

УДК [549:553.2]+550.4(477)

АКЦЕСОРНА МІНЕРАЛІЗАЦІЯ РУСЬКОПОЛЯНСЬКИХ РІДКІСНОМЕТАЛЕВИХ ГРАНІТІВ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

О. Заяць

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України,
просп. акад. Палладіна, 34, 03142 Київ, Україна
E-mail: igmr@igmof.gov.ua*

У південно-східній частині Руськополянського масиву виявлено рідкіснометалеві граніти, у яких знайдено флюорит, колумбіт, евксеніт, монацит, ксенотим, ортит, бастнезит, паразит, синхізит, циркон та інші рідкісноелементні мінерали. Розглянуто зв'язок вмісту Nb та РЗЕ у руськополянських гранітах з акцесорними колумбітом, флюоритом та іншими мінералами рідкісноземельних елементів. Підвищені концентрації Nb пов'язані з появою колумбіту, а також розсіянням Nb в біотиті. З'ясовано, що концентрація Y у флюориті корелює з вмістом Y в граніті. Визначено залежність між кількістю мінералів рідкісних земель та концентрацією рідкісноземельних елементів у граніті. Зафіксовано спорідненість металогенічної спеціалізації руськополянських і кам'яногильських гранітів.

Ключові слова: акцесорні мінерали, ніобій, ітрій, рідкісноземельні елементи, рідкіснометалеві граніти, Руськополянський масив, Український щит.

Рідкіснометалеві граніти завжди привертати увагу геологів. Науковий і практичний інтерес до рідкіснометалевих гранітів зумовлений унікальністю їхнього хімічного та мінерального складу. Є багато класифікацій рідкіснометалевих гранітів за петрохімічними та мінералогічними ознаками [1], проте одна з головних ознак цих гранітів – широкий спектр акцесорних мінералів.

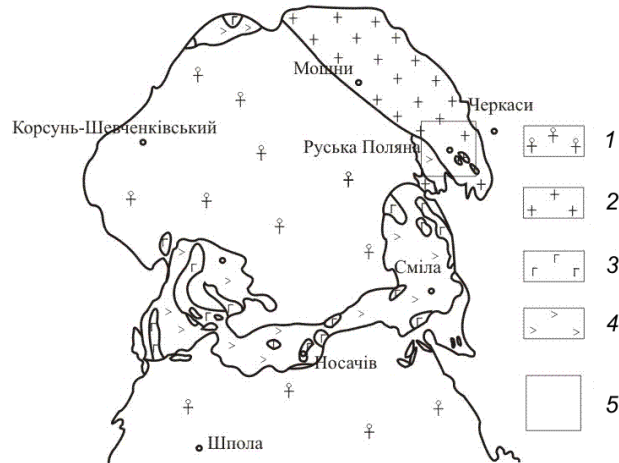
На Українському щиті (УЩ) рідкіснометалеві граніти відомі в Приазовському, Південно-Західному та Інгульському блоках. Порооди сформувалися на завершальній стадії протерозойської тектономагматичної активізації. Досі в літературі є мало даних щодо рідкіснометалевих гранітів Інгульського блока. Вперше ці породи привернули увагу дослідників у 70-ті роки ХХ ст., детальніше дослідження проведені Черкаською експедицією у 80-ті роки. Геологічним зніманням у північно-східній частині плутону зафіксовано асоціацію сублужних гранітів, які виокремлено в Черкаський масив, що нині має назву Руськополянський [6]. За результатами розшукових робіт у південно-східній частині Руськополянського масиву виділено геохімічне рудоносне поле рідкіснометалево-рідкісноземельної мінералізації. У 2009 р. ДРГП Північгеологія почала нові дослідження рідкіснометалевої частини масиву. Поблизу с. Руська Поляна пробурено нову свердловину завглибшки 252 м. Нижче наведено результати дослідження кам'яного матеріалу цієї свердловини.

