

С. Г. Кривдік, Н. М. Коновал

**БИОТИТИ ГРАНИТІВ КИРОВОГРАДСЬКОГО І НОВОУКРАЇНСЬКОГО КОМПЛЕКСІВ
(ЦЕНТРАЛЬНА ЧАСТИНА УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА)**

Особенности химизма биотитов из гранитов кировоградского и новоукраинского комплексов (центральная часть Украинского щита) свидетельствуют о разных условиях их формирования. Биотиты новоукраинских гранитов характеризуются высоким содержанием TiO_2 (до 5,3–5,9%) и пониженной глиноземистостью, что характерно для гранулитовой фации ультраметаморфизма. Значительная часть биотитов из кировоградских гранитов отличается повышенным содержанием TiO_2 (до 3,5%), что объясняется высокими температурами их формирования (высокая амфиболитовая фация ультраметаморфизма). В таких гранитах плагиоклаз содержит антипертитовые вросстки калишпата. В биотитах обоих комплексов выявлено повышенное содержание Li_2O (0,2–0,4%), это может рассматриваться как возможная связь упомянутых кировоградских и новоукраинских гранитов и окружающих гнейсов с месторождением литиевых пегматитов центральной части Украинского щита (Полоховка, Надия, Станкуватое).

The features of biotite chemistry from Kirovograd and Novoukrainka granites (the central part of the Ukrainian shield) testify to chifferent conditions of their formation. Biotites from the Novoukrainka granites are characterized by high TiO_2 content (up to 5,3–5,9%) and low alumina that is typical for granulic facies of ultrametamorphism. Considerable proportion of biotites Kirovograd granites is distinguished by increased TiO_2 content (to 3,5%) that is explained with high temperature of their formation (high amphibolite facies of ultrametamorphism). In tuese granites plagioclase contains antipertithic ingrowthes feldspad. In biotites of botu granite complex increased Li_2O contens (0,2–0,4%) is revealed. It can congides as possible relation of Kirovograd and Novoukrainka granites as well as country gneisses to deposits of litium pegmatites in the central part of the Ukrainian shield (Polokhivka, Nadiya, Stankyvate).

Вступ

Біотит є найпоширенішим фемічним мінералом порід кислого і середнього складу і наявний практично у всіх типах гранітоїдів – від глиноземистих через нормальні лужності до лужних (з егірином і рибекітом). Варіабільність складу біотиту з широким ізоморфізмом типу $Al \rightarrow Si$, $Fe \rightarrow Mg$, $Fe^{3+} \rightarrow Al$, $Ba \rightarrow K$, а також значними варіаціями вмісту Ti залежить від хімізму середовища мінералоутворення, p , t -умов та фугітивності кисню в процесі кристалізації біотитвмісних порід. Біотит використовується як мінералогічний геотермометр та оксометр. Біотит часто як єдиний фемічний мінерал гранітоїдів може бути головним мінералом-концентратом таких елементів-домішок, як Li , Pb , Cs , Nb , Sc , Cr , Ni , Co тощо.

Інтерес до біотиту з порід центральної частини Українського щита (УЩ), де поширені гранітоїди кировоградського, новоукраїнського і корсунь-новомиргородського (коростенського) комплексів, зумовлена

перш за все тим, що, хоча ці породи вважаються досить добре вивченими, низка питань щодо взаємовідношень гранітів перших двох з названих комплексів, умов їх формування та металогенічної спеціалізації залишаються нез'ясованими. Виконані нами дослідження цих порід, зокрема біотитів, а також ревізія й узагальнення опублікованих даних дозволили дати відповідь на деякі з цих та інших питань формаційного аналізу гранітоїдів.

Коротка характеристика біотитвмісних гранітів

Серед гранітів кировоградського та новоукраїнського комплексів переважають порфіроподібні двопольовошпатові (плагіоклаз-калішпатові) різновиди з вкраплениками калішпату (мікроклін-пертит або ортоклаз-пертит), менше однорідних двопольовошпатових гранітів. Біотит повсюдний мінерал; крім того, часто в кировоградських і майже завжди в новоукраїнських гранітах присутній гранат. Серед останніх також є гіперстенові гранітоїди, так звані

інтрузивні чарнокітоїди. Інколи в кіровоградських гранітах (Долинський масив) трапляється амфібол. Ортопіроксенові різновиди гранітів виявлені і в тих масивах, які, за уявленнями більшості дослідників, складаються з кіровоградських гранітів (Чигиринський, Митрофанівський).

