

ГЕОЛОГО-ГЕОХІМІЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ПЕРЖАНСЬКОГО РОДОВИЩА ГЕНТГЕЛЬВІНУ

Пержанське родовище берилію — поки що єдине у світі родовище, де промислові концентрації берилію пов'язані з гентгельвіном [1]. Цей мінерал є кінцевим членом ізоморфної серії мінералів гельвінової групи — каркасних силікатів берилію. Усього у світі відомо близько 50 знахідок мінералів групи гельвіну, які становлять лише мінералогічний інтерес, при цьому гентгельвін ($Zn_4(BeSi_2)_3S$) вважають найбільш рідкісним. Усього було відомо близько 10 його екзотичних знахідок, 7 із них — у пегматитах. У крайовій частині Українського щита в межах Суцано-Пержанської тектонометасоматичної зони активізації вперше у світовій практиці в докембрії знайдений новий високоякісний тип берилієвих руд у лужних (польовошпатових) метасоматитах з гентгельвіном.

На родовищі розвідано дві ділянки: Крушинка та Північна. Рудні зони мають згідне залягання з простяганням основних структурних елементів Суцано-Пержанської зони, їхня довжина досягає 5 км за ширини до 35—100 м. За падінням рудні зони простежені до глибини 400 м. Кожна з рудних зон складається із серії кулісоподібно розміщених рудних тіл потужністю від перших метрів до 20—30 м. Рудні тіла, складені польовошпатовими і слюдяно-кварц-польовошпатовими метасоматитами, утворюють лінзо- і жиліподібні складної форми (характерні роздуви, тупе виклинювання) поклади з багатим гентгельвіновим зруденінням (середній вміст BeO 0,55 %, максимальний — 8 %). Рудні тіла облямовані смугою гранітів завширшки 5—30 м із блакитним новоутвореним кварцом. У верхніх частинах рудні тіла складені переважно альбіт-мікрокліновими метасоматитами, у нижніх — слюдяно-кварц-польовошпатовими метасоматитами. Фенакітове зруденіння, що формується на ранній стадії мінералоутворювання, просторово роз'єднане з гентгельвіновим, локалізуючись передусім у західному ендоконтакті масиву пержанських гранітів, де утворює бідну (середній вміст BeO 0,2 %) вкраплену мінералізацію. Супутні акцесорні мінерали — каситерит, колумбіт, циркон.

У метасоматитах накопичилась (до промислових концентрацій) велика кількість рідкісних елементів — Nb, Ta, Sn, Zn, TR, Th, Li, Rb, Cs, Pb, Mo, F й ін. Головні мінерали-концентратори берилію в рудах — гентгельвін і фенакіт. Гентгельвін містить 11,2—13,0 % BeO , з ним

пов'язано 90,8—97,2 % запасів оксиду берилію. На частку фенакіту, що містить 43,7—44,0 % BeO , припадає всього 2,6—8,9 % запасів родовища. Руди відзначаються високою якістю.

Нижче перелічені головні чинники, які контролюють розвиток і розміщення гентгельвінових родовищ.

1. Розвиток зруденіння у межах зон тектономагматичної активізації консолидованих структур. Найбільші родовища локалізуються у межах довгоіснуючих лінійних тектонічних зон глибинних розломів. Берилій концентрується зазвичай в умовах відносно замкнутих систем.

2. Зв'язок зруденіння з метасоматично зміненими породами, які належать передусім до гранітоїдної лужної формації. Вони збагачені лужними, леткими компонентами і рідкісними елементами.

3. Для рудоносних формацій властива певна металогенічна спеціалізація. З ними пов'язані зруденіння Be , Sn , W , Nb , Ta , Mo , флюориту, а також поліметалів, мангану. Рудоносні породи збагачені (у 1,5—10 разів більше кларку) такими елементами: Be , F , Li , Rb , Cs , Sn , Nb , Ta , Ga , W , TR , Zr , Th , Zn , Pb , Mo , Cu , Cd , Ge , In . Характерно накопичення Rb і, відповідно, — низьке значення відношення $\text{K} : \text{Rb}$ (40—150).

Важливе значення має широкий і повний розвиток метасоматичних процесів з проявами метасоматично змінених гранітів, заміщених пегматитів і скарнів, лужних метасоматитів і грейзенів.