Наша мета – визначити набір акцесорних мінералів руськополянських рідкіснометалевих гранітів, дослідити розподіл у них Nb та рідкісноземельних елементів (РЗЕ), виявити зв'язок між вмістом акцесорних мінералів та концентрацією Nb та РЗЕ.

Геологічна будова Руськополянського масиву. Руськополянський масив розташований у північно-східній частині Корсунь-Новомиргородського плутону УЩ (рис. 1). Масив витягнутий у північно-західному напрямі, має овальну форму і займає площу близько 400 км². У південній частині масив охоплює витягнутий у північно-західному напрямі однойменний масив габроноритів та анортозитів. Північний контакт анортозитового масиву з руськополянськими гранітами проходить по Руськополянському розлому. На півдні та сході Руськополянський масив контактує з гнейсами чечеліївської світи та вміщує їх у вигляді ксенолітів. Масив розміщений у зоні скидів північно-західного простягання. Згідно з уявленнями геологів Черкаської ГРЕ, руськополянські граніти сублужної формації є апікальною частиною Корсунь-Шевченківського масиву рапаківі.

Рис. 1. Схематична геологічна карта Руськополянського масиву:

1 – рапаківі та рапаківіподібні граніти, 2 – руськополянські граніти; 3 – габро; 4 – габро-анортозити; 5 – рідкіснометалева ділянка.



Основу Руськополянського масиву становлять сублужні граніти, граніти нормально-го ряду поширені значно менше. Породи масиву представлені різноманітними за структурою та складом сублужними гранітами: порфіроподібними з вкрапленнями калієвого польового шпату та рівномірнозернистими від дрібно- до гігантозернистих. За складом руськополянські граніти – біотитові, рідше – амфібол-біотитові, іноді досягають складу граносієнітів [6]. У південно-східній частині масиву розвинуті метасоматично змінені граніти рапаківі з рідкіснометалевою та рідкісноземельною мінералізацією, які виявив В. Воробей. Учений виділив низку фаз метасоматично-змінених гранітів [6].

У рідкіснометалевій частині масиву на глибині 135 м свердловиною розкрито рожеві дрібнозернисті мусковіт-біотитові граніти, які поступово змінюються на рожево-сірі порфіроподібні з різною насиченістю вкрапленнями мікрокліну. Речовинний склад гранітів рідкіснометалевої ділянки розглянуто в праці [2].

Акцесорні мінерали вивчали під поляризаційним мікроскопом у прозорих шліфах. Рентгенофлюоресцентний аналіз (РФА) порошоків порід та монофракцій мінералів виконано на рентгенофлюоресцентному аналізаторі ElvaX mini в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка (аналітик О. Андреев). Хімічний склад мінералів із гранітів визначали за допомогою растрового електронного мікроскопа JSM-6700F, обладнаного енергодисперсійною системою для мікроаналізу JED-2300 (“JEOL”, Японія), в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАН України (аналітик Ю. Литвиненко).

Для визначення мінеральних фаз у важких фракціях породи використовували рентгенофазовий аналіз, який проводили в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка на дифрактометрі ДРОН-2 (мідне випромінювання, $\text{CuK}_\alpha = 0,15418$ нм) (аналітик О. Гречанівська). Досліджували проби з такої глибини: 141,6–143,0, 143,5–145,0 та 162,5–162,9 м. Оглядові рентгенограми для якісного фазового аналізу ($2\theta = 10\text{--}60^\circ$) отримано зі швидкістю $1^\circ/\text{хв}$. Рентгенівський мікроаналіз (реєстрація дебаєграм) для взірців з глибини 151,9–153,5, 161,0–162,5 та 163,9–165,5 м виконано на рентгенівському апараті УРС-60 у камері РКД-57,3 мм.