Як показали наші дослідження шліфів, у багатьох пунктах розвитку кіровоградських біотитових гранітів (в тому числі і в районі м. Кіровоград) плагіоклаз з цих порід містить антипертитові вrostки ортоклазу, такі ж, як і в типових чарнокітоїдах. Слід зазначити, що антипертити спостерігаються тільки в крупніших зернах плагіоклазу, які характерні для більш однорідних гранітів. В дрібному плагіоклазі основної маси антипертити відсутні. Такі ж особливості плагіоклазу характерні для типових чарнокітоїдів. Антипертитові плагіоклази в кіровоградських гранітах відмічалися ще Ю. І. Половинкіною [9]. Схоже на те, що інші попередні дослідники не приділяли цьому належної уваги. Враховуючи підвищений або високий вміст титану в біотиті (3,7–3,9, а в чарнокварцових і жильних гранітах Великої Висі до 5,2–5,5% TiO_2), такі граніти є подібними до чарнокітів (в ортопіроксенвмісних різновидах вони є справжніми чарнокітами). В біотитах з чарнокітів Великої Висі вміст TiO_2 досягає 5,9%. В одному з наших аналізів біотитів з гранат-біотитового граніту Новоукраїнського масиву було визначено 5,3% TiO_2 (тобто відповідає повністю гранулітовій фації метаморфізму). Очевидно, виходячи з цих та деяких інших даних, І. Б. Щербаков [13] вважав, що кіровоградські граніти утворилися в умовах високої амфіболітової фації, тоді як новоукраїнські – гранулітової. За даними цього дослідника, температура кристалізації чарнокварцових гранітів району Великої Висі близька до 720°C, тобто відповідає гранулітової фації. Як показують петрографічні дослідження, такі масиви, як Чигиринський, Митрофанівський, частково Верблюзький і навіть Новоукраїнський, є двофаціальними і складені гранітоїдами гранулітової і високої амфіболітової фацій. Можливо, ці масиви мають блоки різного ерозійного зрізу. В деяких гранітоїдах (Чигиринський масив, район с. Пляківка) спостерігалися ксеноліти ендербітів діоритово-

го складу, тобто в нижній частині масиву можуть залягати типові породи гранулітової фації.

І. Б. Щербаков вважав досліджувані гранітоїди апопелітовими. Проте, як буде показано нижче, значна частина біотитів з них попадає в поле багатих кальцієм порід, тобто ці граніти можуть мати генетичний зв'язок з базитами. Це перш за все може стосуватися Новоукраїнського масиву, де відомі габроїди та монцоніти.

До кіровоградського комплексу відносять також ("доводиться відносити" – через недостатність геологічних, геохронологічних та петрологічних даних) [13] деякі плагіоклазові граніти, які просторово асоціюють з типовими порфіроподібними кіровоградськими гранітами.

Хімізм біотитів

На цей час опубліковано близько 30 і 40 хімічних аналізів біотитів з гранітів кіровоградського і новоукраїнського комплексів, відповідно. З колекції авторів зроблено додаткові нові аналізи біотитів – шість з кіровоградських і вісім з новоукраїнських. Хоча для статистичних порівнянь цих аналізів є значна кількість, проте вони виконувалися в різний час і дещо відмінними методами, особливо це стосується визначення Al_2O_3 , K_2O , Na_2O , можливо Fe_2O_3 і FeO . Як буде показано нижче, наші останні аналізи біотитів з новоукраїнських і кіровоградських гранітів (див. таблицю) трохи, а іноді і суттєво відрізняються від опублікованих попередніх перш за все за вмістом таких оксидів, як Al_2O_3 і Fe_2O_3 . Звичайно, наші, а також аналізи попередніх дослідників виконувалися з різних зразків порід (біотитів). Проте вказані відмінності у складі біотитів проявляються з певною тенденцією для кожного типу гранітів.

Більшість аналізів біотитів опубліковано в спеціальних роботах, присвячених цим мінералам [1, 10], окремі аналізи наведені в інших публікаціях, в яких розглядаються кіровоградські та новоукраїнські граніти [12, 13].

Ці аналізи винесено на чотирикомпонентну діаграму (рис. 1), з якої видно, що досліджувані біотити займають широке поле в біотитовій області за рівнем залізистості та глиноземистості. Хоча на цій діаграмі по-

Хімічний склад біотитів з гранітоїдів новоукраїнського та кіровоградського комплексів

