

ГЕОХІМІЧНІ ТА ПЕТРОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЛУЖНИХ ГРАНІТОЇДІВ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

О.В. Дубина¹, С.Г. Кривдік²

¹ Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, Київ, Україна, E-mail: dubyna_a@ukr.net
Кандидат геологічних наук, старший науковий співробітник відділу петрології ІГМР НАН України.

² Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, Київ, Україна, E-mail: kryvdik@ukr.net
Доктор геолого-мінералогічних наук, професор, завідувач відділу петрології ІГМР НАН України.

Лужні граніти на території Українського щита мають незначне поширення і відомі лише у двох районах. До першого належать лужні (з егірином і рибекітом) різновиди, що у підпорядкованій кількості відомі серед біотитових лужнопольовошпатових пержанських гранітів протерозойського віку. Другий район – це Приазовський мегаблок, де відомі гіпабісальні тіла грорудитів девонського віку. Грорудити характеризуються більш меланократовим складом і вищим коефіцієнтом агпаїтності, тоді як висока залізистість є типовою ознакою обох типів лужних гранітів. Лужні пержанські граніти і грорудити мають відмінні геохімічні особливості. Грорудитам властиві підвищений вміст Ti, V, Cr, Ni, тоді як пержанські граніти збагачені Sn, Mo, Be, Rb, U. Як і в більшості лужних гранітів світу, лужні граніти Українського щита, з одного боку, збагачені HFSE і REE, а з іншого – збіднені Sr і Ba. Хондрит-нормовані спектри пержанських гранітів характеризуються глибокими негативними Eu-аномаліями і більшим збагаченням HREE, ніж у грорудитах. Геохімічні особливості вказують на те, що пержанські граніти генетично пов'язані з гранітними магмами Коростенського плутону, а їх формування супроводжувалося інтенсивним польовошпатовим фракціонуванням. В той же час виникнення грорудитів є результатом диференціації сублужних і лужних базальтових розплавів, що вкорінювалися під час закладання Дніпровсько-Донецької западини.

Ключові слова: лужні граніти, грорудити, Український щит, агпаїтність, рідкісні і рідкісноземельні елементи.

GEOCHEMICAL AND PETROLOGICAL FEATURES OF THE ALKALINE GRANITES OF THE UKRAINIAN SHIELD

O.V. Dubyna¹, S.G. Kryvdik²

¹ Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, E-mail: dubyna_a@ukr.net
Candidate of geological sciences, senior scientific worker of petrology department of the IGMOF of NAS of Ukraine.

² Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, E-mail: kryvdik@ukr.net
Doctor of geological and mineralogical sciences, professor, head of petrology department of the IGMOF of NAS of Ukraine.

Alkaline granites in the Ukrainian Shield are not widespread and are only revealed in two areas. To first one belong the alkaline (with aegirine and ribekite) varieties among Proterozoic biotite-alkalic feldspathic Perga granites. Second area is Azov megablock where are found hypabyssal bodies of Devonian grorudites. Grorudites are of more melanocratic composition and have higher agpaitic

index while low magnesity is the typical features for both types of alkaline granites. Perga alkaline granites and grorudites have different geochemical peculiarities. Grorudites have increased content of Ti, V, Cr, Ni, while Perga granites are enriched in Sn, Mo, Be, Rb, U. Like to alkaline granites over world alkaline granites of the Ukrainian Shield are, on the one hand enriched in HFSE and REE and, on the other hand – depleted in Sr and Ba. Chondrite normalized REE patterns from Perga granites have deep negative Eu-anomalous and enriched in HREE in comparison to grorudites. Geochemical peculiarities indicate that Perga granites are genetically related to granitic magmas of Korosten pluton and their formation have been attended by intensive feldspar fractionation. At the same time generation of grorudites are connected with subalkaline and alkaline basaltic melts differentiation during of the Dnieper-Donetsk depression formation.

Key words: alkaline granites, grorudites, Ukrainian Shield, agpaitic, rare and rare-earth elements.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И ПЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЩЕЛОЧНЫХ ГРАНИТОИДОВ УКРАИНСКОГО ЩИТА

А.В. Дубина¹, С.Г. Кривдик²

¹ *Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семеновко НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: dubyna_a@ukr.net*

Кандидат геологических наук, старший научный сотрудник отдела петрологии ИГМР НАН Украины.

² *Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семеновко НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: kryvdik@ukr.net*

Доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий отдела петрологии ИГМР НАН Украины.

Щелочные граниты на территории Украинского щита имеют незначительное распространение и известны лишь в двух районах. К первому относятся щелочные (с эгирином и рибекитом) разновидности, которые в подчиненном количестве известны среди биотитовых щелочнополевошпатовых пержанских гранитов протерозойского возраста. Второй район – это Приазовский мегаблок, где известны гипабиссальные тела грорудитов девонского возраста. Грорудиты характеризуются более меланократовым составом и высоким коэффициентом агпайтности, тогда как высокая железистость является типичным признаком обоих типов щелочных гранитов. Щелочным пержанским гранитам и грорудитам свойственны различные геохимические особенности. Грорудиты имеют повышенное содержание Ti, V, Cr, Ni, тогда как пержанские граниты обогащены Sn, Mo, Be, Rb, U. Как и в большинстве щелочных гранитов мира, щелочные граниты Украинского щита, с одной стороны, обогащены HFSE и REE, а с другой – обеднены Sr и Ba. Хондрит-нормированные спектры пержанских гранитов характеризуются глубокими отрицательными Eu-аномалиями и более обогащены HREE, чем в грорудитах. Геохимические особенности указывают на то, что пержанские граниты генетически связаны с гранитными магмами Коростенского плутона, а их формирование сопровождалось интенсивным полевошпатовым фракционированием. В то же время возникновение грорудитов может быть связано с дифференциацией субщелочных и щелочных базальтовых расплавов, которые укоренились при закладке Днепровско-Донецкой впадины. *Ключевые слова:* щелочные граниты, грорудиты, Украинский щит, агпайтность, редкие и редкоземельные элементы.

Вступ

Лужні граніти характерні для багатьох докембрійських щитів і локалізуються переважно вздовж рифтових зон або стабільних континентальних блоків.

В межах Українського щита (УЩ) та оточуючих його западин (Дніпровсько-Донець-

кої – ДДЗ та Причорноморської) поширені (хоча в обмежених масштабах) так звані рідкіснометалеві граніти сублужного ряду, які зазвичай за мінеральним складом і структурними співвідношеннями калішпату та альбіту належать до гіперсольвусних лужнополевошпатових та субсольвусних мікроклін-аль-

бітових різновидів. Останні нерідко називають, хоча не завжди виправдано або вдало, літій-фтористими рідкіснометалевими гранітами. На даний час найкраще вивченими можна вважати рідкіснометалеві граніти Приазов'я, результати дослідження яких зведені в монографії [Петрологія..., 2013]. Подібні граніти північно-західної та центральної частин УЩ частково розглянуті в роботах узагальнюючого характеру з гранітоїдів цього регіону [Гранитоиды..., 1993] та в окремих статтях. Разом з тим серед цих гранітів є різновиди, які слід відносити до лужного ряду.