Попередніми дослідженнями в південно-східній частині масиву (див. рис. 1) виявлено такі акцесорні мінерали: флюорит, колумбіт, евксеніт, монацит, ксенотим, ортит, бастнезит, циркон, топаз. З інших супутніх мінералів у гранітоїдах поля знайдено галеніт, каситерит, пірит, халькопірит, сфалерит, арсенопірит, молібденіт, торит. Їхній вміст не перевищує акцесорної кількості, проте характеризує поліформаційність геохімічного поля.

Розподіл акцесорних мінералів залежить від структурних та петрохімічних особливостей гранітів. Зокрема, з акцесорних мінералів у сублужних лейкогранітах, порівняно з сублужними гранітами, підвищений вміст колумбіту й монациту, з'являється ксенотим. У біотитових гранітах головними акцесорними мінералами часто є бастнезит, евксеніт, циркон і колумбіт.

Під час досліджень руськополянських гранітів ми відшукали низку нових, раніше не виявлених акцесорних мінералів. У шліфах зафіксовано флюорит, циркон, апатит, монацит і ортит (підтверджено результатами мікрозондового аналізу). В аншліфах (також мікрозондовим аналізом) визначено колумбіт, торит, мінерали рідкісних земель – паризит, бастнезит, синхізит. Фазовий якісний аналіз засвідчив, що у взірцях є фероколумбіт, синхізит, бритоліт, анатаз, псевдорутит, сидерит, найчастіше фіксують бастнезит.

Колумбіт. За допомогою растрового електронного мікроскопа зафіксовано незначну кількість дрібних ($< 0,05$ мм) кристалів колумбіту. За даними рентгенофазового аналізу, він представлений фероколумбітом. Підвищений вміст ніобію в апікальній частині масиву (рис. 2) пов'язаний з появою власних мінералів ніобію в гранітах – колумбіту, евксеніту, а також з розсіянням ніобію в біотиті й цирконі [3], про що свідчать низькі значення співвідношень Ti/Nb та Zr/Nb у цих гранітах. Зі зменшенням концентрації Nb в гранітах закономірно зменшується його вміст у біотиті (табл. 1). За попередніми даними, вміст евксеніту в рідкіснометалевих гранітах досягає 898 г/т, колумбіту – 177 г/т, а максимальний вміст Nb + Ta приурочений до дрібнозернистих гранітів, що розвинуті в апікальній частині масиву.

Флюорит у шліфах простежується у вигляді безбарвних зерен двох генерацій. Перша, більш рання – це ідіоморфні ізометричні кристали, часто у вигляді пойкилітових включень у породоутворювальних мінералах, друга генерація, пізніша – ксеноморфні зерна, які заповнюють тріщини в породі. Як і флюорит з кам'яногільських гранітів, він збагачений важкими РЗЕ.

Рентгенофазовий аналіз монофракцій флюориту з руськополянських гранітів дав змогу виявити, що мінерал збагачений ітрієм і збіднений стронцієм (табл. 2). В апікальній частині масиву вміст ітрію у флюориті максимальний – становить десятки частки відсотка. З глибиною його концентрація й у граніті (див. рис. 2), й у флюориті поступово зменшується. М. Піддубний зазначив, що акцесорна кількість ксенотиму в граніті не може забезпечити високий вміст рідкісних земель ітрієвої групи.