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
№ проб	4К/37	Кв.2/1	4К/40	4К/38	4К/36	5К/42	5К/43	5К/44	К/1	Кв.1/1	3К/27	3К/35	К/5	3К/31
SiO ₂	36,92	34,85	34,98	34,26	33,75	34,44	33,83	34,68	35,68	35,88	34,78	34,52	34,97	33,58
TiO ₂	4,62	4,53	4,1	5,32	4,29	4,94	3,88	3,66	3,11	3,42	3,34	3,66	2,88	1,94
Al ₂ O ₃	12,88	12,42	13,68	12,83	14,2	12,48	14	14,05	16,64	14,28	16,88	16,8	17,09	18,21
Fe ₂ O ₃	1,83	23,85	0,57	1,45	1,95	0,77	1,36	2,05	1,23	5,42	2,39	2,61	2,09	0,2
FeO	17,73	—	24,31	25,17	26,1	27,94	28,8	27,53	20,02	17,73	20,48	20,02	20,16	23,6
MnO	0,12	0,2	0,1	0,1	0,05	0,11	0,1	0,09	0,32	0,16	0,11	0,1	0,3	0,1
MgO	11,89	11,05	9,38	6,86	6,52	5,79	5,04	4,94	9,24	9,21	8,8	8,72	8,86	8,37
CaO	0,12	1,05	0,42	0,64	0,42	0,52	0,21	0,31	0,22	0,52	0,31	0,24	0,31	0,24
Na ₂ O	0,2	0,2	0,15	0,15	0,1	0,15	0,2	0,25	0,15	0,2	0,1	0,15	0,25	0,15
K ₂ O	8,82	8,56	8,62	8,41	8,23	8,25	8,42	8,62	8,94	8,78	8,96	9,49	8,83	8,32
Li ₂ O	0,22	0,15	0,32	0,3	0,34	0,3	0,36	0,34	0,25	0,25	0,3	0,35	0,35	0,32
H ₂ O ⁻	0,04	—	0,1	0,01	0,15	0,04	0,16	0,12	0,04	0,08	0,08	0,12	0,08	0,16
В.п.п.	3,27	—	2,88	3,38	3,02	3,4	3,06	2,67	3,5	3,38	3,17	2,96	3,61	4,56
F	0,72	—	0,53	1,08	1,3	0,76	0,87	1,38	0,24	0,36	0,19	0,37	0,25	0,29
Сума	99,38	96,86	100,14	99,96	100,42	99,89	100,29	100,69	99,58	99,67	99,89	100,11	100,03	100,04
Fe#	47,62	52,2	59,6	68,2	70,5	73,3	76,8	76,8	55,8	57,7	58,9	58,9	57,8	61,3

Fe# = Fe/(Fe+Mg).

Примітка: 1 – біотити з гранітів новоукраїнського комплексу; 1 – гіперстен-біотитовий чарнокіт; кар'єр Елгран; 2 – чарнокіт з псевдоморфозами кумінгтоніту по гіперстену, Чигиринський масив, с. Пляківка (проба К. Ю. Солигучка); 3 – гіперстен-гранатат-біотитовий чарнокіт; кар'єр Елгран; 4, 5 – біотит-гранатовий граніт, там же; 6–8 – біотит-гранатові граніти; Адабаський кар'єр. 9–14 – біотити з гранітів кіровоградського комплексу: 9 – біотитовий граніт, с. Суботці, кар'єр Державний; 10 – біотитовий граніт, с. Малий Бузуків, кар'єр, правий берег р. Ташлик (проба К. Ю. Солигучка); 11, 12 – гранат-біотитові граніти, кар'єр, с. Новгородці; 13 – біотитовий граніт, с. Суботці, кар'єр Державний; 14 – гранат-біотитовий граніт (у породі разом з темно-бурим самостійним біотитом розвивається як прожилки зелений біотит по гранату), кар'єр, с. Новгородці. Аналізи біотитів виконано в хімічній лабораторії ГМР НАН України, аналітик О. П. Краснюк.

ля біотитів з кіровоградських і новоукраїнських гранітів переक्रивають одне одного, проте більшість останніх зосереджується в лівій частині діаграми, тобто новоукраїнські біотити є загалом менш глиноземистими, ніж кіровоградські. Подібна розмежованість біотитів проявляється і на іншій діаграмі (рис. 2).

Якщо говорити про залізистість, то поля цих біотитів повністю перекриваються. Переважають помірно залізисті (50–60–65%) різновиди цього мінералу, проте як серед новоукраїнських, так і серед кіровоградських біотитів трапляються високозалізисті (70–76, рідко 82%). Правда, слід зауважити, що під час наших досліджень було виявлено високозалізисті відміни біотитів лише в новоукраїнських гранат-біотитових гранітах, тоді як у кіровоградських гранітах вони наводяться в літературі [11]. Проте ці високозалізисті біотити з гранітів виявилися суттєво відмінними за іншими особливостями складу, тобто вмістом TiO₂ і Al₂O₃.

Загалом же, біотити кіровоградських і новоукраїнських гранітоїдів мають певні відмінності за хімічним складом, хоча і не завжди достатньо контрастні.

Біотит новоукраїнських гранітів. Граніти новоукраїнського комплексу є більш чітко вираженими щодо їхнього геологічного положення. Вони утворюють великий однойменний масив, а також менші –

