

РОДОВИЩЕ БАЛКА КОРАБЕЛЬНА (МІНЕРАЛОГІЯ, ГЕОХРОНОЛОГІЯ) В ПОБУЗЬКОМУ УРАНОВОРУДНОМУ РАЙОНІ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

Л.М. Степанюк, В.О. Сьомка, З.В. Карли, С.М. Бондаренко, Т.І. Довбуш, С.І. Курило
*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
пр. акад. Палладіна, 34, м. Київ-142, 03680, Україна
E-mail: stepanyuk@igmof.gov.ua*

Рідкісноземельне зруденіння родовища Балка Корабельна сформовано в результаті процесів магнезіально-заліристо-калієвого метасоматозу по пегматитах і вмісних плагіогранітах. З калієвим метасоматозом пов'язано формування уранового зруденіння кремній-калієвої формації. На уранових родовищах цієї формації (Південне, Калинівське, Лозуватське і ряд інших рудопроявів) метасоматичні зміни відбувалися у декілька стадій — мікроклінізації, біотитизації та окварцювання. Останньою завершується етап постпегматитового гідротермального мінералоутворення, коли відкладалися сульфіді й уранові мінерали. Особливість даного родовища полягає в тому, що первинний метасоматичний процес мікроклінізації завершується магнезіально-заліристо-калієвим метасоматозом, головним мінералом якого є біотит. Продуктивна фаза мінералоутворення характеризується відкладанням у зонах тріщинуватості і катаклазу мінерального комплексу, що складається з біотиту, рідкісноземельних мінералів, апатиту, циркону, магнетиту і титаномagnetиту. В цю фазу разом з калієм привносилися магній, залізо, фосфор, рідкісноземельні елементи, торій і уран. У ділянках найбільш інтенсивного метасоматозу формуються слюдити з рясним вкрапленням рідкісноземельних мінералів. Завершується процес рудоутворення кристалізацією незначної кількості уранових мінералів. Ознак найбільш пізнього гідротермального мінералоутворення (окварцювання), широко проявлених на відомих уранових родовищах кремній-калієвої формації, на даному родовищі не виявлено. За результатами уран-свинцевого ізотопного датування цирконів і монацитів із метасоматиту (проба БК-2) правого берега р. Вел. Корабельна та монацитів гранітів (проба БК-1) з лівого берега, виявлено їх синхронне формування, що може бути непрямим свідченням генетичного зв'язку між процесами формування гранітоїдів кіровоградського комплексу та ітрії-рідкісноземельно-торієвої мінералізації родовища Балка Корабельна.

Ключові слова: родовище, мінералогія, рудоутворення, геохронологія.

Вступ. Родовище Балка Корабельна (Остапівське) [1] було відкрито геологами ПЗЕ-46 КП “Кіровгеологія” і вперше описане Ю.В. Кононовим і С.В. Нечаєвим [2]. У структурному плані родовище рідкісноземельних елементів та ітрію Балка Корабельна розташоване на південному схилі Українського кристалічного щита, в Середньому Побужжі (рис. 1). Родовище приурочене до поля розвитку давніх докембрійських формацій — гнейсів, амфіболітів та гранітоїдів. Комплекс докембрійських метаморфічних і ультраметаморфічних порід району повсюдно перекритий корою

вивітрювання мезозойського віку, вище якої залягають осадові відклади палеогену, неогену та четвертинні утворення. Виходи порід кристалічного фундаменту повсюдно спостерігаються на схилах долини р. Південний Буг та численних її притоків. Метаморфічні породи в районі родовища належать до палеопротерозойської інгуло-інгулецької серії і за даними ПЗЕ-46 КП “Кіровгеологія”, поділяються на три світи: нижню — вулканогенно-осадову, середню — вуглисто-теригенну, верхню — вулканогенно-осадову. Нижня вулканогенно-осадова представлена мікроклінізованими біотит-плагіоклазовими, піроксен-біотитовими та графітовими гнейсами. Серед останніх відзначаються лінзи кварцитів. Середня вуглисто-теригенна

© Степанюк Л.М., Сьомка В.О., Карли З.В., Бондаренко С.М., Довбуш Т.І., Курило С.І., 2015