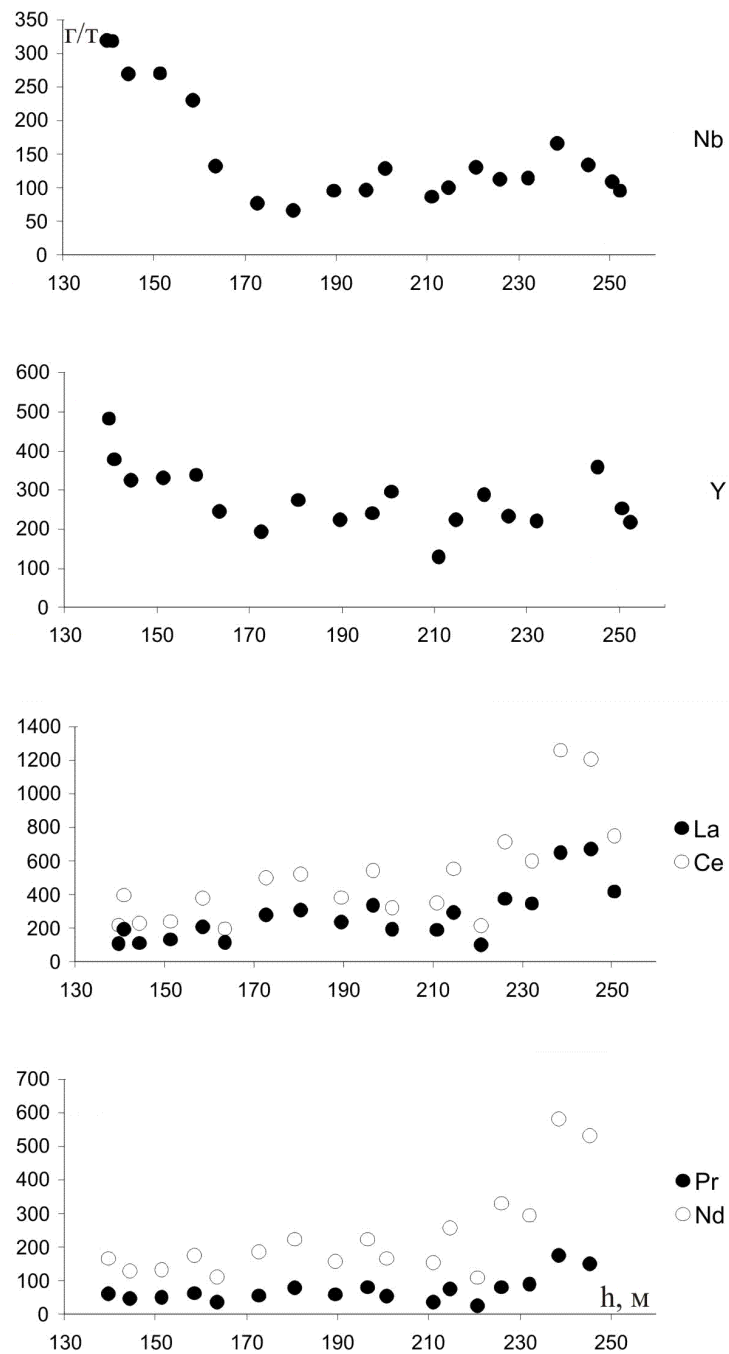


Рис. 2. Розподіл концентрації ніобію та рідкісноземельних елементів у руськополянських гранітах за глибиною.

Таблиця 1

Розподіл ніобію
в мономінеральних наважках
біотиту, г/т

Інтервал, м	Взірець	Nb
156,1–158,0	1	660
	2	714
	3	718
	4	652
174,6–176,5	1	321
	2	326
	3	314
	4	320
225,0–227,0	1	323
	2	324
	3	315
	4	313
239,6–242,0	1	340
	2	371
	3	366
	4	326

Таблиця 2

Розподіл ітрію та стронцію
в мономінеральних наважках
флюориту, г/т

Інтервал, м	Взірець	Y	Sr
156,1–158,0	1	3 302	35
	2	3 183	47
	3	3 093	38
174,6–176,5	1	2 995	50
	2	3 054	46
	3	3 061	50
	4	2 915	40
225,0–227,0	1	481	16
	2	499	19
	3	508	15
239,6–242,0	1	541	19
	2	549	19
	3	536	20
	4	464	19

Підвищений вміст Y можливий у разі значного входження Y та Yb до складу евксеніту й інших акцесорних мінералів. Мікрозондовим аналізом визначено наявність ітрію у фторкарбонатах рідкісних земель та ортиті (вміст Y_2O_3 – перші відсотки).