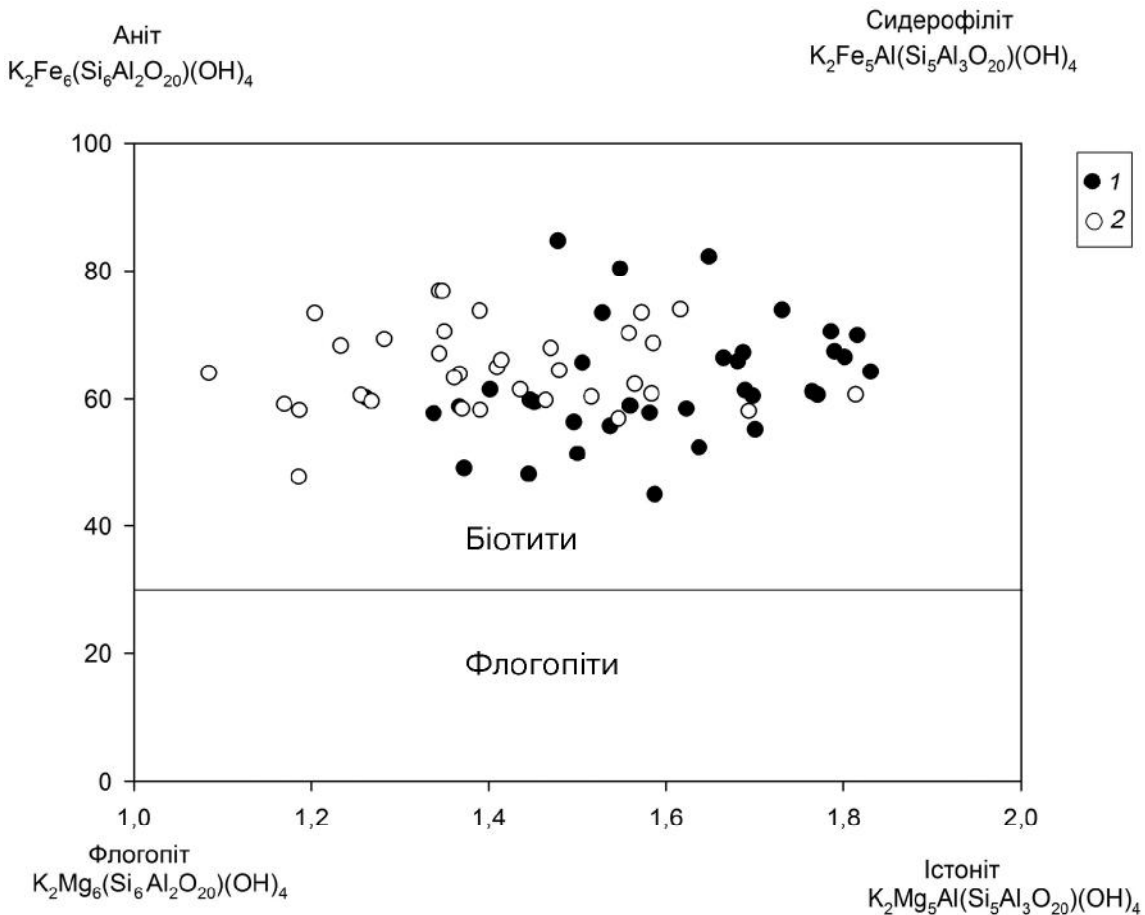


Рис. 1. Мінальний склад біотитів з кіровоградських (1) і новоукраїнських (2) гранітів

Верблюзький, Боковянський та Митрофанівський і входять до складу Чигиринського масиву (складеного переважно гранітами кіровоградського комплексу). В складі новоукраїнського комплексу переважають різноманітні гранітоїди. Гіперстенвмісні різновиди гранітоїдів (так звані інтрузивні чарнокітоїди) вважаються утвореннями більш ранніх інтрузивних фаз, а біотит-гранатові, найбільш поширені по площі розвитку (від 50 до 90%), розглядаються частіше як пізніші породи. Деякі дослідники [1] відносять гранат-біотитові граніти окремих ділянок Новоукраїнського масиву (Войнівський кар'єр) до амфіболітової фації.

Подібну інтерпретацію щодо умов формування Новоукраїнського масиву можна було б висловити, якщо виходити з опублікованих аналізів біотитів (2,14–4,11% TiO_2) [10], і вважати, що головним критерієм

розмежування біотитів гранулітової та амфіболітової фації є вміст титану. Як відомо, біотити з новоукраїнських гранітоїдів характеризуються високим вмістом титану, що характерно для чарнокітоїдів (разом з наявністю ортопіроксену це дозволяє відносити новоукраїнські гранітоїди до так званих інтрузивних чарнокітоїдів). Водночас останні авторські аналізи з Новоукраїнського масиву (див. таблицю) показують, що практично немає різниці за вмістом титану між біотитами гіперстенвмісних і біотит-гранатових гранітів. Більше того, найвищий вміст титану (5,32% TiO_2) зафіксовано саме в біотиті з біотит-гранатових гранітів (див. таблицю, ан. 4). В інших біотитах з біотит-гранатових гранітів вміст TiO_2 становить 3,66–4,94%. Водночас у гіперстен-біотитовому і гіперстен-гранат-біотитовому гранітах вміст TiO_2 сягає 4,62 і 4,10%, відповідно. Подібний висновок можна зробити також на