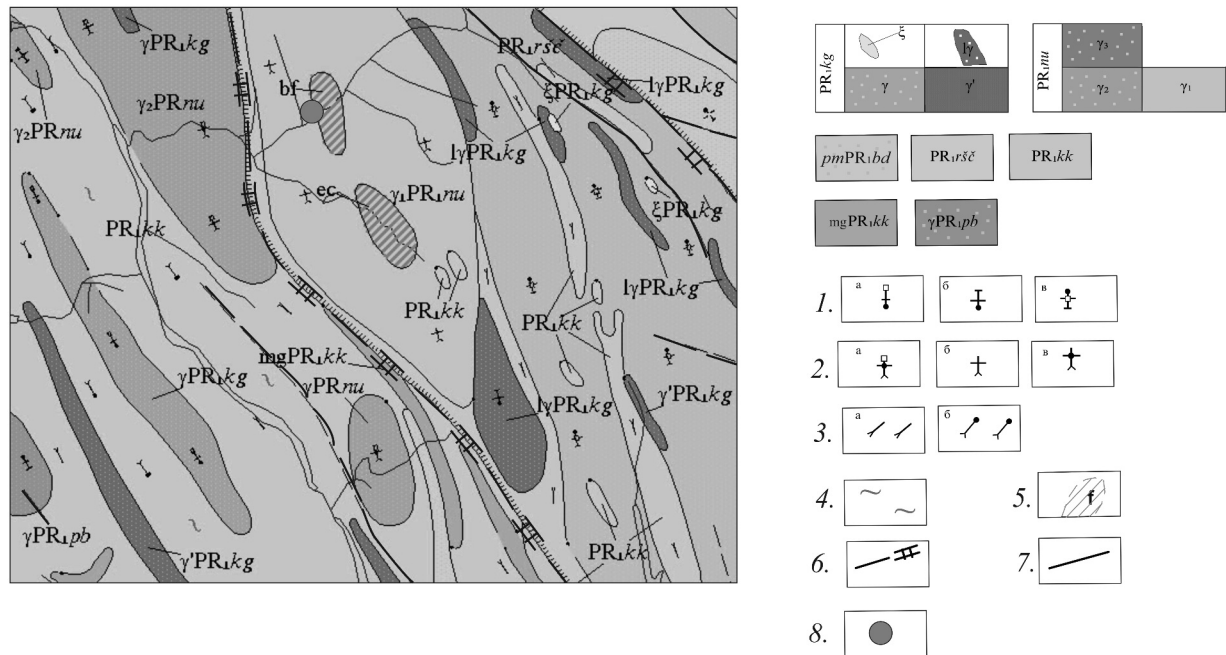


Рис. 1. Схематична геологічна карта кристалічного фундаменту родовища Балка Корабельна (Остапівське), за матеріалами Державної геологічної карти України 1 : 200000. Центральноросійська серія [1]. PR_{1kg} – кировоградський комплекс (сієніти (ξ), граніти лейкократові, середньо-дрібнозернисті, які вміщують мусковіт (Iγ), граніти середньо- і крупнопорфіробластові кордієрит-гранат-біотитові, гранат-біотитові (γ), граніти крупно-рівномірнотекстури (γ′); PR_{1nu} – новоукраїнський комплекс (граніти лейкократові середньо-крупнозернисті (кривопустівські) та дрібнозернисті гранат-біотитові, часто з гіперстеном (γ₃), граніти (чарнокіти) порфіробластові гіперстен-гранат-біотитові (γ₂), граніти (чарнокіти) порфіробластові і крупнозернисті з поодинокими порфіробластами калішпату, гіперстенові і гіперстен-гранат-біотитові (γ₁)); $pmPR_{1bd}$ – бердичівський комплекс (плагіомігматити та плагіограніти гранат-біотитові, ендербіти гіперстен-гранат-біотитові (вінницити) і гіперстен-біотитові); $PR_{1rsč}$ – рошачівська світа (гнейси гранат-біотитові, гранат-кордієрит-біотитові, силіманіт-кордієрит-гранат-біотитові, прошарки біотитових, гіперстен-гранат-біотитових, гіперстен-біотитових гнейсів); PR_{1kk} – кам’яно-костувацька світа (гнейси гіперстен-гранат-біотитові, гіперстен-біотитові, гіперстен-кордієрит-біотитові, гіперстен-кордієрит-гранат-біотитові; прошарки амфіболітів, амфібол-гіперстен-біотитових, графіт-піроксен-біотитових і графіт-біотитових гнейсів; гіперстен-біотитових і турмалін-гіперстен-кордієрит-біотитових кристалосланців; малопотужні будиновані прошарки діопсидових, гіперстенових гнейсів і кристалосланців; горизонт ($mgPR_{1kk}$) гіперстен-біотитових гнейсів, які вміщують магнетит, ділянками з прошарками гранат-біотитових, гранат-кордієрит-біотитових, шпінель-силіманіт-кордієрит-біотитових гнейсів (більше 1500 м); PR_{1pb} – побузький комплекс (граніти гнейсо-видні, гранат-біотитові, кордієрит-гранат-біотитові, піроксен-біотитові). 1 – граніти: гранат-біотитові (а), гранат-мусковіт-біотитові (б), мігматити порфіробластові гранат-біотитові (в); 2 – граніти (чарнокіти): гіперстен-гранат-біотитові немагнітні (а), крупнозернисті з поодинокими зернами калішпату, гіперстен-біотитові магнітні (б) та гранат-гіперстен-біотитові слабomagнітні та немагнітні (в); 3 – гнейси: гіперстен-біотитові (а), гіперстен-гранат-біотитові (б); 4 – мігматити та мігматитизовані породи; 5 – метасоматити та метасоматично змінені породи: біотит-польовошпатові (bf), епідот-хлоритові та альбіт-епідот-хлоритові (ec); 6 – насуви; 7 – розломи; 8 – родовище Балка Корабельна (Остапівське)

представлена графітовими, графіт-біотитовими, графіт-піроксен-біотитовими та гранат-кордієрит-біотитовими гнейсами, які містять лінзи кальцифірів та кварцитоподібних порід. Нижня вулканогенно-осадова складена амфібол-біотитовими гнейсами і амфіболітами. Серед порід кристалічного фундаменту поширені мігматити і граніти кіровоградського комплексу, які утворились у процесі гранітизації гнейсових товщ.

Мета роботи. Проведення мінералого-петрографічних та радіогеохронологічних досліджень ітрії-рідкісноземельного родовища Балка Кора-

бельна в Побузькому ураново-рудному районі
Українського шита.