Мінерали рідкісноземельних елементів. Попередні дослідники серед мінералів РЗЕ виявили монацит і бастнезит. Бастнезит – поширений вторинний мінерал руськополянських гранітів, розвивається по ортиту. В рідкіснометалевій частині масиву вміст бастнезиту досягає 9 кг/т. За даними Черкаської ГРЕ, значна частина вмісту рідкісних земель у породах, імовірно, пов'язана з ортитом.

В аншлифах мікрозондовим аналізом зафіксовано збільшення з глибиною кількості зерен мінералів РЗЕ церієвої групи, а саме – бастнезиту, паризиту, синхізиту. Аналогічно простежується зростання концентрацій РЗЕ в породі (див. рис. 2, в, з). Концентратора рідкісних земель у гранітах є акцесорні мінерали, проте з огляду на їхній незначний вміст у породі певну кількість РЗЕ пояснюють їхнім розпорошенням у породоутворювальних мінералах [3]. Легкі лантаніди мають тенденцію накопичуватись у польових шпатах, а важкі РЗЕ – у фемічних мінералах [3].

Порівняння гранітів Руськополянського масиву з рідкіснометалевими гранітами УЩ свідчить про близькі рівні концентрації більшості рідкісних елементів [5], що зумовлено подібністю набору їхніх акцесорних мінералів.

Металогенічна спеціалізація руськополянських гранітів має деякі спільні риси зі спеціалізацією гранітів кам'яногильського комплексу, зокрема, поєднання рідкіснометалевої та ітрій-рідкісноземельної мінералізації. Серед визначених рідкіснометалевих акцесорних мінералів гранітів Руськополянського масиву назвемо топаз, флюорит, колумбіт, молібденіт, каситерит тощо. Ці мінерали є типовими для рідкіснометалевих гранітів, рідкіснометалевих пегматитів та грейзенів, що розвиваються по них [4]. З іншого боку, руськополянські граніти вміщують такі мінерали-концентратори ітрію та рідкіснозе-

мельних елементів, як ксенотим, бритоліт, ортит, бастнезит, паризит, синхізит, які є характерними мінералами сублужних магматичних порід і пов'язаних з ними постмагматичних метасоматичних утворень [4]. Для рідкіснометалевих руськополянських гранітів, як і для кам'яногильських, характерний низький вміст апатиту. Можливо, аналогічно до гранітів кам'яногильського комплексу [4], у руськополянських гранітах у процесі кристалізаційної диференціації відбувалося збіднення фосфором кінцевих дериватів, що спричинило появу бритоліту.

Отже, руськополянським рідкіснометалевим гранітам властивий широкий спектр акцесорних мінералів: флюорит, циркон, колумбіт, бастнезит, евксеніт, монацит, ксенотим, ортит та ін. Ми вперше за допомогою мікрозондового та рентгенофазового аналізів виявили синхізит, бритоліт, анатаз, псевдорутил, сидерит, залістий різновид колумбіту – фероколумбіт. Підвищений вміст Nb в гранітах пов'язаний з появою його мінералу – колумбіту. Важливу роль відіграє розсіяння ніобію, передусім, у породоутворювальному біотиті. Вміст Y у флюориті корелює з його вмістом у граніті. Одним із головних концептраторів ітрію в породі є флюорит. Простежено залежність між кількістю мінералів рідкісних земель та концентрацією рідкісних земель у граніті. Металогенічна спеціалізація рідкіснометалевих руськополянських гранітів має спорідненість з рідкіснометалевими гранітами кам'яногильського комплексу.