Власне лужні граніти як такі в Україні не виділялися, за винятком однієї статті [Бучинская, Нечаев, 1990]. Частіше лужні граніти і навіть граніт-порфіри, часті їх супроводжують, називали апогранітами [Безпалько, 1970; Галецкий, 1970]. Це пояснюється такими головними факторами: 1) в період розвитку теорії метасоматозу (50-80-ті роки ХХ ст.) більшість гранітів розглядалися як метасоматичні або, принаймні, як магматогенні утворення. До виявлення в Монголії онгонітів (гіпабісальні та ефузивні аналоги літій-фтористих гранітів з вкраплениками топазу) [Коваленко, 1977] подібні породи трактувалися як грейзени або, рідше, як грейзенізовані граніти.

На відміну від інших докембрійських платформ і щитів, на території України лужні граніти та їхні гіпабісальні й ефузивні аналоги поширені досить обмежено. На даний час можна виділити егіринові і рибекітові лужні різновиди серед пержанських гранітів, а також дайкові аналоги пантелеритів і комендитів – грорудитів – в Приазов'ї. Більш широко на території УЩ розповсюджені суттєво лужнопольовошпатові, а також альбіт-мікроклінові граніти, які є перехідними (з коефіцієнтом агпаїтності близько одиниці) між лужними і плюмазитовими рідкіснометалевими гранітами. Такими слугують біотитові граніти Суцано-Пержанської зони (львівківські, сирницькі, хочинські), лезниківські і деякі інші граніти Коростенського плутону, руськополянські граніти Корсунь-Новомиргородського плутону і граніти кам'яномогильського комплексу Приазов'я. Так звані ультракалієві ріоліти Причорноморської западини, хоча і названі лужними, виходячи з петрохімічних особливостей (низький коефіцієнт агпаїтності), не слід відносити до лужного ряду порід.

Геологічне положення, петрографічні та мінералогічні особливості кислих порід лужного ряду

Пержанські граніти. Лужні граніти (з егірином та лужним амфіболом) давно відомі як різновиди серед переважно біотитових, пержанських гранітів, найчастіше вони називалися апогранітами [Безпалько, 1970; Галецкий, 1970]. В часи розквіту теорії метасоматозу пержанські граніти, і навіть зв'язані з ними граніт-порфіри, були названі апогранітами, а Ю.І. Половинкіна [Половинкина, 1957] вважала ці граніти метасоматичними. Згадаємо, що один з перших дослідників пержанських гранітів М.І. Безбородько (1929 р.) розглядав ці породи як динамограніти коростенського комплексу. На сучасному етапі більшість дослідників вважають пержанські граніти інтрузивними породами, генетично зв'язаними із Коростенським плутоном [Петрологія..., 2013]. Належність до цього комплексу або спорідненість з ним обговорювалася в літературі, а отримані в останній час датування – (1760±5) млн років [Геохронологія..., 2008] за циртолітом, підтверджують справедливості такого припущення.

Масив пержанських гранітів приурочений до Суцано-Пержанської зони північно-східного простягання, на опублікованих геологічних картах він має площу близько 200 км², проте за іншими даними – не більше 40 км² [Щербаков, 2005]. У полі пержанських гранітів розташовується Юрївський масив титаноносних габроїдів, а також Яструбецький масив сієнітів, які вважаються похідними Коростенського плутону [Митрохин, 2011].

Граніти цього масиву переважно лейкократові двопольовошпатові з біотитом за підпорядкованої ролі егіринових, егірин-лужноамфіболових та лужноамфіболових (за даними мікрозондового аналізу лужний амфібол належить до рибекіту). Проте кількісні співвідношення біотитових і лужних гранітів на даний час не з'ясовані. В глибокій (1,5 км) св. 21с лужні граніти з рибекітом, егірином та анітом складають нижню частину розрізу починаючи з глибини 1000 м. Егіринові та рибекітові граніти відмічалися в деяких відслоненнях та у відвалах розвідувальної гірничої виробки біля с. Рудня Пержанська.

Пержанські граніти ділянками грейзенізовані, що, очевидно, є однією з причин найменування їх апогранітами. Крім того,

первинні текстури та структури цих гранітів укладнені тектонічними процесами (стисненням їх, ймовірно, в напівпластичному стані), через що вони ділянками набули вигляду катаклазитів, мілонітів або бластомілонітоподібних порід (динамогранітів, за М.І. Безбородьком).

Проте, незважаючи на вказані вторинні перетворення цих порід, серед них згадуються і масивні різновиди. Всі різновиди пержанських гранітів зберігають свій практично однаковий хімічний і мінеральний склад, що характерно для власне гранітів.

Однак у Пержанському масиві відомі й інші біотитові породи. Вважається, що дрібнозернисті і порфіроподібні львівківські граніти являють собою крайову фацію Пержанського масиву. В той же час сирницькі граніти, судячи з опису попередніх досліджень [Гранитоиды..., 1993], дуже схожі на коростенські (олігоклаз-мікроклінові з гранофіровим інтерстиційним агрегатом). В них склад біотиту схожий на такий в коростенських гранітах [Бучинская, Нечаев, 1990]. До того ж в сирницьких гранітах зрідка трапляється амфібол, подібний за хімічним складом до такого із гранітів рапаківі Коростенського плутону, або навіть дещо більш глиноземистий і більш залізистий, тобто до складу гасдингситу. Менш визначеним є положення хочинських гранітів. Від типових пержанських гранітів хочинські відрізняються більш крупнозернистою і масивною текстурою або слабо вираженою директивністю.

Згідно з попереднім описом [Металиди, Нечаев, 1983], типовий пержанський граніт являє собою рожеву, рожево- або світлосіру неодноріднозернисту породу з директивною текстурою, в якій крупні (до перших сантиметрів) і лінійно орієнтовані виділення калішпат-пертиту цементуються дрібнозернистою «цукроподібною» масою, яка складається переважно з кварцу та домішок залізистого біотиту (аніту). До них в різній кількості в залежності від ступеня перетворення породи додається дрібнозернистий альбіт, мікроклін (гратчастий і без видимих пертитів), мусковіт (феримусковіт), карбонат, інколи рудні мінерали. Кількісний мінеральний склад пержанських гранітів (%): мікроклін-пертит – 40; кварц – 30-35; альбіт – 10-20; слюди – 1-5; егірин + рибекіт (в лужних різновидах) – 1-5. Останні за кількістю

фемічних мінералів відносяться до лужних лейкогранітів. Акцесорні мінерали: циртоліт, флюорит, молібденіт, пірохлор, колумбіт, торит, гентгельвін, бастнезит, монацит, відмічалися апатит, анатаз, рутил.