Зразки та методи досліджень. Дослідження базуються на оригінальному кам'яному матеріалі, який зібраний авторами в процесі виконання бюджетної тематики ІГМР НАН України протягом останніх п'яти років. Найбільш детально були вивчені відслонення гранітоїдів на лівому (проба БК-1) та правому (проба БК-2) берегах р. Вел. Корабельна.

Радіогеохронологічні дослідження виконані за монацитом і цирконом, виділеними із гранітої-

дів та рудоносних метасоматитів, у відділі радіо-геохронології ІГМР НАН України. Датування кристалів монациту і циркону, виділених вручну під бінокуляр, здійснено за класичним U-Pb ізотопним методом. Хімічну підготовку наважок виконували за модифікованою методикою [3]. Для визначення вмісту урану та свинцю в цирконах використали змішаний ($U^{235} + Pb^{208}$) трасер, а в монацитах — змішаний ($U^{235} + Pb^{206}$) трасер. Ізотопний аналіз урану і свинцю виконано на восьмиколекторному мас-спектрометрі MI-1201AT в мультиколекторному статичному режимі. Для зіставлення результатів датування використано стандарт циркону ІГМР-1. Математичні розрахунки виконано за допомогою програм *Pb DATE* та *ISOPLOT* [4, 5]. Наведені похибки віку відповідають 2σ .

Геологічна будова рудопрояву. В геологічному плані (рис. 1) родовище приурочено до поля розвитку гранітоїдів. На захід від рудопрояву проходить Олексіївська регіональна зона розломів субмеридіонального простягання, яка обрамляє цю зону дрібнішими розривними порушеннями, що представлені на окремих ділянках зонами дроблення, катаклазу та мілонітизації. На ділянках, прилеглих до зони розломів із заходу і сходу, геолого-пошуковими роботами ПЗЕ-46 КП “Кіровогеологія” виявлено низку радіоактивних аномалій, пов’язаних з підвищеною концентрацією монациту, циркону і ксенотиму в гранітоїдах.

Рудна зона залягає серед гранітоїдів, має потужність від 20 до 40 м, простежена свердловинами на 70 м по сітці 10×10 м. Простягання зони північне, падіння в південній частині $35-45^\circ$ і до горизонтального в північній, глибина залягання від денної поверхні до 50 м.

Рудні тіла представлені інтенсивно катаклазованими гранітами і пегматитами. На окремих ділянках породи представлені бластокатаклазитами до брекчій з кустастими уламками вмісних порід, зцементованими біотитом. Контакти рудних тіл з вмісними породами переважно різкі, але іноді трапляються і поступові. Для рудних тіл характерна підвищена радіоактивність, а також висока магнітна сприйнятливість. У тектонічному відношенні родовище має досить складну будову: тут спостерігається ціла система порушень субширотного і субмеридіонального простягання. Потужність окремих рудних тіл змінюється від 3,5 до 20,2 м.

Петрографічна характеристика порід. На родовищі найбільш поширені гранат-біотитові граніти (лівий берег р. Вел. Корабельна) і безпосередньо в

рудних тілах — плагіограніти та пегматити (правий берег р. Вел. Корабельна).

Найконтрастніша уран-рідкісноземельна мінералізація на родовищі пов’язана з пегматитами, які перетинають вмісні плагіограніти [2]. Пегматити “заліковують” найбільш пізні розломи і представлені жилами потужністю від декількох сантиметрів до декількох метрів. На них і на вмісні граніти накладений кварц-біотит-мікрокліновий метасоматоз, пов’язаний із залишковими постпегматитовими розчинами.

Колір пегматитів рожево-сірий, рідше — сірий. Структура грубозерниста, часто порфіровидна, алотріоморфнозерниста, гіпідіоморфнозерниста, в зонах катаклазу — катакластична. Текстура масивна, плямиста. Мінеральний склад, %: гранат — 1–2, біотит — 1–5, кварц — 5–10, олігоклаз — 15–20, мікроклін — 60–70; рудні — магнетит; вторинні — хлорит і гідрослюда.

Подеколи пегматити катаклазовані і тріщинуваті. В зонах катаклазу порода інтенсивно біотитизована. Просторово до цих зон приурочене ітрії-рідкісноземельне зруденіння і уран-торієва мінералізація. Рідкісноземельні мінерали найчастіше тяжіють до біотиту. В межах рудних зон він утворює декілька генерацій. Біотит ранньої генерації дрібнолускуватий (розміром $0,1-0,5$ мм) і є породоутворювальним мінералом гранітів і пегматитів. Колір його буро-коричневий, у породі розподілений більш-менш рівномірно. Біотит рудної генерації крупнолускуватий, величина окремих лусок досягає 1,5 см. Колір його темно-коричневий, утворює великі виділення у вигляді кубел, лінз та прожилків. У рудній масі біотит розподілений нерівномірно, іноді утворює тіла суцільних слюдитів, де його кількість досягає 80–90 %.

