

МІНЕРАЛЬНІ ВКЛЮЧЕННЯ В КРИСТАЛАХ ЦИРКОНУ ПОРІД БРУСИЛІВСЬКОЇ ШОВНОЇ ЗОНИ

Наведено результати вивчення складу мінералів включень в ядрах кристалів циркону із гранітоїдів і метаморфічних порід, поширених у межах Брусилівської шовної зони. В результаті мікрозондових досліджень мінералів-включень у ядрах кристалів циркону із різних порід встановлено мінеральні асоціації гранулітової фації, характерної для Подільського геоблока, та епідот-амфіболітової, типової для Росинсько-Тикицького мегаблока, що може бути використано як діагностичну ознаку. Подано розрахунки температур за біотитовими і двопольовошпатовими геотермометрами.

Ключові слова: циркон, мінеральні включення, хімічний склад, мікроаналіз, мінеральна асоціація.

Вступ. Зона зчленування Дністровсько-Бузького та Росинсько-Тикицького мегаблоків має доволі складний характер, що зумовлено поширенням структурно-речовинних комплексів одного мегаблока у межах іншого. Така будова зони стику цих структурно-формаційних зон свідчить про можливість виникнення лінзоподібно-шаруватого меланжу [2]. Відповідно до цього, у зоні зчленування зазначених мегаблоків виділена Брусилівська шовна зона як складова Немирово-Кочерівської шовної зони [1], яка характеризується скидовим характером і кулісноподібною складчастістю. Брусилівська шовна зона має субмеридіональне простягання і проходить частково по Брусилівському розлому. Ця зона була буферною, між Волино-Подільською і Білоцерківсько-Бузькою плитами, по якій проходили значні зміщення у горизонтальному і вертикальному напрямках, у результаті чого сформувалася зона глибинних розломів [1]. Унаслідок таких переміщень на земну поверхню вийшли давніші породи, які, можливо є фундаментом для порід росинсько-тикицької серії, що залягають вище. Просторове суміщення різновікових комплексів створює значні проблеми щодо зарахування конкретних порід до певного з них. Розчленування та кореляція супракрустальних порід ускладнені структурно-метаморфічними їх перетвореннями в палеопротерозої в умовах амфіболітової фації, в результаті чого породи Подільського блока зазнали діафторезу.

Результати уран-свинцевих ізотопних досліджень кристалів циркону не завжди дають змогу розділити породні асоціації Росинсько-Тікицького мегаблока та Подільського геоблока. Тому зроблено спробу розділити їх за наявністю мінералів-в'язнів у ядрах кристалів циркону. Кристали цирконів є стійкими в широкому діапазоні *PT*-умов і несуть у собі інформацію про всі перетворення, яких вони зазнавали протягом тривалого часу. У внутрішній частині кристалів, тобто ядрах, збереглась часова і мінералого-геохімічна інформація щодо утворення найдавніших вихідних порід з кори субстрату, тоді як в оболонках — час найпізнішого їх перетворення [4].

Методи та об'єкти досліджень. Морфологію та анатомію кристалів вивчено за методами електронної та оптичної мікроскопії. Анатомію кристалів досліджували за допомогою поляризаційного просвічувального мікроскопа у спеціально виготовлених штучних шліфах та електронного мікроскопа JEOL 6700 (в ІГМР НАН України). Головні риси хімічного складу мінералів-включень визначали також на електронному мікроскопі-мікроаналізаторі JEOL 6700.

Вивчено вclusions в кристалах цирконів із протолочних проб гранат-біотитових плагіогнейсів (Я-2/1, БЛ-1/1) і плагіогранітів (БЛ-1/3), відібраних у кар'єрах і відслоненнях у районі сіл Ягнятин і Білилівка; діоритоподібної породи (Т-1/2), с. Теліжинці; апліт-пегматоїдних гранітів (Д-1) у районі с. Дзюнків; біотитизованих амфіболітів (ПГ-1-1, В-1-1) біля сіл Погребище і Верхівня.