Серед пержанських гранітів (особливо їхніх лужних різновидів) характерним є високозалізистий (до 97-100%) і низькоглиноземистий (до 5% Al_2O_3) з підвищеним вмістом титану (до 3,4% TiO_2) і фтору (2,8-5,2%) [Бучинская, Нечаев, 1990; Щербаков, 2005], що є характерним для пересичених лугами та інтенсивно диференційованих лужних порід. Подібні біотити спостерігаються, наприклад, в рибекіт-егіринових різновидах сієнітів Яструбецького масиву. Біотити типових пержанських гранітів за своєю низькою глиноземистістю відрізняються від біотитів всіх відомих інших проявів рідкіснометалевих гранітів північно-західної (лезниківські, мікроклін-альбітові Коростенського плутону), центральної (руськополянські) і приазовської (катеринівські і кам'яногогильські) частин УЩ.

В літературі з пержанських гранітів часто згадується арфведсоніт, хоча мікрозондовий аналіз амфіболу свідчить про його рибекітовий склад (%): SiO_2 – 51,24; TiO_2 – 0,20; Al_2O_3 – 0,86; $FeO_{заг}$ – 37,24; MnO – 0,05; Na_2O – 7,27; K_2O – 0,29; Cr_2O_3 – 0,03; сума – 97,09.

Серед пержанських гранітів у підпорядкованій кількості наявні більш дрібно- та середньозернисті різновиди, в тому числі із егірином, в яких не проявляється порфіроподібна структура і нечітко виражена директивність.

Кислі гіпабісальні породи лужного ряду. Грорудити (дайкові та ефузивні аналоги лужних гранітів) були виявлені в Східному Приазов'ї на початку минулого століття та описані в багатьох публікаціях під назвами мікрогранітових порфірів, кварцових тингуаїтів та грорудитів.

Вік грорудитів, визначений K-Ar методом за лужним амфіболом, становить 400 млн років, що практично збігається з найбільшими цифрами (380-410 млн років) таких датувань основних, ультраосновних і лужних порід Покрово-Кириївського масиву [Бутурлинов, 1979]. В корінному заляганні грорудити у вигляді дайок (на півдні і південному заході від Покрово-Кириївського масиву) відомі тільки серед докембрійських гранітів та

гнейсів, однак Н.В. Бутурлінов [Бутурлінов, 1979] згадував про наявність ксенолітів грорудитів в андезитах біля с. Роздольне.

В Східному Приазов'ї існує два дискретних за мінеральним і хімічним складом, текстурно-структурними та геохімічними особливостями дайкових різновиди грорудитів: піроксенові (або високотитанисті), що виявлені біля с. Василівка і р. Грузький Єланчик з північно-західним простяганням; амфіболові (або низькотитанисті), які відслонюються в балках Кам'янка, Талова та на правому березі р. Грузький Єланчик з субширотним простяганням.

Для першого типу грорудитів характерними є дрібнозерниста зливна текстура, з рідкісними вкрапленнями лужного польового шпату, кварцу та егірину, що займають 15-25%. В шліфах добре проявлена порфірова структура, яка обумовлена вкрапленнями згаданих мінералів. Такий же мінеральний склад і основної маси.

Амфіболові грорудити мають подібні до згаданих вище піроксенових текстурно-структурні особливості, але більш розкристалізовані. Для закалочних та ендоконтактових фацій характерною є ламінарно-флюїдальна структура. Вкраплення в таких грорудитах представлені лише кварцом і лужним польовим шпатом за відсутністю фенокристалів егірину, кількість лужного амфіболу та егірину в основній масі не перевищує 8-10%.

Амфіболи грорудитів Приазов'я належать переважно до рибекіт-арфведсонітового ряду. В більш розкристалізованих амфіболових грорудитах амфіболи мають проміжний між рибекітом і арфведсонітом склад, а в ендоконтактових фаціях вони представлені майже чистим рибекітом.

Петрохімічні особливості

Через специфічний мінеральний склад грорудити Приазов'я досить контрастно виділяються за своїми петрохімічними особливостями на фоні як лужних, так й інших типів пержанських і рідкіснометалевих гранітів УЩ. Всі різновиди пержанських гранітоїдів, у тому числі і лужні, мають вищий, ніж у грорудитах, вміст SiO_2 (частіше 74-76, інколи 79%) та алюмінію, низький – заліза (частіше менше 2,5% ($\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$)) та кальцію. Особливо контрастним є розподіл титану у різноморфних типах лужних гранітів. Так, грорудити

характеризуються високим вмістом TiO_2 , що досить контрастно відрізняється в піроксенових і амфіболових різновидах; це послугувало причиною для виділення високо- і низькотитанистих різновидів [Кривдік, Ткачук, 1996]. В піроксенових грорудитах вміст TiO_2 в середньому становить 1,27% (в межах 0,91-1,43%), а в амфіболових – 0,34% (0,30-0,37%). Порівняно з останніми, в лужних і біотитових різновидах пержанських гранітів (як і в руськополянських і кам'яномогильських рідкіснометалевих гранітах) спостерігається ще менший його вміст (0,19 та 0,13%, відповідно).

У піроксенових грорудитах Fe_2O_3 різко переважає над FeO ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO} = 4,6$), а у амфіболових – FeO частіше незначно перевищує Fe_2O_3 ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO} = 0,9$). Хімічний склад останніх впливає і на значно вищий коефіцієнт агаїтності егіринових грорудитів (в середньому 1,36), порівняно з амфіболовими (1,13). В той же час навіть в лужних різновидах пержанських гранітів коефіцієнт агаїтності рідко перевищує одиницю.

Як і в більшості (окрім львівківських) пержанських гранітів, егірин-рибекітові різновиди характеризуються високою залізистістю (0,87), хоча і за досить широких його варіацій (0,7-0,96). Ще вищу залізистість (0,9-1,0) мають грорудити, в яких цей коефіцієнт майже не змінюється як в піроксенових, так і амфіболових різновидах (0,94 та 0,96, відповідно).

Отже, за хімічним і мінеральним складом пержанські граніти слід відносити до лейкогранітів. В той же час два виділені типи грорудитів аналогічні за хімізмом до пантелеритів (високотитанисті піроксенові) або комендитів (низькотитанисті амфіболові).

Геохімічні особливості

Як і для більшості лужних порід, найбільш індикативними для лужних гранітів УЩ є високозарядні (HFS) і рідкісноземельні (REE) елементи. Концентрація сидерофільних та халькофільних елементів є менш інформативною і контролюється переважно вмістом у гранітах фемічних і рудних мінералів.

Через значний вміст фемічних мінералів у грорудитах спостерігається незначне підвищення концентрації V, Cr і Ni, що можна розглядати як один з геохімічних критеріїв їх генетичного зв'язку з сублужними або луж-

ними базальтовими магмами. В лужних пер-жанських гранітах (окрім Cr, концентрація якого є найнижчою) вміст цих та халькофільних (Cu, Zn, Pb) елементів знаходиться на

рівні середніх, окрім підвищеної концентрації Mo, значень для гранітів Суццано-Пержанської зони і рідкіснометалевих плюмазитових гранітів УЩ (табл. 1).