Головними носіями ітрії-рідкісноземельно-торієвої мінералізації є фосфати: монацит і ксенотим; другорядними — апатит, циркон і уранініт. Уранініт і ураноторит трапляються в рудах зрідка. Вони виявлені в полірованих і прозорих шліфах у вигляді дрібних вкраплень у біотиті, зрідка — в апатиті, ксенотимі, монациті, плагіоклазі, мікрокліні і кварці. Фосфати утворюють дрібні вкраплення в основних породоутворювальних мінералах — біотиті і польових шпатах і асоціюють з цирконом і уран-торієвими мінералами. За даними Г.А. Шварца та ін. [1], середній вміст у рудних тілах головних концентраторів ітрії-рідкісноземельного зруденіння коливається в таких межах, кг/т: ксенотиму — 1,8–4,7; монациту — 5,6–10,0; апатиту — 19,4–177,6; циркону — 3,1–19,0. Ксено-

тим є основним концентратором ітрію та тербію, крім того, характеризується високим вмістом тулію, гадолінію і самарію, а монацит – церію і РЗЕ церієвої групи. Вміст TR_2O_3 в рудних тілах змінюється від 0,226 до 1,513 %; Y_2O_3 – від 0,037 до 0,214 %. Середній вміст РЗЕ становить, %: ітербію – 0,092, ітрію – 0,945, церію – 0,485, лантану – 0,177, гадолінію – 0,065, диспрозію – 0,12, празеодиму – 0,055, неодиму – 0,197, європію – 0,1, самарію – 0,046.

Рудна мінералізація. Рудні мінерали є новоутвореними і формувались протягом двох послідовних стадій метасоматозу: калієвої та магнезіально-залізистої. Перша стадія проявилася в мікроклінізації гранітоїдів у зонах тріщинуватості та катаклазу. Друга стадія – біотитизація вмісних плагіогранітів і пегматитів. Обидві стадії пов'язані із залишковими постпегматитовими розчинами, які збагачені леткими і рідкісноземельними компонентами, про що свідчить просторова асоціація рудоносних тіл з пегматитами. Головними концентраторами рідкісноземельної мінералізації є ксенотим, монацит і, дещо менше, апатит. Супутніми мінералами є магнетит і титаномagnetит, на завершальній стадії метасоматозу утворюються поодинокі зерна уранініту.

Ксенотим найчастіше спостерігається у вигляді дрібного вкраплення в біотиті, зрідка – в апатиті, мікрокліні, кварці і гранаті. Колір його від блідо- до буро-жовтого або червонувато-бурого. Блиск смоляний. Ксенотим представлений переважно ідіоморфними кристалами дипірамідального габітусу, нерідко спостерігаються кристали ромбоподібної форми. Часто трапляються зростки зерен монациту і ксенотиму. Розмір зерен ксенотиму змінюється від 0,1 до 0,5 мм. За даними [2], має такий хімічний склад, ваг. %: SiO_2 – 2,04, TiO_2 – 0,06, Al_2O_3 – 1,65, Fe_2O_3 – 0,80, FeO – 0,00, MnO – 0,00, MgO – 0,38, CaO – 0,80, Na_2O – 0,00, K_2O – 0,00, P_2O_5 – 28,63, CO_2 – 0,00, F – 0,00, Cl – 0,00, $\Sigma\text{TR}_2\text{O}_3$ – 59,92, Ce_2O_3 – 1,80, ThO_2 – 0,96, PbO – 0,46, U_3O_8 – 1,15, H_2O – 0,20, В. п. п. – 0,65, Сума – 99,50. Рентгеноспектральним аналізом [2] в ксенотимі визначений такий склад рідкісноземельних елементів, %: Y – 30, La – 0,2, Ce – 0,6, Pr – 0,2, Nd – 0,7, Sm – 0,9, Eu – 0,1, Gd – 2,7, Tb – 0,5, Dy – 7,3, Ho – 2,0, Er – 6,7, Tu – 1,1, Yb – 8,5, Lu – 1,6.

Монацит трапляється в асоціації з ксенотимом, апатитом, уранінітом, цирконом і магнетитом. Як і ксенотим, найчастіше спостерігається у вигляді густого вкраплення в біотиті і польових

шпатах. Він утворює ізометричні, іноді ледь видовжені овальної форми зерна, трохи більші від зерен ксенотиму – до 1–1,2 мм. За кольором – жовтий, медово-жовтий, бурий і сірувато-бурий з тьмяним і смолянистим блиском. У результаті мінералогічного підрахунку встановлено, що співвідношення монациту і ксенотиму в рудних тілах змінюється в межах 2 : 1 на користь монациту. Монацит має такий хімічний склад, ваг. %: SiO_2 – 1,48, TiO_2 – 0,10, Al_2O_3 – 1,42, Fe_2O_3 – 1,62, FeO – 0,00, MnO – 0,00, MgO – 0,27, CaO – 1,12, Na_2O – 0,00, K_2O – 0,00, P_2O_5 – 27,34, CO_2 – 0,00, F – 0,00, Cl – 0,00, $\Sigma\text{TR}_2\text{O}_3$ – 36,48, Ce_2O_3 – 20,73, ThO_2 – 8,53, PbO – 0,92, U_3O_8 – 0,16, H_2O – 0,20, В. п. п. – 1,02, Сума – 101,39 [2].

Апатит у рудних тілах відіграє підпорядковану роль серед фосфатів, хоча іноді утворює значні скупчення. Він має вигляд ксеноморфних, лінзоподібних та стовпчастих зерен розміром від 0,1 до 2,5 мм. Кристали зазвичай водяно-прозорі з блакитно-зеленуватим відтінком. Для апатиту визначений [2] хімічний склад, ваг. %: SiO_2 – 0,84, TiO_2 – 0,00, Al_2O_3 – 0,05, Fe_2O_3 – 1,10, FeO – 0,43, MnO – 0,85, MgO – 0,14, CaO – 50,70, Na_2O – 0,00, K_2O – 0,00, P_2O_5 – 44,37, CO_2 – 0,17, F – 1,52, Cl – 0,16, $\Sigma\text{TR}_2\text{O}_3$ – 0,40, Ce_2O_3 – 0,00, ThO_2 – 0,00, PbO – 0,00, U_3O_8 – 0,00, H_2O – 0,14, В. п. п. – 0,31, сума – 101,18. За даними ПЗЕ-46 КП “Кіровогеологія”, в апатитах із рудних зон встановлений середній вміст (19 ан.) рідкісноземельних елементів, г/т: Ce – 158, La – 86, Y – 1295, Yb – 42.