Результати досліджень та їх обговорення. Детальне вивчення внутрішньої будови кристалів циркону з досліджуваних проб свідчить про їх складну гетерогенну будову. Так, циркони із плагіогнейсів і плагіогранітів (рис. 1, 1, 2) прозорі і напівпрозорі, мають переважно призматичну, видовжено-призматичну форму із сильно заокругленими гранями вершин і ребер, світло-рожеве, рожеве і коричневе забарвлення. Більшість із них містять давніші ядра округлої, ксеноморфної, рідше ідіоморфної форми, переважно азональні, рідко зі слабо вираженою

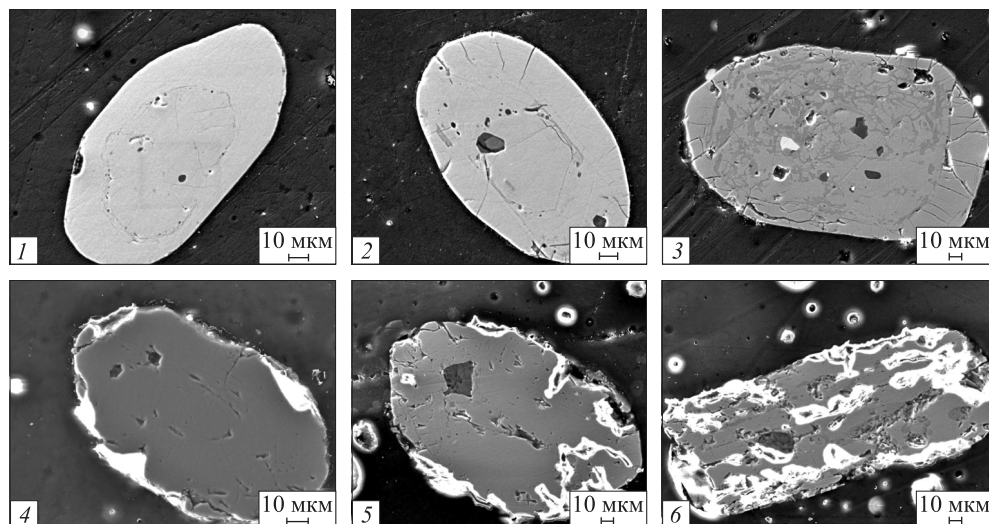


Рис. 1. Зображення кристалів циркону в режимі відбитих електронів BSE: 1 — плагіогнейс (Я-2/1); 2 — плагіогнейс (Я-2/1); 3 — діорит (Т-1/2); 4 — пегматоїдний граніт (Д-1); амфіболіти: 5 — проба ПГ-1-1, 6 — проба В-1-1

Fig. 1. Photomicrographs of zircon crystals in the mode of reflected electrons BSE: 1 — plagiogneisses (sample Я-2/1); 2 — plagiogneisses (sample Я-2/1); 3 — diorite (sample Т-1/2); 4 — pegmatite (sample Д-1); amphibolite samples: 5 — ПГ-1-1, 6 — sample В-1-1

зональність. Ядра характеризуються вищим показником двозаломлення, ніж оболонки, і займають 2/3—3/4 площі кристала. На них наростає тонкозональний циркон і ще пізніший рекристалізаційний — на грані і вершини оболонок.

Циркони з діориту (рис. 1, 3) коричневого, рожево-коричневого забарвлення, прозорі, напівпрозорі, еліпсоподібної і видовжено-призматичної форми. Грані останніх дещо заокруглені. Внутрішня будова більшості кристалів гомогенна, з тонкою концентричною зональністю (кількість зон від 5 до 17). Деякі кристали містять азональні ядра, інколи із слабо помітною концентричною зональністю, ідіоморфної, рідше округлої форм. Вони займають приблизно 1/2 площі кристала і вирізняються численнішими включеннями, вищим двозаломленням, ніж в оболонках, та помітною мутнуватою (менш прозорі) при одному ніколі.

Кристали з пегматоїдного граніту (рис. 1, 4) коричневого, світло-коричневого, коричнево-рожевого забарвлення. Більші кристали тріщинуваті, напівпрозорі, призматичної форми, із заокругленими гранями, менші — еліпсоподібні водяно-прозорі. Деякі кристали містять округлі, інколи тріщинуваті ядра, які займають 1/2, інколи 3/4 площі зрізу циркону. На них наростають оболонки з концентричною магматичною зональністю. В центральній частині кристали помітно тріщинуваті.