Таблиця 1. Хімічний склад і концентрація елементів-домішок в лужних і рідкіснометалевих гранітах УЩ

Table 1. Composition and concentration of some rare elements in the alkaline and rare-metal granites of the USH

№ з/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SiO ₂	75,11	73,58	71,4	75,8	75,62	73,23	75,13	72,42	74,14	72,21	–	73,33	73,53	71,17
TiO ₂	0,19	0,18	1,04	0,35	0,13	0,27	0,11	0,37	0,25	0,20	–	0,12	0,09	0,19
Al ₂ O ₃	12,55	12,68	9,2	10,6	12,26	13,98	12,64	13,53	12,61	13,68	–	13,37	12,89	13,42
Fe ₂ O ₃	0,77	0,38	5,86	1,7	0,87	0,93	0,98	1,05	0,59	0,82	–	0,82	1,16	1,52
FeO	1,69	2,45	2,02	2,66	1,42	0,87	1,46	1,79	1,85	1,93	–	1,57	1,61	1,53
MnO	0,02	0,02	0,23	0,06	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	–	0,03	0,02	0,04
MgO	0,20	0,08	0,26	0,04	0,19	0,46	0,12	0,33	0,30	0,48	–	0,31	0,41	0,35
CaO	0,59	0,83	0,45	0,2	0,63	0,52	0,27	1,02	0,64	1,30	–	0,96	0,91	1,17
Na ₂ O	3,65	3,76	4,32	3,84	3,29	3,55	3,61	2,91	3,44	3,84	–	3,55	3,23	2,43
K ₂ O	4,70	5,08	4,48	4,32	4,64	5,53	4,53	5,36	5,06	4,40	–	4,72	4,75	5,43
P ₂ O ₅	0,04	0,05	0,08	0,05	0,06	0,09	0,05	0,18	0,10	0,15	–	0,07	0,05	0,03
H ₂ O	0,14	0,11	0,15	–	0,09	0,09	0,14	0,23	0,08	0,09	–	0,05	0,20	–
F	–	–	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	0,18	0,09	1,31
CO ₂	–	–	0,1	0,17	–	–	–	–	–	–	–	0,26	–	–
В.п.п./LOI	0,51	0,66	–	0,43	0,43	0,42	0,37	0,63	0,38	0,76	–	1,05	0,87	0,10
S _{air}	–	–	–	0,02	–	–	–	–	–	0,13	–	0,01	0,20	0,65
Сума / Total	99,71	99,86	99,83	100,4	99,59	99,79	99,37	99,85	99,37	99,60	–	99,83	99,87	–
Fe/(Fe+Mg)	0,87	0,95	0,94	0,98	0,87	0,65	0,93	0,82	0,83	0,75	–	0,81	0,80	–
Na+K/Al	0,89	0,92	1,30	1,04	0,85	0,85	0,86	0,78	0,88	0,81	–	0,82	0,81	–
Ba	21,25	45	60	24	23,8	–	72,5	335,8	93,8	599,7	60	125,1	77,50	716
Sr	30,42	36,9	24,50	7,80	28,1	108,3	25,0	62,1	85,6	149,6	46	23,86	25,00	123
Rb	545,4	623,8	199,3	178,3	815,5	268,3	950,0	–	974,3	165,7	606	471,2	492,6	383
Nb	143,9	122,5	240,3	88,00	298,5	11,3	85,0	46,7	138,2	59	60*	54,44	27,14	271
Ta	–	8,3	15,00	5,70	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Zr	630	818,4	1446	946,9	591,5	375,0	645,0	873,3	293,5	351,7	–	189,1	62,14	378
Hf	–	25,5	38,1	24,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Th	–	47,7	31,00	17,50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
U	–	16,4	4,60	4,90	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Y	–	149,4	74,40	70,40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Mo	–	–	0,80	1,50	–	–	–	–	–	–	2,96	–	–	4,4
W	–	3,8	1,20	0,90	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Be	–	18	4	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Cr	0,71	–	–	–	27,0	19,6	–	10,6	–	7,8	6,6	–	–	3,4
Ni	2,43	–	6,80	8,10	3,8	4,6	–	1,5	–	5,0	5	–	–	–
V	5	<8	11	<8	10,2	13,4	–	5,9	–	4,0	3,2	–	–	–
Co	0,43	0,2	1,50	0,40	0,5	1,0	–	1,3	–	3,0	2,36	–	–	–

Cs	–	11,1	0,3	0,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ga	–	35,8	39,3	31,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Cu	15,22	–	12,10	21,60	20,9	8,0	–	31,3	–	10,6	7	–	–	5
Pb	40,4	–	19,50	8,20	85,2	16,3	–	38,8	82,9	34,8	85	–	–	63
Zn	132	–	41	61	162,4	28,8	–	105,0	–	40,8	44	–	–	105
As	–	–	0,70	0,60	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Sn	23	23	12	8	65,6	1,3	–	9,6	123,0	4,8	20	–	–	10
REE	–	741	738	161	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1022
La/Yb	–	7,20	11,50	1,70	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,25

* За даними [Редкие..., 1986] вміст Nb дещо вищий (70-410 ppm).

Примітка. В ан. 3 і 4 в суму входить 0,19 та 0,13% ZrO₂, відповідно.

1 – середній хімічний склад і концентрація елементів-домішок в егірин-рибекітових пержанських гранітах, за [Гранитоиды..., 1993]; 2 – рибекітовий пержанський граніт; 3, 4 – високо- і низькотитаністі грорудити; 5–9 – середній хімічний склад і концентрація елементів-домішок у біотитових пержанських, львівківських, хочинських, сирницьких гранітах і граніт-порфірах, відповідно [Гранитоиды..., 1993]; 10 – граніти Південнокальчицького масиву; 11 – середня концентрація елементів-домішок у кам'яногільських гранітах [Федотова, 2001]; 12, 13 – середній хімічний склад і концентрація елементів-домішок у кам'яногільських і катеринівських гранітах [Гранитоиды..., 1993]; 14 – русько-полянські граніти [Федотова, 2001].

* Ву [Редкие..., 1986] Nb content is more higher (70-410 ppm).

Note. In 3 and 4 analyses the Total is indicated with 0,19% and 0,13% ZrO₂, correspondingly.

1 – average composition and concentration of rare elements in the aegirine-ribekite Perga's granites by [Гранитоиды ..., 1993]; 2 – ribekite Perga's granite; 3, 4 – high- and low-Ti grorudites; 5–9 – average composition and concentration of rare elements in the biotite, lvivkivsky, hochinsky, sirnitsky granites and granite-porphyrines, correspondingly by [Гранитоиды ..., 1993]; 10 – granites of Pyvdennokalchiksky massif; 11 – average concentration of rare elements in the Kamyana Mogyla granites by [Федотова, 2001]; 12, 13 – average composition and concentration of rare elements in the average composition and concentration of rare elements in the Kamyana Mogyla and Katerinivka granites by [Гранитоиды..., 1993]; 14 – Ruska Polyana granites [Федотова, 2001].