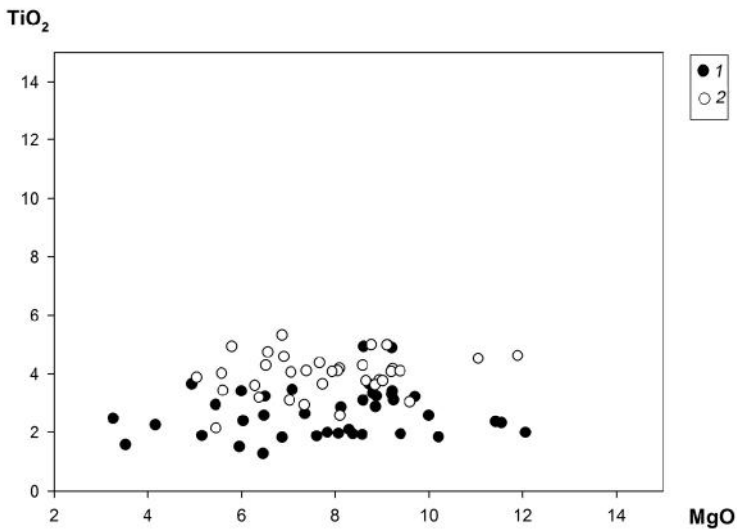


Рис. 2. Вміст (мас.%) TiO_2 і MgO в біотитах з кіровоградських (1) і новоукраїнських (2) гранітів

підставі результатів більшості хімічних аналізів біотитів, наведених у спеціальній статті О. М. Голуб [1].

Проте, за нашими даними (див. таблицю), проявляється суттєва різниця між біотитами з цих головних двох типів гранітів за такою петрохімічною характеристикою, як залізистість (магнезійність). Найбільш залізистими (68–77%) виявилися біотити з біотит-гранатових гранітів, а найбільш магнезійними ($F = 48\%$) (див. таблицю, ан. 1) – біотит з гіперстен-біотитового граніту (чарнокіту). Очевидно, останній є найбільш магнезійним біотитом з гранітів Новоукраїнського масиву порівняно з раніше опублікованими. За хімічним складом він подібний до біотитів з інтрузивних чарнокітів Букинського масиву [4]. Проміжну залізистість (60%) має біотит з гранат-гіперстен-біотитового граніту (див. таблицю, ан. 3). Цікаво, що низькою (53%) виявилася залізистість біотиту із граніту Чигиринського масиву в районі с. Пляківка, в якому спостерігаються псевдоморфози кумінгтоніту по гіперстену. Цей граніт (чарнокітоїд) характеризується також низьким вмістом рідкісних земель з позитивною Eu -аномалією в хондритнормованому спектрі [5], що властиво типовим ендербітам.

Вказана направленість зміни (підвищення) залізистості біотитів від чарнокітоїдів до біотит-гранатових гранітів у Новоукраїнсь-

кому масиві узгоджується з послідовністю формування цих порід. Проте щодо цього існують деякі розходження між нашим і попереднім висновком. О. М. Голуб [1] вважає, що залізистість біотиту залежить від парагенезису мінералів у породі. Так, в асоціації Гіп-Ві-Гр вона більша, ніж у парагенезисі Ві-Гр, проте завжди залишається нижчою, ніж в парагенезисі Гіп-Ві без гранату. Зауважимо лише, що у зазначеній статті наводиться також один аналіз біотиту з біотит-гранатового граніту з найвищою (74%) залізистістю порівняно з біотитами інших гранітоїдів (70% – в гіперстен-біотитовому, 58–69% – в гіперстен-біотит-гранатовому і 58–65 до 74% – в біотит-гранатових), тобто певної закономірності не виявлено.

Цікавою, на нашу думку, особливістю біотитів з новоукраїнських гранітів є досить низька їхня глиноземистість (за нашими даними, 12,4–14,2 Al_2O_3) навіть у тих різновидах біотиту, які асоціюють з гранатом. У більшості опублікованих раніше аналізах цього мінералу вміст алюмінію дещо або значно вищий. Виняток становить лише два аналізи із статті О. М. Голуб [1], у яких наводиться 11,59 і 12,43% Al_2O_3 . Проте в цих аналізах дається досить високий, як для новоукраїнських біотитів, вміст Fe_2O_3 (6,1–6,7%), що, можливо, пояснюється похибками під час визначення суми полуторних оксидів та FeO . Підвищений або високий вміст Fe_2O_3 (3,3–5,8%) наводиться в аналізах біотитів також в іншій роботі [10]. У наших аналізах біотитів Fe_2O_3 не перевищує 2,0%, що, очевидно, є найбільш достовірним (враховуючи сучасні і попередні методики визначення Al_2O_3 , Fe_2O_3 та інших так званих полуторних оксидів).

Отже, біотити гранітоїдів новоукраїнського комплексу належать до титанистих і низько- або помірноглиноземистих різновидів з помірною або підвищеною (до 77%) залізистістю, що характерно для гранулітової фації.