Кристали циркону (рис. 1, 5) з амфіболіту поділяють на такі морфологічні типи: великі прозорі і напівпрозорі, буро-коричневого, коричневого забарвлення, призматичної форми із заокругленими ребрами та вершинами; дрібніші напівпрозорі, еліпсоподібні, коричневого і світло-коричневого забарв-

Таблиця 1. Мінеральні асоціації і парагенезиси з досліджуваних проб

Table 1. Mineral associations and paragenesis from the studied samples

Проба	Порода	Асоціація (А), парагенезиси (П)		Фація
Я-2/1	Плагіогнейс	А	Gr + Cor + Bt + Pl ₂₇₋₃₆ + Na-K(Ca)Fsp + Qu	Гранулітова
		П	Gyp + Mc, Gyp + Qu, Cor + K-Na-Fsp, Mc + Bt + Qu, Mon + K-Na Fsp	
БЛ-1/1	Плагігнейс гранат-біотитовий	А	Gyp + Bt + Pl ₃₃₋₃₅ + Qu	
		П	Gyp + Qu, Bt + Qu	
БЛ-1/3	Плагіограніт гранат-біотитовий	А	Gr + Bt + Na-K Fsp + Qu	
		П	Gr + Bt, Bt + Mon + Qu	
Т-1-2	Діорит	А	Bt + Ep + Chl + Pl ₂₃₋₃₅ + K-Na(Ca)Fsp + Qu	Епідот-амфіболітова
		П	Bt + Ab ₄ + Ep + K-Na Fsp, Bt + Mt + Pl ₂₃₋₃₅	
Д-1	Пегматоїдний граніт	А	Bt + K-Na Fsp + Qu	
		П	K-Na Fsp + Qu	
ПГ-1-1	Амфіболіт	А	Pl ₂₉ + Qu	
		П	Bt + Mc + Qu	
В-1-1	Амфіболіт	А	Bt + K-Na Fsp	
		П	K-Na Fsp + Mc + Qu	

Примітка. Умовні скорочення: Gr — гранат, Cor — кордієрит, Gyp — гіперстен, Bt — біотит, Ep — епідот, Chl — хлорит, Or — ортоклазова складова, K-Na(Ca) Fsp — K-Na польовий шпат, Ca — наявність незначної кількості анортитового міналу у деяких ПШ, Pl₂₂ — плагіоклаз з номером, Qu — кварц, Mon — монацит.

лення, зі скляним блиском; найдрібніші рожево-коричневі, витягнуто-призматичної, зрідка овальної форми, прозорі зі скляним блиском.

У більшості зерен виявлено ядра азональні, ксеноморфної і овальної форми з нерівними контурами меж (займають 30—60 % площі зрізу кристала), які при одному ніколі виділяються за густішим забарвленням, а в схрещених ніколях за вищим показником двозаломлення. Оболонки характеризуються концентричною магматичною зональністю й тріщинуватістю.

У пробі амфіболіту В-1-1 кристали циркону мають світло-коричневе, рожево-коричневе забарвлення, видовжено-призматичну, а в дрібніших — голчасту форму. Більші кристали напівпрозорі із сильно заокругленими гранями, менші — прозорі, добре огранені. Деякі кристали у центральних частинах містять фрагменти давніх ядер округлої та овальної форми.

Для ядер кристалів циркону з усіх проб характерна наявність численних вклучень мінералів-в'язнів. Визначені для них мінеральні асоціації і парагенезиси наведено у табл. 1, основні результати мікрозондових досліджень — у табл. 2—5.

Плагіоклаз виявлений у ядрах кристалів цирконів більшості проб, за винятком плагіограніту (проба БЛ-1/3), діориту (проба Д-1) та амфіболіту (проба В-1-1), і за хімічними складом відповідає: альбіту (0—6 % An) лише у апліт-пегматоїдному граніті, олігоклазу (13—27 % An); андезину (33—36 % An) лише в плагіогнейсі (проби БЛ-1-1, Я-2/1).

Калієві польові шпати представлені виключно ортоклазовим міналом у плагіограніті (проба Я-2/1), діориті і амфіболіті (проба ПГ-1-1), калій-натровий польовий шпат відсутній лише в амфіболіті (проба ПГ-1/1) і плагіогнейсі (проба БЛ-1-1) і характеризується широким варіюванням альбітового компонента $Or_{14-92}Ab_{8-86}$. В одиничних випадках встановлено К-Na-Ca польовий шпат у плагіогнейсі (проба Я-2/1) — $An_{74}Ab_{15}Or_{11}$, та діориті — $Ab_{91-70}Or_{16-3}An_{14-5}$.

Таблиця 2. Загальний хімічний склад польових шпатів, форм. од.

Table 2. General chemical composition of feldspars, a.p.f.u.

