованим силікатним мінералом. Така асоціація мінералів і форма їх виділень дають змогу припускати наявність у силікатному розплаві ліквіційних краплинок сульфідно-фосфатної рідини.

Найпоширенішими є сульфіди заліза — пірит і піротин, що зазвичай містять домішки цинку, кобальту та міді. Нерідко в асоціації з сульфідами заліза трапляються халькопірит, сфалерит і кобальтин. Ці сульфіди зазвичай утворюють агрегати, в яких об'єм халькопіриту, сфалериту та кобальтину не перевищує 10—20 % загального об'єму сульфідної сегрегації.

Висновки. Сульфідні мінерали є незначною за обсягом, але тим не менш важливою складовою мафітових порід анортозит-рапаківігранітних комплексів. В окремих випадках з анортозитовими комплексами пов'язані великі за розмірами поклади сульфідних руд.

Мінеральний склад сульфідних мінералів анортозит-рапаківігранітних комплексів Норвегії та Польщі доволі різноманітний, крім найпоширеніших піриту та піротину, трапляються сульфіди (в тім числі сульфоарсеніди) міді, нікелю, кобальту, цинку, свинцю. У невеликій кількості наявні телуриди срібла та елементів платинової групи.

В анортозит-рапаківігранітних комплексах України найпоширенішими є пірит та піротин, що зазвичай містять помітні домішки міді, цинку та кобальту. В невеликій кількості наявні і власні сульфідні мінерали цих елементів. Вміст нікелю та свинцю в сульфідах заліза значно менший і зазвичай не перевищує перших десятих часток відсотка. Нами вони не виявлені, хоча є за даними інших авторів.

Статтю підготовлено за підтримки програми науково-технічного співробітництва між урядами України та Польщі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кривдік С.Г., Гуравський Т.В., Дубина О.В. та ін. Особливості речовинного складу Носачівського апатит-ільменітового родовища (Корсунь-Новомиргородський плутон, Український щит) // Мінер. журн. — 2009. — № 3. — С. 55—78.
2. Шумлянський Л.В., Дюшен Ж.-К. Рудні мінерали Федорівського родовища фосфору та титану // Наук. праці Ін-ту фундаментальних досліджень. — 2005. — Вип. 9. — С. 65—83.
3. Jensen K.K., Wilson J.R., Robins B., Chiodoni F. A sulphide-bearing orthopyroxenite layer in the Bjerkreim-Sokndal intrusion, Norway: implications for processes during magma-chamber replenishment // Lithos. — 2003. — 67. — P. 15—37.
4. Kozłowska A., Wiszniewska J. Genetic aspects of textures and structures of ore minerals of the Suwałki Massif (NE Poland) // Arch. Miner. — 1990. — 44, z. 2. — P. 69—87.
5. Morgan J.W., Stein H.J., Hannah J.L. et al. Re-Os study of Fe-Ti-V oxide and Fe-Cu-Ni sulfide deposits. Suwałki anorthosite massif, northeast Poland // Mineralium Deposita. — 2000. — 35. — P. 391—401.
6. Nejbart K. New data on the Ag-Te-Se mineralisation in the magnetite-ilmenite rocks from Suwałki anorthosite massif, NE Poland // Mineral. Polon. — 2006. — 29. — P. 172—175.
7. Salamon W., Banaś M. Przejawy mineralizacji: Au-Ag, Pd-Pt-Te, Pb-Se w złożu rud tytanomagnetytowych “Krzemianka” (Suwałski masyw zasadowy) // Przegl. Geol. — 2000. — 48. — P. 120.
8. Salamon W., Banaś M., Kubica L. An occurrence of PGM and Ag tellurides and Te-bearing electrum in the Krzemianka Fe-Ti-V deposit (Suwałki anorthosite massif, NE Poland) // Mineral. Polon. — 2004. — 35. — P. 35—48.
9. Schiellerup H., Lambert D.D., Robins B. Sulfides in the Rogaland anorthosite province // Abstract volume of the GEODE field workshop, 8—12th July 2001 on ilmenite deposits in the Rogaland anorthosite province, S. Norway. — P. 125—127.
10. Wiszniewska J. Wiek I geneza rud Fe-Ti-V i skał towarzyszących w Suwałskim masywie anortozytowym (północno-wschodnia Polska) // Biul. Państwowego Instytutu Geologicznego. — 2002. — 401. — 116 s.

Надійшла 04.01.2010

L.V. Shumlyanskyi

SULPHIDES IN GABBROID ROCKS OF THE ANORTHOSITE-RAPAKIVI GRANITE COMPLEXES

The paper contains information about chemical composition and appearance of sulphide minerals in mafic rocks of the Korosten and Korsun-Novomirgorod complexes. Predominant sulphides are pyrite and pyrrotite that usually contain significant amount of Cu, Zn and Co. There are also small amount of properly minerals of the mentioned elements. The amount of Ni and Pb in iron sulphides is much less and usually does not exceed a few tenth parts of %. For comparison data on sulphide minerals in mafic rocks of anorthosite-rapakivi granite complexes in Poland and Norway are presented.

Л.В. Шумлянський

СУЛЬФИДНЫЕ МИНЕРАЛЫ В ГАББРОИДАХ АНОРТОЗИТ-РАПАКИВИГРАНИТНОЙ ФОРМАЦИИ

Представлены данные о химическом составе и форме выделения сульфидных минералов в мафитовых породах коростенского и корсунь-новомиргородского комплексов. Наиболее распространенными являются пирит и пирротин, которые обычно содержат заметную примесь меди, цинка и кобальта. В небольшом количестве присутствуют собственно сульфидные минералы этих элементов. Содержание никеля и свинца в сульфидах железа значительно меньше и обычно не превышает первых десятых процента. Для сравнения приведены сведения о сульфидных минералах в мафитовых породах анортозит-рапакивигранитных комплексов Польши и Норвегии.