Висловлюємо глибоку подяку Олександру В'ячеславовичу Андрєєву, Олені Євгенівні Гречанівській, Юрію Олександровичу Литвиненку за допомогу в аналітичних дослідженнях; співробітникам ДРГП Північгеологія Володимиру Петровичу Безвинному, Миколаю Миколайовичу Цибі за надання кам'яного матеріалу і можливості опрацювання фондових джерел; Вірі Олексіївні Гаценко, Юрію Івановичу Коновалову за цінні критичні зауваження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Коваленко В. И. Петрология и геохимия редкометалльных гранитоидов / В. И. Коваленко. – Новосибирск : Наука, 1977. – 206 с.
2. Особливості речовинного складу та ізотопний вік руськополянських рідкіснометалевих гранітів Українського щита / О. М. Пономаренко, О. В. Заяць, В. П. Безвинний, Т. І. Довбуш // Геохімія та рудоутворення. – 2011. – Вип. 30. – С. 18–26.
3. Редкие элементы Украинского щита / [Б. Ф. Мицкевич, Н. А. Беспалько, О. С. Егоров и др.]. – Киев : Наук. думка, 1986. – 256 с.
4. Седова О. В. Петрологія і рудоносність докембрійського кам'яногильського комплексу рідкіснометалевих гранітів Східного Приазов'я Українського щита : Автореф. дис. ... канд. геол. наук / О. В. Седова. – К., 2011. – 20 с.
5. Шеремет Е. М. Редкометалльные лейкограниты в районе Корсунь-Новомиргородского массива гранитов рапакиви / Е. М. Шеремет, Б. С. Панов, Г. Д. Коломиец // Докл. АН УССР. Сер. Б. – 1989. – № 3. – С. 32–34.
6. Щербаков И. Петрология Украинского щита / И. Щербаков. – Львов : ЗУКЦ, 2005. – 366 с.

*Стаття: надійшла до редакції 04.05.2012
прийнята до друку 29.05.2012*

**ACCESSORY MINERALIZATION
OF RUS'KA POLYANA RARE-METAL GRANITES
(UKRAINIAN SHIELD)**

O. Zayats

*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU,
34, Acad. Palladin Av., 03142 Kyiv, Ukraine
E-mail: igmr@igmof.gov.ua*

The rare-metal granites have been discovered in the south-eastern part of Rus'ka Polyana massif. They contain such accessory minerals as fluorite, columbite, euxenite, monazite, xenotime, orthite, bastnaesite, parisite, synchysite, zircon etc. The content of Nb and REE in granites is connected with accessory minerals: columbite, fluorite, minerals of REE. The increased concentrations of Nb are related to appearance of columbite, and also dispersion of niobium in biotite. The concentration of Y in fluorite correlates with its content in granites. Dependence between the amount of rare earth minerals and concentration of REE in granites has been set. Geochemical specialization of granites from Rus'ka Polyana and Kamjani Mohyly is allied.

Key words: accessory minerals, niobium, yttrium, rare-earth elements, rare-metal granites, Rus'ka Polyana massif, Ukrainian Shield.

**АКЦЕССОРНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ
РУССКОПОЛЯНСКИХ РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ ГРАНИТОВ
УКРАИНСКОГО ЩИТА**

О. Заяц

*Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н. П. Семененко НАНУ,
просп. акад. Палладина, 34, 03142 Киев, Украина
E-mail: igmr@igmof.gov.ua*

В юго-восточной части Русскополянского массива выявлены редкометальные граниты, содержащие флюорит, колумбит, эвксенит, монацит, ксенотим, ортит, бастнезит, паризит, синхизит, циркон и др. Рассмотрено связь содержания ниобия и редкоземельных элементов в гранитах с аксессуарными колумбитом, флюоритом, минералами РЗЭ. Повышенные концентрации Nb связаны с появлением колумбита, а также рассеянием ниобия в биотите. Показано, что концентрация Y во флюорите коррелирует с содержанием иттрия в граните. Установлено зависимость между количеством минералов редких земель и концентрацией РЗЭ в граните. Отмечено родство металлогенической специализации русскополянских и каменногильских гранитов.

Ключевые слова: аксессуарные минералы, ниобий, иттрий, редкоземельные элементы, редкометальные граниты, Русскополянский массив, Украинский щит.