Циркон наявний у рудах у вигляді поодиноких зерен. Він представлений радіоактивним різновидом – малаконом, вміст малакону в рудах 0,15 кг/т. Колір малакону бурий, світло-бурий, зрідка трапляються рожево-бузкові або безбарвні різновиди. Форма кристалів призматична із зональною внутрішньою будовою.

Магнетит і титаномagnetит спостерігаються у вигляді ідіоморфних кубічних кристалів і ксеноморфних зерен розміром 0,1–3 мм і знаходяться в просторовому зв'язку з біотитом. Магнетит як аксесорний мінерал трапляється у всіх породах геологічного розрізу. Проте його кількість у рудних зонах збільшується. За даними ПЗЕ-46 КП “Кіровогеологія” за допомогою лазерного спектрального аналізу в магнетиті встановлені домішки таких хімічних елементів, %: Cr – 0,002–0,02, Ti – від 0,1 до 1, Mn – від 0,02 до 0,4, Ga – від 0,001 до 0,002, Ni – до 0,001, Mo – до 0,005, V – від 0,003 до 0,15, Li – до 0,002. Титаномagnetит концентрується переважно в рудних зонах, де його співвід-

ношення з магнетитом досягає 1 : 1, і відзначається в асоціації з монацитом, ксенотимом, апатитом, малаконом і магнетитом. Лазерний спектральний аналіз виявив у титаномagnetиті такі домішки, %: Mn – 0,05–5, V – 0,006–0,15, Sc – 0,001–0,006, Y – 0,001–0,006, Nb – до 0,06. Часто титаномagnetит заміщується лейкоксеном.

Ураніт присутній у рудах дуже рідко. Він встановлений у ході вивчення полірованих і прозорих шліфів у вигляді найдрібніших вкраплень у біотиті, зрідка – в апатиті, ксенотимі, монациті, кварці та польових шпатах. Розмір його виділень до 0,01–0,2 мм. Зерна ураніту супроводжуються характерними радіогенними ореолами, які виповнені гідролітою. За даними ПЗЕ-46 КП “Кіровогеологія” параметр елементарної комірки ураніту складає 5,51–5,54 Å, що відповідає ураноториту, який у відбитому світлі має неоднорідну багатofазну поверхню, властиву метаміктним мінералам, що розпалися.

Радіогеохронологічні дані. Радіогеохронологічні дослідження були виконані за монацитом із гранат-біотитового граніту (лівий берег р. Вел. Корабельна) та за цирконом і монацитом із плагіограніту, що є вмісним для рудних тіл (правий берег р. Вел. Корабельна).

Граніт гранат-біотитовий, проба БК-1. Лівий берег р. Вел. Корабельна. Текстура плямиста завдяки наявності скупчень зерен польових шпатів, кварцу і зрідка біотиту. Скупчення кварцу дещо витягнуті, лінзоподібні. Структура: нерівномірно-, середньозерниста з середнім розміром зерен 1,5–2,5 мм, а окремих зерен мікрокліну – 4,1–4,6 мм. Незначні ідіоморфні зерна плагіоклазу з підпорядкованим ідіоморфізмом, мікроклін і

ксеноморфний кварц обумовлюють гіпідіоморфнозернисту структуру; тектонобластез частково виявлений у грануляції зерен на міжзернових границях, деколи у межах самих зерен (зазвичай у мікроклінах) у вигляді прямолінійних тріщин; катаклаз проявляється у блочному і хвилястому згасанні усіх зерен (рис. 2). На таких перекристалізованих ділянках структура гранобластова або лепідогранобластова.

Хімічний склад гранат-біотитового граніту, ваг. %: SiO₂ – 67,26, TiO₂ – 0,38, Al₂O₃ – 15,87, Fe₂O₃ – 0,45, FeO – 3,60, MnO – 0,05, MgO – 1,26, CaO – 2,87, Na₂O – 3,46, K₂O – 3,32, P₂O₅ – 0,24, S < 0,02, H₂O – 0,42, В. п. п. – 0,52, Сума – 99,70.

Мінеральний склад, об'ємні %: гранат – 5, біотит – 10, кварц – 26, мікроклін – 15, плагіоклаз – 43; акцесорні – циркон, апатит, монацит. Із вторинних мінералів відмічається альбіт, що розвивається по мікрокліну, та серицит – по плагіоклазу.

Циркон включений переважно в біотит, зрідка на границі польових шпатів з кварцом. Форма його призматична, деколи видовжено-призматична зі слабо заокругленими контурами. Містить реліктові ядра.

Монацит представлений світло-жовтими, жовтими з червонувато-бурим, залежно від озалізнання, відтінком кристалами пампушкоподібною, дископодібною форми. Поверхня в більшості зерен блискуча, зрідка матова. Контури зерен заокруглені, з численними горбиками та ямками – слідами контактів з мінералами-сусідами. Досить часто трапляються зростання з біотитом.