Біотити кіровоградських гранітів. Локалізація гранітів кіровоградського комплек-

су є менш окресленою, визначеною, ніж новоукраїнського. Як відмічалось попередніми дослідниками [2, 4, 12], граніти новоукраїнського комплексу проявляють всі ознаки інтрузивних порід і утворюють інтрузивні масиви. Водночас граніти кіровоградського комплексу часто мають поступові переходи з гнейсами оточення, за рахунок яких вони, ймовірно, утворилися в процесі ультраметаморфізму. Нами досліджувалися біотити з кіровоградських гранітів, які розкриваються у кар'єрах в селах Суботці, Новгородка, а також біотити з колекції К. Ю. Єсипчука (Чигиринський масив), аналізи яких наведено в таблиці.

Як згадувалося вище, біотити з кіровоградських гранітів відрізняються від однойменних мінералів новоукраїнського комплексу, загалом, підвищеною глиноземистістю та дещо пониженою титанистістю, хоча в інтервалі значень TiO_2 і Al_2O_3 є деякі перекриття. Слід звернути увагу на те, що біотити з досліджуваних нами гранітів кіровоградського комплексу характеризуються в цілому (за винятком одного аналізу) підвищеним вмістом титану (2,9–3,4% TiO_2). Такий же вміст титану (3,2–3,5% TiO_2) наводився в опублікованих аналізах [9, 12] біотитів із гранітів району м. Кіровоград, тобто петротипу цих гранітів. Як відмічалось, це (разом з антипертитовими плагіоклазами) дозволило зробити висновок про умови високої амфіболітової фації їх формування [12]. Високий вміст титану (3,6–3,9% TiO_2) наводився також в більшості біотитах з гранітів Долинського масиву [10].

Біотити з досліджуваних нами кіровоградських гранітів мають помірну або підвищену глиноземистість (17–18% Al_2O_3), а в біотиті з граніту району Кіровограда (17,8–19,2% Al_2O_3) [10, 12]. Для них характерна помірна залізистість – 58–61%, а в районі Кіровограда – 65–66% [11, 13]. Як аномально висока залізистість (74–83%) наводиться в опублікованих аналізах біотитів з гранітів сіл Пантазіївка, Нова Прага, Світлопілля [10]. Проте ці слюди відрізняються від досліджуваних нами низьким вмістом титану (1,6–2,3) та підвищеним вмістом Fe_2O_3 (4,3–7,1%). В аналізах наших зразків біотитів лише в одному (Чигиринський масив) виявлено 5,42% Fe_2O_3 (див. таблицю, ан. 10), проте в ньому підвищений

вміст титану (3,42% TiO_2). Відмітимо, що біотит з граніту, що аналізувався, характеризується найвищим (серед інших гранітів) вмістом рідкісноземельних елементів (202 ppm) [5]. У всіх інших біотитах з наших зразків кіровоградських гранітів вміст Fe_2O_3 не перевищує 2,6%, тобто практично такий же низький, як і в біотитах з новоукраїнських гранітів. Як зазначалось, в більшості опублікованих аналізів біотитів з цих гранітоїдів вміст Fe_2O_3 значно вищий, що, можливо, зумовлено похибками у визначенні FeO і Fe_2O_3 .

Відмітимо один дещо аномальний аналіз біотиту (див. таблицю, ан. 14), в якому зафіксовано найвищий вміст Al_2O_3 (18,21%) і найнижчий – титану (1,94% TiO_2). Це гранат-біотитовий граніт, в якому гранат по тріщинах заміщується темно-зеленим дрібнолускуватим мінералом. Можливо, цей мінерал частково потрапив у аналізований концентрат біотиту, який є розсіяним у породі або утворює невеликі сегрегації. Колір цього біотиту в шліфах темно-коричневий із зеленуватим відтінком. Інші проаналізовані біотити мають більш виражені бурувато-коричневі відтінки, що пояснюється підвищеним вмістом у них титану.

Зауважимо, що, як і в розглянутих вище новоукраїнських гранітоїдах, біотити кіровоградських гранітів не проявляють якоїсь залежності (перш за все за глиноземистістю) від наявності або відсутності гранату в породі. Виняток становить лише вказаний біотит (ан. 14) з найвищим вмістом алюмінію. Водночас інший біотит з підвищеним вмістом алюмінію 17,1% Al_2O_3 (див. таблицю, ан. 13) не асоціює з гранатом, тоді як біотити в гранатвмісних гранітах (див. таблицю, ан. 11, 12) містять близько 17% Al_2O_3 , тобто стільки ж або навіть і менше, як в безгранатових гранітах (ан. 9, 13).

Елементи-домішки в біотитах. З інших особливостей хімізму відмітимо дещо підвищений вміст фтору (до 1,4%) в біотитах гранітоїдів Новоукраїнського масиву, особливо в їх більш залізистих різновидах. В опублікованих аналізах біотитів з новоукраїнських гранітів відмічалось 2,0% F [1], а з кіровоградських – 1,13–3,05% F [10]. Загалом же біотити кіровоградських гранітів відзначаються низьким вмістом фтору, хоча серед них можливо є збагачені цим легким компонен-

том (і флюоритом) різновиди, з якими може бути просторово і генетично пов'язаний відомий Бобринецький прояв флюориту [5].