Для грорудитів, як і для гранітів південнокальчицького комплексу, характерна понижена концентрація Li і Rb, що досить добре їх вирізняє на тлі гранітів кам'яногільського та пержанського комплексів. У лужних польових шпатах із пержанських гранітів і споріднених їм порід в Суцано-Пержанській зоні простежується тенденція до збагачення рубідієм (і збідненістю Sr і Ba) на більш пізніх етапах утворення гранітів.

Як відомо, характерною особливістю пержанських гранітів є збагаченість Sn та Be. За підвищеним вмістом Be пержанські граніти чітко виокремлюються як серед рідкіснометалевих плюмазитових гранітів УЩ (табл. 1), так і грорудитів, що мають низьку концентрацію цих елементів. Підвищений вміст Be (7-19 ppm) зафіксовано також у біотитових руськополянських гранітах, в яких виявлено Be-Y-мінерал – гадолініт [Бондаренко та ін.,

2013]. Однак слід відмітити, що висока концентрація Sn і Be спостерігається не у всіх різновидах пержанських гранітів цього району. За даними [Гранитоиды..., 1993], в лужних і біотитових різновидах виявлено підвищені концентрації Sn (до 40 і до 200 ppm, відповідно) та Be (2-20 ppm), а найвищі значення фіксуються у граніт-порфірах (в середньому 123 ppm Sn та 56 Be). Вважається, що з граніт-порфірами зв'язані вторинні кварцити або грейзени з високим вмістом каситериту і акцесорних вольфрамітів [Металиди, Нечаев, 1983; Минерализация..., 1986]. Підвищені концентрації цих елементів фіксуються і в яструбецьких сієнітах (11-33 Be та 4-45 Sn, ppm).

Головним концентратором Be в пержанських гранітах і яструбецьких сієнітах є гентгельвін. Базуючись на наших і літературних даних, є підстави вважати, що гентгельвін

кристалізувався в лужних і підвищеної лужності породах, якими є пержанські граніти (особливо їх рибекітові і егіринові різновиди), пертозити і сієніти Яструбецького масиву, тоді як фенакіт і берил більш характерні для сублужних і нормальної лужності порід (пегматити, сублужні граніти, граніт-порфіри, біотитові лужнопольовошпатові граніти).

Як це характерно для більшості лужних гранітів і їх вулканічних аналогів, лужні граніти УЩ проявляють збагаченість на HFS і REE і деплетовані на Sr, Ba, Ti і Eu (табл. 1). За найбільш низьким вмістом останніх пержанські граніти відрізняються від інших типів рідкіснометалевих гранітів, у тому числі приазовських, хоча за вмістом REE та Y вони подібні до останніх. Серед лужних гранітів грорудити, особливо їх високотитаністи різновиди, виявилися найбільш збагаченими на Zr та Nb (рис. 1). Високотитаністи піроксенові грорудити завжди містять більше Zr (в середньому 1533 ppm) та Nb (486 ppm), ніж низькотитаністи амфіболові (923 та 121 ppm, відповідно) [Кривдик, Ткачук, 1996]. Концентрація Nb в грорудитах позитивно корелює із загальним вмістом FeO+Fe₂O₃, хоча і не так виразно, як для Zr. Вважається, що значна частина Zr входить до складу егі-

рину (в якому фіксується до 0,87% ZrO₂), хоча не виключається наявність й інших мінеральних фаз Zr. На даний час не відома і мінеральна форма Nb та Ta.

Висока концентрація Zr та Nb характерна і для пержанських гранітів, проте в останніх їх значення досить варіабельні (особливо Nb) (рис. 1). За концентрацією Zr та Nb егірин-рибекітові пержанські граніти більш подібні до амфіболових грорудитів. Підвищена концентрація Nb спостерігається в біотитових (в середньому 298 ppm), егірин-рибекітових (144 ppm) різновидах пержанських гранітів, а також у граніт-порфірах (138 ppm) [Гранитоиды..., 1993], тоді як у львівківських, сирницьких і хочинських гранітах вміст цього елемента значно знижується (середні значення 11,3, 47 та 85 ppm, відповідно) і знаходиться на рівні (за винятком руськополянських) плюмазитових рідкіснометалевих гранітів УЩ. Головними концентраторами Nb в пержанських гранітах є колумбіт і мінерали групи пірохлору, поява яких в лужних різновидах гранітів є закономірною і пов'язана, безумовно, з високою лужністю гранітного розплаву на завершальних етапах розвитку пержанського комплексу.

За опублікованими [Гранитоиды..., 1993] та нашими даними, хондрит-нормовані

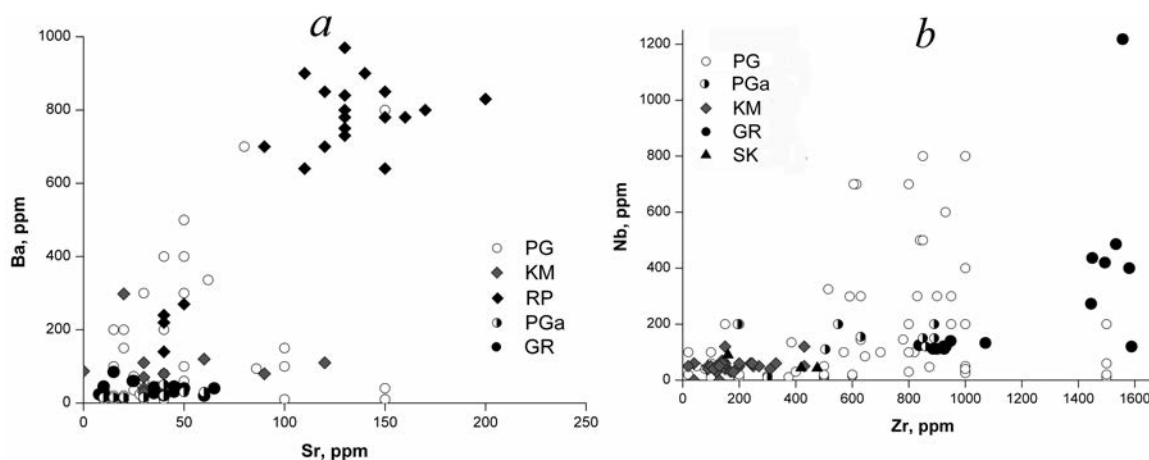


Рис. 1. Залежність розподілу вмісту Sr та Ba (a), Zr та Nb (b) в лужних і рідкіснометальних гранітах УЩ

PG – пержанські граніти (крім лужних); KM – кам'яномогильські; GR – грорудити; RP – руськополянські; PGa – лужні різновиди пержанських гранітів; SK – південнокальчицькі граніти [Гранитоиды..., 1993]

Fig. 1. Correlation of Sr and Ba (a), Zr and Nb (b) contents in the alkaline and rare-metals granites of the USh

PG – Perga's granites (except of alkaline); KM – Kamyana Mogyla; GR – grorudites; RP – Ruskopolansky; PGa – alkaline varieties of Perga's granites; SK – granites of Pyvdennokalchyk [Гранитоиды..., 1993]

спектри REE пержанських гранітів мають V-подібні форми (рис. 2, *a*) внаслідок глибоких негативних Eu-аномалій та значного збагачення HREE ($(La/Yb)_n = 2-20$) (табл. 2). Подібні спектри REE характерні і для сієнітів Яструбецького масиву ($Eu/Eu^* = 0,05-0,11$, $(La/Yb)_n = 0,3-8$). Такі особливості розподілу REE в пержанських гранітах і яструбецьких сієнітах, разом з низьким вмістом Sr, пояснюються інтенсивним польовошпатовим фракціонуванням у процесі їх формування. Враховуючи опубліковані дані про концентрації REE в гранітах анортозит-рапаківігранітних плутонів, можна зробити висновок про загалом нижчу концентрацію в них REE і не такі глибокі негативні Eu-аномалії ($Eu/Eu^* = 0,05-0,41$ та $0,05-0,60$ в

Коростенському і Корсунь-Новомиргородському плутонах, відповідно), за дещо вищого вмісту Sr та, особливо, Ba [Митрохин, 2011].