Основні рудоносні утворення — альбіт-калішпатові та слюдяно-кварц-польовошпатові метасоматити, які є продуктами локального метасоматозу.

Альбіт-калішпатові метасоматити представляють основний рудний різновид. Це лейкократові середньозернисті породи, які характеризуються чіткими метасоматичними структурами. Переважає калішпат-пертит (до 95 %) різною мірою альбітизований, у невеликій кількості — альбіт, кварц, біотит мусковіт; спостерігаються гентгельвін, циртоліт, пірит, каситерит, колумбіт, магнетит, флюорит, гідроксиди заліза, рідко карбонат. Текстура руд вкраплена, іноді гніздоподібна, брекчієподібна.

За петрохімічними особливостями вони належать до порід, які перенасичені глиноземом і лугами.

Метасоматити слюдяні — слюдяно-кварц-польовошпатові також широко розвинуті. Представлені різною мірою грейзенізованими породами — масивними і гнейсоподібними. Структура бластокатакlastична і бластоцементна, рідко порфірокlastична. Порфірокlastи складаються калішпат-пертитом, цементна маса — дрібнозернистим кварцом, слюдою, альбітом, мікрокліном. Мінеральний склад: калішпат-пертит, кварц, сидерофіліт, феримусковіт; другою роль відіграють альбіт і пізній мікроклін; є гентгельвін, фенакіт, флюорит, циртоліт, каситерит, колумбіт, вольфраміт, бастнезит, магнетит, маргіт, пірит, галеніт, сфалерит. Текстура руд масивна, вкраплена, іноді гнейсоподібна.

За петрохімічними особливостями ці метасоматити належать до порід, які насичені кремнеземом, пересичені глиноземом і багаті на луги.

Гентгельвінове зруденіння сформувалось на пізній стадії лужного (переважно мікроклінового) метасоматозу і грейзенізації, представлено широким спектром мінералів: гентгельвіном (4-х генерацій), фенакітом, каситеритом, циртолітом, флюоритом, колумбітом, вольфрамітом, бастнезитом, сфалеритом, галенітом, торитом.

Рудні метасоматити характеризуються зональною будовою. У їхніх периферійних частинах простежуються характерні навколорудні зони змінення — метасоматичні граніти з новоутвореннями блакитного кварцу. У верхніх

частинах рудних тіл і зон загалом, а також відносно підведених їх частинах розміщуються альбіт-калішпатові метасоматити з багатим гентгельвіновим зруденінням. Грейзенізовані (ослюденілі) метасоматити розвинені переважно в нижніх частинах рудних тіл.

Крім того, грейзени проникають по внутрішньорудних тектонічних порушеннях в альбіт-калішпатові метасоматити. Останні інколи облямовані ділянками грейзенізації з утворенням стрижневих “останців” серед грейзенових утворень, зазвичай найбільш зруденілих. У серединних ділянках рудних тіл спостерігаються складні поєднання польовошпатових і ослюденілих метасоматитів. Найбільш зруденілими є центральні частини рудних тіл. Для них характерні роздуви, тупе виклинювання, ускладнена морфологія. Нижні частини мають більш витримані жилородоподібні форми з поступовим виклинюванням.

Рідкіснометалеве зруденіння пов'язане з багатостадійними метасоматичними процесами, що відбувались у два етапи: I — регіональні процеси автометасоматозу; II — локальні процеси переважно інфільтраційного характеру.

На стадії ранньої площинної калішпатизації (I етап метасоматозу) берилієві мінерали не виділялись, проте мобілізували рідкіснометалеві компоненти із заміщених мінералів (плагіоклазів, біотитів, амфіболів).

На стадії ранньої площинної альбітизації і окварцювання виділялись колумбіт, каситерит, циркон, фенакіт. Виникли обширні мінералізовані зони з рівномірною розсіяною вкрапленістю цих мінералів — колумбітоносні і фенакітоносні граніти.

На стадії площинної грейзенізації відбувалось часткове вилуговування із указаних гранітів рідкіснометалевих і петрогенних елементів (насамперед калію).

Подальший розвиток рудоутворювальних процесів мав локальний характер і відзначався максимальною диференціацією і концентрацією речовини (II етап метасоматозу).