Результати визначення вмісту урану, свинцю та ізотопного складу свинцю в розмірних фракціях монациту, отриманих шляхом скочування

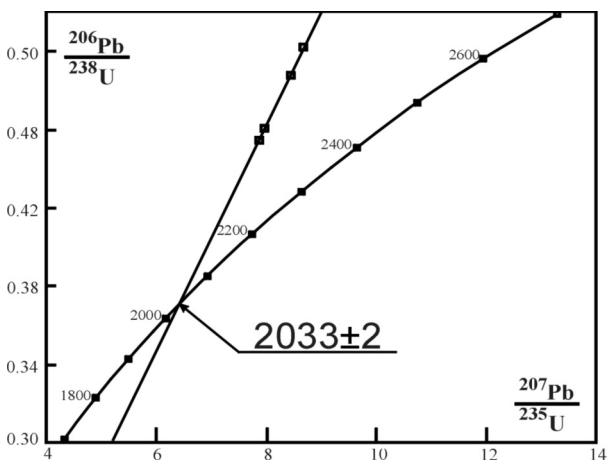


Рис. 2. Уран-свинцеві діаграми з конкордією для монацитів із біотитового граніту, проба БК-1

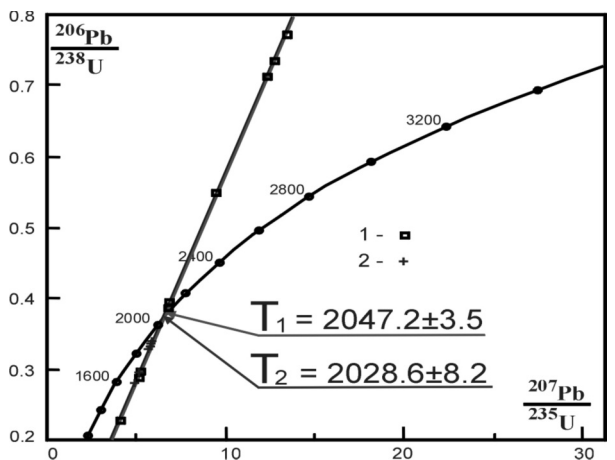


Рис. 3. Уран-свинцева діаграма з конкордією для монацитів (1) та цирконів (2) із метасоматиту, правий берег р. Вел. Корабельна, проба БК-2

мінералу по похилій площині, наведено в табл. 1. Вік монациту, а отже, і граніту, за верхнім перетином конкордії дискордією, розрахованою за аналітичними даними (табл. 1), складає 2033 ± 2 млн років (рис. 2).

Апогранітний біотитовий метасоматит, проба БК-2. Правий беріг р. Вел. Корабельна. Макроскопічно порода рожевого забарвлення. Текстура директивна, за рахунок витягнутості зерен польових шпатів і кварцу в одному напрямку. Біотит часто утворює в породі мономінеральні прожилкоподібні скупчення, до яких і приурочена ітрій-рідкісноземельно-торієва мінералізація. Структура породи гетеро- і лепідогранобластова із середнім розміром зерен 1,5–4 мм. Елементи

катаклазу проявлені у хвилястому згасанні плагіоклазу і блочному кварцу.

Хімічний склад, ваг. %: SiO_2 – 54,83, TiO_2 – 0,87, Al_2O_3 – 20,56, Fe_2O_3 – 3,84, FeO – 2,65, MnO – 0,08, MgO – 2,07, CaO – 2,85, Na_2O – 5,66, K_2O – 3,08, P_2O_5 – 0,35, S < 0,02, H_2O – 0,66, В. п. п. – 2, 21, сума – 99,71.

Мінеральний склад, %: гранат – 1, кварц – 4, біотит – 18, мікроклін – 10, плагіоклаз – 60; вторинні – хлорит і серицит; рудні (магнетит) – 4; акцесорні – циркон, монацит, ксенотим і апатит.

Циркон має призматичну, видовжено-призматичну форму, огранення кристалів складне, в його будові беруть участь грані обох призм і декількох біпірамід, у тому числі гострих. Колір кристалів

Таблиця 1. Вміст урану, свинцю та ізотопний склад свинцю в монацитах із граніту, лівий берег р. Вел. Корабельна, проба БК-1

Фракція мінералу	Вміст, ppm		Ізотопні відношення					Вік, млн років		
	U	Pb	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}_r/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}_r/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}_r/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}_r/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}_r/^{206}\text{Pb}_r$
1	3271	7015	20700	7,9561	0,23207	0,45469	7,8475	2416	2214	2031,3
2	2166	4843	23530	7,9599	0,22296	0,45908	7,9243	2435	2222	2031,5
3	3495	8138	18620	7,9542	0,23511	0,49883	8,6064	2609	2297	2030,7
4	2162	4774	20750	7,9567	0,24371	0,48668	8,3991	2556	2275	2031,2

Примітка. Тут і в табл. 2, 3 поправка на звичайний свинець уведена за Стейсі та Крамерсом на вік 2030 млн років; 1–4 – розмірні фракції монациту та циркону, отримані шляхом скочування по похилій площині. Pb_r – свинець радіогенний.