Порівняно з розглянутими вище пержанськими гранітами виділені два типи грорудитів, як це видно для хондрит-нормованих спектрів REE (рис. 2, *b*), характеризуються досить контрастними геохімічними характеристиками. Меланократові грорудити мають підвищену, як і в пержанських гранітах, концентрацію REE і більш збагачені на LREE відносно лейкократових ($(La/Yb)_n$ 11 та 2, відповідно) (табл. 2; рис. 2, *b*). Проте вміст HREE в меланократовому і лейкократовому грорудитах, як і Y (74 і 70 ppm, відповідно), є близьким.

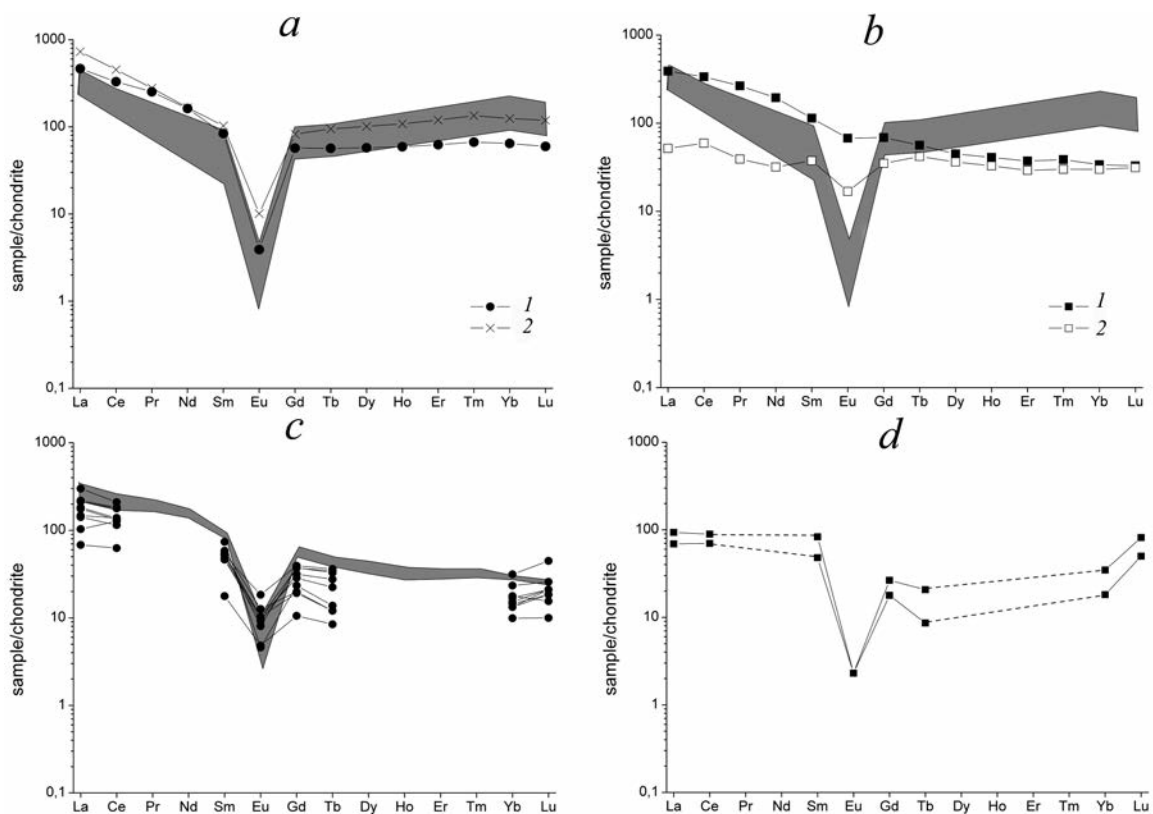


Рис. 2. Хондрит-нормовані спектри REE

a) пержанські граніти (сіре поле), за [Гранитоиды..., 1993]: 1 і 2 – наші дані по рибекітовому граніту та яструбецькому сієніту, відповідно [Дубина, Кривдік, 2013]; *b*) 1, 2 – високо- і низькотитанисті грорудити Приазов'я, відповідно (сіре поле – пержанські граніти); *c*) граніти Коростенського плутону, за даними [Гранитоиды..., 1993], сіре поле – за даними [Митрохин, 2011]; *d*) кам'яномогильські граніти [Гранитоиды..., 1993]

Fig. 2. Chondrite-normalized REE patterns

a) Perga's granites (grey area) by [Гранитоиды..., 1993]: 1 and 2 – own data from ribekite granite and syenite of Yastrubetsky massif, correspondingly [Дубина, Кривдік, 2013]; *b*) 1, 2 – high-Ti and low-Ti grorudites of Azov area, correspondingly (grey area – Perga granites); *c*) granites of Korosten pluton by [Гранитоиды..., 1993], grey area by [Митрохин, 2011]; *d*) granites of Камуана Mogyla complex [Гранитоиды..., 1993]

Таблиця 2. Концентрація рідкісноземельних елементів у лужних гранітах УЩ**Table 2.** Concentration of rare-earth elements in the alkaline granites of the USh

№ з/п	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	REE	Eu*	(La/Yb) _n
1	170,9	315,8	34,68	115,7	19,4	0,34	17,5	3,3	21,97	5,04	15,56	2,41	16	2,27	740,9	0,06	7,2
2	143,20	322,5	36,41	138,4	26,28	5,89	21,06	3,26	17,12	3,48	9,27	1,39	8,39	1,25	737,9	0,76	11,5
3	19,00	56,80	5,37	22,60	8,67	1,46	10,69	2,43	13,85	2,79	7,26	1,08	7,42	1,19	160,6	0,46	1,7

Примітка: 1 – пержанський рибекітовий граніт, зр. 21С-1471; 2, 3 – високо- і низькотитанисті грорудити, зр. 88-2/1 і 89-9/2, відповідно; (La/Yb)_n – значення, нормовані до хондриту.

Note: 1 – Perga ribekite granite, sm. 21C-1471; 2, 3 – high- and low-Ti grorudites, sm. 88-2/1 and 89-9/2, correspondingly; (La/Yb)_n – normalized to chondrite.