Наприкінці стадії пізньолужного метасоматозу під час зміни альбітизації окварцюванням виділялись ідіоморфний гентгельвін першої генерації (гентгельвін-I), а також каситерит, колумбіт, магнетит, циркон, фенакіт. Подальша стадія локальної грейзенізації відіграла особливу роль у рудоутворювальному процесі. У тилкових її зонах проходило інтенсивне вилуговування порід, у тому числі рудних альбіт-калішпатових метасоматитів з гентгельвіном-I.

Збагачені рудними компонентами розчини, нейтралізуючись на передовому фронті грейзенізації, скидали корисне навантаження у формі гентгельвіну другої генерації (гентгельвін-II) та інших рідкіснометалевих мінералів в ослюденілих метасоматитах і сидерофілітових грейзенах. Особливо значне збагачення рудними мінералами відбувалось під час взаємодії цих розчинів у верхніх горизонтах з раніше сформованими лужними альбіт-калішпатовими метасоматитами. Різка зміна тут режиму кислотності—лужності створила найсприятливіші умови для локалізації зруденіння.

Гентгельвін-II виділявся і в післягрейзенових альбітитах (зона спряженого відкладення), де концентрація берилію досягає максимальних значень. Локальним і другорядним розвитком характеризуються кварц-сидерофіліт-вілемітові грейзени, що містять 35—50 % сидерофіліту, 30—45 % кварцу, вілеміту до 35 %, гентгельвіну до 10 %, фенакіту до 1 %, а також хлорит, гранат, карбонат, флюорит, циртоліт, магнетит, мартит, ганіт.

На власне гідротермальній стадії у кварцово-жильних утвореннях виділялись рожевий гентгельвін-III, а також фенакіт, флюорит, вольфраміт, сфалерит, галеніт, молібденіт, гематит.

До центральних частин добре диференційованих метасоматитів тяжіють кварц-амазонітові, мікроклін-амазонітові жильні й гніздоподібні пегматоїдні виділення, що складаються мікрокліном, амазонітом, альбітом, кварцом, флюоритом, гентгельвіном, карбонатом (анкеритом), хлоритом.

Гентгельвін містить 11,5—12,8 % BeO , 42,5—50,3 % ZnO , 83—98 % гентгельвінового міналу, типовим є збільшення вмісту цинку в міру розвитку метасоматичних процесів від 42,7 % в гентгельвіні-I до 50,3 % в гентгельвіні-III, проте в кварцово-жильних утвореннях підвищується залізна складова (до 30 %), а цинкова зменшується (до 60 %). Відзначається різноманітність елементів-домішок у гентгельвіні: Ti, Al, Rb, Sn, TR, Cd, Ge, Ga, In, Tl, Th. Вміст кадмію 200—850 г/т, германію — 8—45, талію — до 1кг/т.

Мінерали гелівінової групи формувались у відновних умовах за відсутності чи низького вмісту глинозему в розчинах, невисокого вмісту кремнезему та достатньо високих концентрацій Be, S, Zn (або Mn чи Zn). Для утворення цих мінералів необхідні високі температури і обов'язково відносно постійне співвідношення $\text{Be}:\text{Si}:\text{S}:\text{Zn}$ (Mn, Fe) на рівні 1:2,5:0,5:4.

За нижчих температур, окисних умов і надлишку кремнію швидше за все утворювались силікати берилію, за надлишку сірки — відповідні сульфіди, недостачі сірки і надлишку кремнію — силікати Be, Zn, Mn та ін.

Виникнення рудних концентрацій берилію й інших рідкісних елементів пов'язане як із проникненням глибинних флюїдів, так і з послідовною мобілізацією і перерозподілом рудної речовини у зв'язку з метасоматичними процесами за активної участі лугів і летких компонентів.

Розвитку багатоетапних і багатостадійних рудоутворювальних процесів сприяв активний геодинамічний режим в умовах Суццано-Пержанської зони активізації, розвиток якої відбувався впродовж тривалого часу: від пізнього палеопротерозою до неопротерозою.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Азарова С.П., Галецький Л.С. Пержанское месторождение гентгельвина — единственный уникальный промышленный рудный объект в мире // Рідкісні метали України — погляд у майбутнє: Зб. наук. праць ІГН НАН України. — К.: Ін-т геол. наук НАН України, 2001. — С. 3—4.