Найбільш несподіваним для авторів виявився підвищений вміст літію в досліджуваних біотитах – на рівні 0,15–0,36% (частіше 0,3% Li_2O (див. таблицю), що значно вище, ніж у більшості аналізів з попередніх публікацій, спеціально присвячених рідкісним лугам [7] та рідкісним елементам [6]. Принагідно зауважимо, що в статті О. М. Голуб [1] наводилося чотири подібні високі значення вмісту літію (0,34–0,39% Li_2O) в біотитах з гранітоїдів новоукраїнського комплексу, проте це, очевидно, не привернуло увагу інших тогочасних дослідників. Цей факт, а також повторно виявлені нами підвищені концентрації літію в біотитах з гранітоїдів центральної частини УЩ (новоукраїнські і кіровоградські граніти) можуть пояснити наявність відомих літєвих родовищ у цьому районі (Полохівка, Станкувате, Надія) і дозволяють припустити, що літєносні пегматити просторово і генетично пов'язані з гранітами і гнейсами. Можна також припустити, що підвищений вміст літію у біотитах може бути критерієм пошуків його родовищ – сподумених або петалітових пегматитів. Можливо, останні є кінцевими диференціатами гранітів типу кіровоградських чи новоукраїнських або ж формувалися синхронно з ними.

З інших елементів-домішок у досліджуваних біотитах (визначених спектральним аналізом) відмітимо такі, як Ва (600–2500 ppm), V (200–600 ppm), Cr (10–200 ppm), Zr (20–50 ppm), Nb (30–100, в одному 200 ppm), Zn (400–800 ppm), Sn (3–20 ppm), Ga (30–50 ppm), Sc (30–50 ppm), La (40–80 ppm), Ce (100 ppm). Підвищений вміст двох останніх елементів, а також наявність фосфору (500–800 ppm) може свідчити про включення мікромінералів монациту в біотитах. Монацит є характерним акцесорним мінералом новоукраїнських і кіровоградських гранітоїдів.

Обговорення результатів та деякі петрогенетичні висновки

Біотити в досліджуваних кіровоградських та новоукраїнських гранітоїдах формувалися в умовах гранулітової та високої амфіболітової фацій. Можливо, в різних масивах або ділянках кіровоградських гранітів (або не-

визначеної комплексної належності чи такі, які відносяться до кіровоградських умовно) були умови високої та звичайної амфіболітової фацій. Від цього, очевидно, залежить титанистість біотитів, а також наявність або відсутність антипертитових вrostків ортоклазу в плагіоклазах.

Судячи зі складу біотитів (низький вміст у них Fe_2O_3) та мінеральних парагенезисів (ільменіт, евліт, асоціація фаяліту з гранатом), новоукраїнські граніти формувалися у відновних умовах (фугітивність кисню була нижчою від буфера QFM). У більш окиснених умовах кристалізувалися кіровоградські граніти, про що можуть свідчити наявність в них акцесорного магнетиту та підвищений вміст Fe_2O_3 у деяких біотитах.

На діаграмі $\text{Ti}-\text{Al}_{\text{VI}}-\text{Si}$ (рис. 3) біотити з новоукраїнських гранітоїдів розташовуються переважно в гранулітовому полі, а з кіровоградських – в амфіболітовому. Хоча І. Б. Щербаков [12] вважав ці гранітоїди апопелітовими утвореннями, значна частина біотитів з кіровоградських гранітів (і деякі з новоукраїнських) розміщуються у полі багатих кальцієм порід (апобазитових гранітоїдів). Можливо, такими є частина гранітів з Долинського масиву, в яких нерідко спостерігається рогова обманка. Очевидно, наявність базитів (норитів, норитомонзонітів) та монзонітів і граносієнітів у Новоукраїнському масиві може бути прямим або непрямим доказом зв'язку гранітоїдів цього масиву

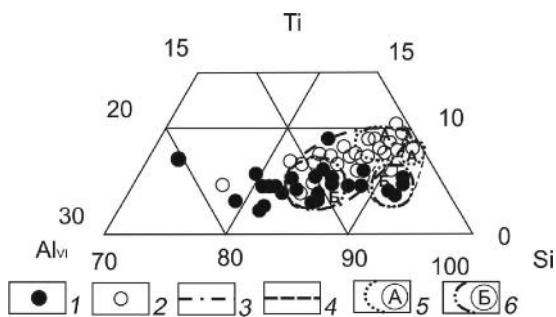


Рис. 3. Склад біотитів із гранітів кіровоградського і новоукраїнського комплексів на діаграмі $\text{Ti}-\text{Al}_{\text{VI}}-\text{Si}$ [9] (кількість катіонів у кристалохімічній формулі). 1 – біотити з гранітів кіровоградського комплексу; 2 – біотити з новоукраїнського комплексу; 3 – поле біотитів із метапелітів; 4 – поле біотитів із багатих кальцієм порід; 5, 6 – поля гранулітової (А) і амфіболітової (Б) фацій. На діаграму винесено опубліковані [1, 10, 12, 13] та авторські аналізи біотитів

ву з базитовим магматизмом, як це характерно, наприклад, для осницького або коростенського комплексів.