Таблиця 2. Вміст урану, свинцю та ізотопний склад свинцю в цирконах із метасоматиту, правий берег р. Вел. Корабельна, проба БК-2

Фракція мінералу	Вміст, ppm		Ізотопні відношення					Вік, млн років		
	U	Pb	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}_r/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}_r/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}_r/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}_r/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}_r/^{206}\text{Pb}_r$
1	1830	617,6	6060	7,8728	19,293	0,33203	5,7205	1848	1934	2028,2
2	1761	597,8	5405	7,8555	18,394	0,33313	5,7403	1854	1937	2028,4
3	1912	651,3	6980	7,8852	19,063	0,33515	5,7785	1863	1943	2029,5
4	1886	651,9	6100	7,8746	17,24	0,33824	5,8268	1878	1950	2028,0

Таблиця 3. Вміст урану, свинцю та ізотопний склад свинцю в монацитах із метасоматиту, правий берег р. Вел. Корабельна, проба БК-2

Фракція мінералу	Вміст, ppm		Ізотопні відношення					Вік, млн років		
	U	Pb	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}_r/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}_r/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}_r/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}_r/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}_r/^{206}\text{Pb}_r$
1	5550	6636	18500	7,8864	0,27629	0,29034	5,0525	1643	1828	2045,9
2	8348	6908	23400	7,8846	0,329	0,22906	3,9917	1330	1633	2048,4
4	3761	5230	18900	7,8939	0,23263	0,29533	5,1351	1668	1842	2044,4
1	3482	11363	14120	7,8573	0,2669	0,77152	13,452	3686	2712	2049,3
2	3566	11244	28370	7,9145	0,25099	0,71111	12,355	3463	2632	2043,0
3	3838	9196	11520	7,8678	0,25677	0,54957	9,5534	2823	2393	2044,0
4	3359	10965	23010	7,8895	0,251	0,7361	12,819	3556	2666	2047,1
1	6171	10515	31640	7,8660	0,25531	0,38945	6,8108	2120	2087	2054,6
2	6502	11368	15820	7,8456	0,2491	0,39179	6,847	2131	2092	2053,4

світло-бурий, бурувато-коричневий, світло-коричневий. У шліфах циркон головним чином приурочений до плагіоклазу, біотиту і кварцу, трапляється в інтерстиціях і калішпаті.

Монацит. Зерна монациту пампушкоподібні, дископодібні, зрідка видовжені. За кольором — червоно-бурі, червонувато-жовті, залежно від озалізнення. Як поодинокі трапляються практично не озалізовані світло-жовті та зеленкувато-жовті зерна, які мабуть були основними первісними відмінами монациту. Кристали монациту в цілому мають заокруглені контури, але при цьому часто спостерігаються грані та окремі ребра. В шліфах монацит найчастіше трапляється в біотиті, калішпаті і кварці, зрідка в інтерстиціях.

Час формування апогранітного метасоматиту визначали за цирконом і монацитом. Результати радіогеохронологічних досліджень циркону наведено в табл. 2, а монациту — в табл. 3. Вік циркону за верхнім перетином конкордії дискордією, розрахованою за аналітичними даними (табл. 2), складає 2028 ± 25 млн років (рис. 3), середнє зважене значення віку, за відношенням $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, становить $2028,7 \pm 2,1$ млн років.

Вік монациту із рудного тіла, розрахований за верхнім перетином конкордії з лінією регресії, побудованою за аналітичними даними (табл. 3), складає $2047,2 \pm 3,5$ млн років, та за нижнім — 4 ± 19 млн років, середнє зважене значення віку, за ізотопним відношенням $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, становить — $2047 \pm 3,4$ млн років, що повністю співпадає з датою, отриманою за верхнім перетином і є максимально можливим часом кристалізації цього мінералу (рис. 3).

Висновки. Рідкісноземельне зруденіння родовища Балка Корабельна сформовано в результаті процесів магnezіально-залізисто-калієвого метасоматозу по пегматитах і вмісних плагіогранітах. Калієвий метасоматоз (мікроклінізація) як високотемпературний процес широко поширений на Українському щиті. Його прояви пов'язані із завершальними стадіями гранітизації. З калієвим метасоматозом пов'язано формування уранового

зруденіння кремній-калієвої формації. На уранових родовищах цієї формації (Південне, Калинівське, Лозуватське і ряд рудопроявів) метасоматичні зміни відбувалися у декілька етапів або стадій — мікроклінізації, біотитизації та окварцювання, яким і завершується етап постпегматитового гідротермального мінералоутворення, коли відклалися сульфіді і уранові мінерали.

Особливість даного родовища полягає в тому, що первинний метасоматичний процес мікроклінізації завершується магnezіально-залізисто-калієвим метасоматозом, головним типовим мінералом якого, є біотит. Відповідно до цієї схеми порядок відкладення мінералів такий: спочатку відбувається відкладення значної кількості мікрокліну, що переважно заміщує плагіоклази вмісних плагіогранітів і січних пегматитів.

Продуктивна фаза мінералоутворення характеризується відкладенням у локальних ділянках (зонах тріщинуватості і катаклазу) мінерального комплексу, що складається з біотиту, рідкісноземельних мінералів, апатиту, циркону, магнетиту і титаномагнетиту. В цю фазу разом з калієм привносилися магній, залізо, фосфор, рідкісноземельні елементи, торій і уран. У ділянках найінтенсивнішого метасоматозу формуються слюдити з рясним вкрапленням рідкісноземельних мінералів. Завершується процес рудоутворення кристалізацією незначної кількості уранових мінералів. Ознак найбільш пізнього гідротермального мінералоутворення (окварцювання), широко проявленого на відомих уранових родовищах кремній-калієвої формації, на цьому родовищі не виявлено.