Власних мінералів-концентраторів рідкісних металів у грорудитах не виявлено, лише зрідка трапляється циркон. Можна лише відмітити, що в цих породах дуже низький вміст фосфору (табл. 1), тобто малоймовірно, що апатит є головним мінералом-концентратором REE.

Порівняно з іншими типами пержанських гранітів та рідкіснометалевими гранітами кам'яномогильського і руськополянського комплексів, для яких характерні значні варіації у концентраціях Sr та Ba, егірин-рибекітові різновиди, як і грорудити, характеризуються незначним їх вмістом (рис. 1). Низька їх концентрація у лужних гранітах, як і негативні Eu-аномалії, є важливими індикаторами кристалізаційного фракціонування в магматичних системах з польовошпатовим фракціонуванням, де грорудити і лужні пержанські граніти є залишковими диференціатами. Підвищена (щодо егірин-рибекітових і біотитових пержанських гранітів) концентрація Sr та Ba у львівківських і сирницьких гранітах і граніт-порфірах може бути наслідком нижчого ступеня їх диференційованості.

Як це властиво більшості лужних порід, в лужних гранітах УЩ Th переважає над U. При цьому Th більше в меланократовому грорудиті за майже однакового невисокого вмісту U. Пержанський рибекітовий граніт виявився більш збагаченим на ці радіоактивні елементи (особливо на U) як щодо грорудитів, так і гранітів Коростенського плутону [Митрохин, 2011]. Ще вищі концентрації цих елементів (U 7,9-56,6 та Th 31-90 ppm), за нашими даними, фіксуються у сієнітах Яструбецького масиву. При цьому найнижчі їх значення (близькі до таких у мела-

нократових грорудитах), за підвищеного Ba та Sr, спостерігаються в ендоконтактових сієнітах. Очевидно, таке збагачення пержанських гранітів на U та Th і висока лужність цих порід зумовили кристалізацію таких акцесорних мінералів, як пірохлор з підвищеним вмістом U (7-18% UO₂).

Обговорення результатів та висновки

На території УЩ пересичені кремнеземом лужні породи спостерігаються як: 1) плутонічні лейкократові граніти пержанського комплексу у часовому, просторовому і генетичному зв'язках із гранітами Коростенського плутону, що виникли в результаті протезойської тектоно-магматичної активізації; 2) гіпабісальні аналоги пантелеритів і комендитів (грорудити), вік утворення яких збігається за часом із палеозойським рифтогенезом ДДЗ; вони генетично пов'язані з диференціацією первинних базальтових магм.

Порівняно з рідкіснометалевими гранітами лужні граніти УЩ (особливо високотитанисті грорудити) є найбільш збагаченими на REE, Zr та Nb. Незважаючи на різну формаційну належність лужних гранітів, відношення Nb/Ta в них залишається майже однаковим.

За особливостями мінерального парагенезису темноколірних мінералів і рівнем концентрацій в гранітах Be, Nb, Ta, REE, Y та Sn пержанські граніти найближче до агпаїтових рідкіснометалевих гранітів, за класифікацією Л.В. Таусона [Таусон, 1977], а за класифікацією [Macdonald, 1974], вони потрапляють у поле комендитів, тоді як грорудити аналогічні пантелеритам (високотитанисті піроксенові) або комендитам (низькотитанисті амфіболіві).

Геохімічні особливості пержанських гранітів і високозалізістий склад фемічних мінералів свідчать, на нашу думку, про їх виникнення в результаті диференціації гранітоїдної магми Коростенського плутону.

Палеозойські грорудити Приазов'я, у порівнянні з лужними пержанськими гранітами, мають підвищений вміст Ti, Fe, V, Cr та Ni, вищий коефіцієнт залізистості та агпаїтності, що може вказувати на їх тісний генетичний зв'язок з сублужними і лужними базальтовими розплавами, що вкорінювалися по розломах під час закладання ДДЗ. Відмітимо, що високі концентрації Ti, Nb, Ta, REE в приазовських грорудитах узгоджуються за геохімічними особливос-

тями з наявними в цьому районі сублужними базальтами та габроїдами Покрово-Київського масиву. Такі геохімічні риси характерні для континентальних рифтогенних обстановок. У той же час комендити і пантелерити складчастих областей з негативними аномаліями Nb і Ta на спайдерграмах успадковують геохімічні особливості низькотитанистих базальтів, як це характерно для Південної Монголії [Козловский и др., 2007].

Виявлення у Східному Приазов'ї навіть невеликих масивів лужних гранітів, що відповідають складу титанистих грорудитів, може привести до відкриття рудопроявів або родовищ рідкісних металів (Nb, Ta, Y, REE).

Список літератури / References

1. Безпалько Н.А. Петрологія і акцесорні мінерали гранітів та метасоматитів Північної Волині. Київ: Наук. думка, 1970. 162 с.

Bezpal'ko N.A., 1970. Petrology and accessory minerals of granites and metasomatites of North Volyn. Kyiv: Naukova Dumka, 162 p. (in Ukrainian).

2. Бондаренко С.М., Заяць О.В., Грінченко О.В., Флоре Б.А., Мікуш Т. Рудно-мінералогічні особливості русько-полянських гранітів: *Матеріали наук.-практ. конф. «Гранітоїди: умови формування та рудоносність»*, Київ, 27 травня – 1 червня 2013 р. Київ, 2013. С. 24-25.

Bondarenko S.M., Zayats A.V., Grinchenko O.V., Flore B.A., Mikush T., 2013. Ore-mineralogical features of the Rusko-Polyansky granites. *Proceeding of Conf. «Granitoids: conditions of formation and ore-bearing»*, Kyiv, May 27 - June 1, 2013, p. 24-25 (in Ukrainian).

3. Бутурлинов Н.В. Магматизм грабенообразных прогибов юга Восточно-Европейской платформы в фанерозое: автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. Киев, 1979. 52 с.

Buturlynov N.V., 1979. Magmatism of graben like depressions of south part of East-European platform in Phanerozoic: Dr. geol. sci. diss. Kiev, 52 p. (in Russian).

4. Бучинская К.М., Нечаев С.В. К проблеме пержанских гранитов. *Геол. журн.* 1990. № 3 (252). С. 22-32.

Buchynskaya K.M., Nechaev S.V., 1990. To problem of Perga granites. *Geologichnyy zhurnal*, № 3 (252), p. 22-32 (in Russian).

5. Галецкий Л.С. Новый тип апогранитов. *Геол. журн.* 1970. Т. 30, № 6 (135). С. 61-71.

Galetsky L.S., 1970. A new type apogranites. *Geologichnyy zhurnal*, vol. 24, № 6 (135), p. 61-71 (in Russian).

6. *Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой / Н.П. Щербак, Г.В. Артеменко, И.М. Лесная, А.Н. Пономаренко, Л.В. Шумлянский.* Киев: Наук. думка, 2008. 240 с.