Деякі дослідники порівнювали Новоукраїнський масив з Коростенським та Корсунь-Новомиргородським плутонами, хоча переконливих доказів аналогії цих об'єктів не наводилося. Були спроби порівнювати та ототожнювати як спарені Новоукраїнський масив і Корсунь-Новомиргородський плутон, з одного боку, та гранітоїди Хлібодарівського комплексу і Південно-Кальчицького масиву в Приазов'ї – з іншого [9]. Можливо, деякі аналогії цих порівнюваних об'єктів існують. Проте, якщо подібність Корсунь-Новомиргородського плутону та Південно-Кальчицького масиву очевидна (вони близькі і за віком), то гранітоїди Хлібодарівського комплексу (Хлібодарівський, Кальміус-Єланчицький масиви) досить відмінні від новоукраїнських. В приазовських гранітоїдах відсутній гранат, так характерний для новоукраїнських, а виставим є парагенезис амфіболу і біотиту. До того ж, останній ще більш залізистий, ніж в новоукраїнських гранітоїдах [4, 11]. А в Хлібодарівському масиві (і однойменному кар'єрі) переважають ендербіти (також без гранату), більш подібні до букинських чарнокітоїдів, ніж до новоукраїнських. На подібність біотитів з новоукраїнських гранітоїдів з біотитами однойменних порід Букинського масиву вказувалося вище. Проте, загалом, ці породи мають більше відмінностей, ніж подібностей.

Близько половини опублікованих [10] аналізів біотитів з коростишівських гранітів, що, як і кіровоградські, часто мають порфіроподібну структуру, характеризуються підвищеним вмістом титану (до 3,2% TiO_2). Як відомо, коростишівські граніти відносяться до житомирського комплексу, а в свій час кіровоградські граніти розглядалися разом з житомирськими у складі єдиного кіровоградсько-житомирського комплексу. Важливою особливістю хімізму біотитів новоукраїнського і кіровоградського комплексів є підвищений вміст у них літію, що може свідчити про зв'язок цих порід з родовищами літєвих пегматитів у центральній частині УЩ.

Очевидно, гранітоїди новоукраїнського і кіровоградського комплексів формувалися автономно і на різних глибинах (більш знач-

них для новоукраїнського) і у відмінних умовах температури та фугитивності кисню.

1. Голуб Е. Н. Биотиты из гранитоидов новоукраинского комплекса // Геол. журн. – 1978. – № 1. – С. 132.
2. Есипчук К. Е. Петролого-геохимические основы формационного анализа гранитоидов докембрия. – Киев: Наук. думка, 1988. – 240 с.
3. Есипчук К. Е., Орса В. И., Щербаков И. Б. и др. Гранитоиды Украинского щита: петрохимия, геохимия, рудоносность (справочник). – Киев: Наук. думка, 1993. – 228 с.
4. Есипчук К. Е., Шеремет Е. М., Зинченко О. В. и др. Петрология, геохимия и рудоносность интрузивных гранитоидов Украинского щита. – Киев: Наук. думка, 1990. – 236 с.
5. Минералого-геохимические критерии поисков флюорита / Э. Я. Жовинский, И. В. Кураева, В. И. Маничев и др. – Киев: Наук. думка, 1993. – 140 с.
6. Мицкевич Б. Ф., Беспалько Н. А., Егоров О. С. и др. Редкие элементы Украинского щита. – Киев: Наук. думка, 1986. – 256 с.
7. Мицкевич Б. Ф., Беспалько Н. А., Заяц А. П. и др. Редкие щелочные металлы в породах Украины. – Киев: Наук. думка, 1976. – 230 с.
8. Половинкина Ю. И. Кировский гранит Украины и его роль в петрогенезисе кристаллического массива. – М.: Госгеолтехиздат, 1954. – 94 с.
9. Пономаренко А. Н., Есипчук К. Е., Коновал Н. М. Два этапа протерозойской тектономагматической активации в докембрии Украинского щита, их петрогенетическая и геодинамическая интерпретация // Геоинформатика. – 2009. – № 4. – С. 12–18.
10. Усенко И. С., Щербаков И. Б., Заяц А. П. Биотиты докембрия. – Киев: Наук. думка, 1972. – 206 с.
11. Субщелочной докембрийский магматизм и тектоно-геофизические особенности Восточного Приазовья Украинского щита / Е.М. Шеремет, С.Г. Кривдик, П.И. Пигулевский и др. – Донецк: Ноулидж, 2010. – 289 с.
12. Щербаков И. Б. Петрология Украинского щита. – Львов: ЗУКЦ, 2005. – 366 с.
13. Щербаков И. Б., Есипчук К. Е., Орса В. И. Гранитоидные формации Украинского щита. – Киев: Наук. думка, 1984. – 192 с.

ІГМР НАН України,
Київ

E-mail: nasa246@ukr.net, kryvdik@ukr.net

Стаття надійшла
16.06.11