За результатами уран-свинцевого ізотопного датування цирконів і монацитів із метасоматиту (проба БК-2), правий беріг р. Вел. Корабельна та монацитів гранітів (проба БК-1, лівий берег) виявлено їх синхронне формування. Це може бути непрямым свідченням генетичного зв'язку між процесами формування гранітоїдів кіровоградського комплексу та ітрій-рідкісноземельно-торієвої мінералізації родовища Балка Корабельна.

Література

1. *Державна геологічна карта України. Центральноукраїнська серія. Аркуш L-36- II (Вознесенськ). М-6 1 : 200 000.* — К., 2004. — 112 с.
2. Кононов Ю.В., Нечасев С.В. Метасоматична мінералізація в докембрійських мігматитах Побужжя // Питання геохімії, мінералогії і петрографії. — К. : Вид-во АН УРСР, 1963. — С. 289–301.
3. Krough T.E. A law contamination method for hedrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotopic age determination // Geochim. Cosmochim. Acta. — 1973. — 37, № 3. — P. 485–494.
4. Ludwig K.R. Pb Dat for MS-DOS, version 1.06 // U.S. Geol. Survey Open-File Rept. — 1989. — № 88–542. — P. 40.
5. Ludwig K.R. ISOPLOT for MS-DOS, version 2.0 // Ibid. — 1990. — № 88–557. — P. 38.

Stepanyuk L.M., Syomka V.O., Karly Z.V., Bondarenko S.M., Dovbush T.Y., Kurylo S.Y.

Balka Korabelnaya deposit in the Bug uranium ore region of the Ukrainian Shield: mineralogy and geochronology.

Rare earth ores of the Balka Korabelnaya deposit were formed due to magnesian-ferriferous-potassium metasomatism in pegmatites and in plagiogranites enclosing them. Uranium ore formation of silica-potassium rock association is attributed to potassium metasomatism. In uranian deposits (occurrences) of this rock association, Juzhnoe, Kalinovskoe, Lozovatskoe and some others, several metasomatic alteration stages have been observed: microclinisation, biotitisation and silicification. Last one is an ending of postpegmatitic hydrothermal mineral formation; during this stage sulfides and uranium minerals were deposited. A feature of the deposit is that the primary metasomatic microclinisation was ended with magnesian-ferriferous-potassium metasomatism. Main mineral of such a process is biotite. The ore mineral stage is characterized by the mineral association consisted of biotite, rare earth minerals, apatite, zircon, magnetite and titanomagnetite, which were deposited in crack zones and cataclastic ones. During the stage magnesium, iron, phosphorus, rare earth elements, thorium and uranium were supplied. In zones of the most intensive metasomatic process the micaceous rocks with a large shot of rare earth minerals were formed. Process of the ore formation was ended with a crystallization of small amounts of the uranium minerals. Silicification, the most final hydrothermal stage which is developed in the famous uranium deposits of silica-potassium rock association, there are no tracks at this deposit. According to U-Pb age study of zircons and monazites of metasomatite (sample БК-2) on right bank of the Bolshaya Korabelnaya river and monazites of granites (sample БК-1) on left bank of the same river, their simultaneous formation is defined. It may be indirect evidence of a genetic link between the processes of formation of kirovograd granitoid rock association and yttrium-rare earth-thorium mineralization of the Balka Korabelnaya deposit.

Key words: deposit, mineralogy, ore formation, geochronology.

Степанюк Л.М., Сёмка В.А., Карлы З.В., Бондаренко С.Н., Довбуш Т.И., Курыло С.И.

Месторождение Балка Корабельная (минералогия, геохронология) в Побужском урановорудном районе Украинского щита.

Редкоземельное оруденение месторождения Балка Корабельная сформировано в результате процессов магниезильно-железисто-калиевого метасоматоза по пегматитам и вмещающим плагиогранитам. С калиевым метасоматозом связано формирование уранового оруденения кремниевно-калиевой формации. На урановых месторождениях этой формации (Южное, Калиновское, Лозоватское и ряд других рудопроявлений) метасоматические изменения происходили в несколько стадий — микроклинизации, биотитизации и окварцевания. Последней завершается стадия постпегматитового гидротермального минералообразования, когда откладывались сульфиды и урановые минералы. Особенность данного месторождения состоит в том, что первичный метасоматический процесс микроклинизации завершается магниезильно-железисто-калиевым метасоматозом, главным минералом которого служит биотит. Продуктивная фаза минералообразования характеризуется отложением в зонах трещиноватости и катаклаза минерального комплекса, состоящего из биотита, редкоземельных минералов, апатита, циркона, магнетита и титаномagnetита. В эту фазу вместе с калием привносились магний, железо, фосфор, редкоземельные элементы, торий и уран. В участках наиболее интенсивного метасоматоза формируются слюдиты с обильной вкрапленностью редкоземельных минералов. Завершается процесс рудообразования кристаллизацией незначительного количества урановых минералов. Признаков наиболее позднего гидротермального минералообразования (окварцевания), широко проявленных на известных урановых месторождениях кремниевно-калиевой формации, на данном месторождении не выявлено. Согласно результатам уран-свинцового изотопного датирования цирконов и монацитов из метасоматита (проба БК-2) правого берега р. Большая Корабельная и монацитов гранитов (проба БК-1) ее левого берега. Выявлено их синхронное формирование, что может быть косвенным свидетельством генетической связи процессов формирования гранитоидов кировоградского комплекса и иттрий-редкоземельно-ториевой минерализации месторождения Балка Корабельная.

Ключевые слова: месторождение, минералогия, рудообразование, геохронология.

Надійшла 17.05.2015.