Geochronology of early Precambrian of the Ukrainian shield. Proterozoic, 2008 / N.P. Shcherbak, G.V. Artemenko, I.M. Lesnaya, A.N. Ponomarenko, L.V. Shumlyanskiy. Kiev: Naukova Dumka, 240 p. (in Russian).

7. *Гранитоиды Украинского щита. Петрохимия, геохимия, рудоносность / Есипчук К.Е., Орса В.И., Щербак И.Б. и др.; отв. ред. Щербак Н.П.* Киев: Наук. думка, 1993. 232 с.

Granites of the Ukrainian Shield. Petrochemistry, geochemistry, ore-bearing, 1993 / Esypchuk K.E., Orsa V.I., Shcherbakov I.B. et al.; respons. ed. Shcherbak N.P. Kiev: Naukova Dumka, 232 p. (in Russian).

8. Дубина О.В., Кривдик С.Г. Геохимия грорудитів Східного Приазов'я. *Вісник КНУ ім. Тараса Шевченка.* 2013. № 1. С. 8-11.

Dubyna O.V., Kryvdik S.G., 2013. Geochemistry of grorudites from Eastern Azov area. *Visnyk KNU imeni Tarasa Shevchenka*, № 1, p. 8-11 (in Ukrainian).

9. Коваленко В.И. Петрология и геохимия редкометальных гранитоидов. Новосибирск: Наука, 1977. 198 с.

Kovalenko V.I., 1977. Petrology and geochemistry rare metals granitoids. Novosibirsk: Nauka, 198 p. (in Russian).

10. Козловский А.М., Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Саватенков В.М., Веливецкая Т.А. Трахиты, комендиты и пантелериты позднепа-

леозойской рифтогенной бимодальной ассоциации хребтов Ноён и Тост Южной Монголии: особенности дифференциации и контаминации щелочно-салических расплавов. *Петрология*. 2007. Т. 3, № 15. С. 257-282.

Kozlovsky A.M., Yarmolyuk V.V., Kovalenko V.I., Savatenkov V.M., Velivetskaya T.A., 2007. Trachytes, komendytes and pantellerites from early Paleozoic of riftgenic bimodal association of Noён and Toast Southern ridges of South Mongolia: Features differentiation and contamination of alkali-salicy melts. *Petrologiya*, vol. 3, № 15, p. 257-282 (in Russian).

11. *Кривдик С.Г., Ткачук В.І.* Грорудити Східного Приазов'я. *Мінерал. журн.* 1996. Т. 18, № 3. С. 67-83.

Kryvdik S.G., Tkachuk V.I., 1996. Grorudites of Eastern Azov area. *Mineralogicheskij zhurnal*, vol. 18, № 3, p. 67-83 (in Ukrainian).

12. *Металіди С.В., Нечаєв С.В.* Суццано-Пержанская зона (геологія, мінералогія, рудоносність). Київ: Наук. думка, 1983. 135 с.

Metalidi S.V., Nechaev S.V., 1983. Suschano-Perzhanska area (geology, mineralogy, ore mineral ability). Kiev: Naukova Dumka, 135 p. (in Russian).

13. *Мінералізація олова, вольфрама і молібдена в Українському щиті / С.В. Нечаєв, С.Г. Кривдик, В.А. Семка, К.М. Бучинська, С.М. Рябоконт.* Київ: Наук. думка, 1986. 212 с.

Mineralization of tin, tungsten and molybdenum in Ukrainian shield, 1986 / *S.V. Nechaev, S.G. Kryvdik, V.A. Semka, K.M. Buchinskaya, S.M. Rybokont.* Kiev: Naukova Dumka, 212 p. (in Russian).

14. *Мітрохін О.В.* Анортозит-рапаківігранітна формація Українського щита (геологія, речовинний склад та умови формування): автореф. дис. ... д-ра геол. наук. Київ, 2011. 35 с.

Mitrokhin O.V., 2011. Anorthosite-rapakivi granite complex of the Ukrainian Shield (geology, composition and conditions of formation): Dr. geol. sci. dis. Kyiv, 35 p. (in Ukrainian).

15. *Половинкіна Ю.І.* О так называемом пержанском граните Украины. В кн.: *Материалы ВСЕГЕИ. Н.С., Петрография.* Москва: Гостехиздат, 1957. Вып. 21. С. 56-65.

Polovinkina U.I., 1957. About so-called Perga granites of Ukraine. In: *Materials VSEHEY, New Series, Petrography.* Moscow: Gostekhizdat, vol. 21, p. 56-65 (in Russian).

16. *Петрологія, геофізика і рудоносність рідкометальних гранітів Приазов'я (Україна-*

ский щит) / Шеремет Е.М. и др. Донецк: Нойлдж, 2013. 214 с.

Petrology, geophysics and ore-bearing of rare metal granites of Azov area (Ukrainian Shield), 2013 / *E.M. Sheremet et al.* Donetsk: Noulydzh, 214 p. (in Russian).

17. *Рідкі елементи Українського щита / Б.Ф. Мицкевич, Н.А. Безпалько, О.С. Егоров и др.* Київ: Наук. думка, 1986. 256 с.

Rare elements of the Ukrainian Shield, 1986 / *B.F. Mytskevych, N.A. Bezpalko, O.S. Egorov et al.* Kiev: Naukova Dumka, 256 p. (in Russian).

18. *Таусон Л.В.* Геохимические типы и потенциальная рудоносность гранитоидов. Москва: Наука, 1977. 280 с.

Tauson L.V., 1977. Geochemical types and ore-bearing perspective of granitoids. Moscow: Nauka, 280 p. (in Russian).

19. *Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М.* Континентальная кора (ее состав и эволюция). Москва: Мир, 1988. 380 с.

Taylor S.R., McLennan S.M., 1988. The continental crust: its composition and evolution. Moscow: Mir, 380 p.

20. *Федотова Л.А.* Особенности отличия редкометальных гранитов формации рапакиви от редкометальных агапитовых гранитов Украинского щита. *Науч. тр. Донец. нац. техн. ун-та. Сер. горно-геол.* / Донец. нац. техн. ун-т. 2001. Вып. 32. С. 124-128.

Fedotova L.A., 2001. Features of distinction rare-metal granites of rapakivi complexe for rare-metal agpaitic granitoids of the Ukrainian Shield. *Nauchnye trudy Donetskogo Natsionalnogo Technicheskogo Universiteta, Seriya gorno-geologicheskaya* / Donets. Nat. Sci. University, vol. 32, p. 124-128 (in Russian).

21. *Щербаків І.Б.* Петрологія Українського щита. Львів: ЗУСК, 2005. 364 с.

Shcherbakov I.B., 2005. Petrology of the Ukrainian shield. Lvov: ZUSK, 364 p. (in Russian).

22. *Macdonald R.* Nomenclature and petrochemistry of the per-alkaline oversaturated extrusive rocks. *Bull. Volcanol.* 1974. Vol. 38. P. 498-516.

Macdonald R., 1974. Nomenclature and petrochemistry of the per-alkaline oversaturated extrusive rocks. *Bull. Volcanol.*, vol. 38, p. 498-516 (in English).

Стаття надійшла
29.04.2014