Компонент	Номер точки											
	1	2	3	4	5	6*	7*	8	9	10	11	12
Si	2,57	2,97	2,81	2,625	2,957	2,95	3,01	2,77	2,79	0,739	2,593	2,976
Al	1,50	1,03	0,57	1,390	1,021	1,04	0,98	1,22	1,27	0,104	1,396	1,017
Fe	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mg	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0,117	0	0
Ca	0,14	0	1,31	0,323	0	0,04	0	0,19	0,12	0	0,317	0
Na	0,52	0,75	0,26	0,683	0,596	1,01	0,39	0,89	0,63	0,507	0,806	0,932
K	0,00	0,27	0,20	0	0,513	0	0,63	0	0,14	0,170	0	0,115
X(An)	0,22	0	0,74	0,321	0	0,04	0	0,17	0,14	0	0,28	0
X(Ab)	0,78	0,74	0,15	0,679	0,54	0,96	0,38	0,83	0,70	0,749	0,72	0,89
X(Or)	0,00	0,26	0,11	0	0,46	0	0,62	0	0,16	0,251	0	0,11

Примітка. Плагіогнейси: 1—3 — проба Я-2/1; 4 — проба БЛ-1-1; 5 — проба БЛ-1/3; 6—9 — діорит, проба Т-1/2; 10 — пегматоїдний граніт, проба Д-1; амфіболіти: 11 — проба ПГ-1-1; 12 — проба В-1-1. Зірочками позначено пару польових шпатів, що використана як геотермометр для діориту.

Таблиця 3. Середній хімічний склад біотитів, форм. од.

Table 3. The average chemical composition of biotite, a.p.f.u.

Катіон, показник	Номер								
	1	±	2*	±	3	±	4	±	5*
Si	2,766	0,85	2,637	0,58	2,813	0,115	2,773	0,111	3,054
Al _{IV}	1,228	0,795	1,363	0,58	1,187	0,115	1,227	0,111	0,946
Al _{VI}	0,42	0,435	0,84	0,525	0,4	0,125	0,294	0,083	1,434
Ti	0,154	0,1	0,003	0,005	0,186	0,125	0,212	0,056	0
Fe	1,134	0,455	1,213	0,275	0,986	0,15	1,074	0,1	0,503
Mg	1,128	0,775	0,897	1,005	1,263	0,255	1,208	0,066	0,705
K	0,856	0,245	0,613	0,045	0,74	0,16	0,808	0,101	0,229
Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Al	1,648	0,35	2,197	0,135	1,587	0,095	1,52	0,065	2,38
f	0,509	0,22	0,673	0,255	0,44	0,07	0,47	0,035	0,405

Примітка. Плагіогнейси: 1, 2 — проба Я-2/1; 3 — проба БЛ-1-1; 4, 5 — проба БЛ-1/3; 6, 10 — проба В-1-1. Зірочкою позначено біотити другого типу (пояснення у тексті).

Таблиця 4. Загальний хімічний склад гранату, форм. од.

Table 4. General chemical composition of garnet, a.p.f.u.

Катіон, показник, складова	1	2	3	4
Si	3,038	2,584	3,009	3,005
Al _{IV}	0	0,416	0	0
Al _{VI}	1,614	1,762	2,973	2,877
Fe ³⁺	0,305	0,213	0	0
Fe ²⁺	0,98	1,457	1,657	1,555
Mg	2,096	1,207	0,304	0,255
Ca	0	0,61	0	0,249
f	37,4	57,7	84,5	85,9
Альмандин	12,3	29,692	84,497	75,502
Андрадит	0	12,358	0	0
Гросуляр	0	11,256	0	12,108
Піроп	87,7	46,694	15,503	12,39

Примітка. Гранати із плагіогнейсів: 1 — проба Я-2/1; 2—4 — проба БЛ-1/3.

Кордієрит встановлений лише у плагіогнейсі (проба Я-2/1) ксеноморфної форми. Кристалохімічна формула: $(\text{Fe}_{1,079}\text{Mg}_{1,054})\text{Al}_{2,877}[\text{Si}_{5,105}\text{Al}_{0,896}\text{O}_{16}]$, залізистість 51 %.

Ортопіроксени виявлені лише у плагіогнейсі (проба БЛ-1/1) в поодиноких зернах, інколи у друзі з кварцом. За хімічним складом відповідає гіперстену із залізистістю 44—46 %. Кристалохімічна формула: $\text{Mg}_{1,012-0,993}\text{Fe}_{0,856-0,823} \times \text{Al}_{0,119-0,114}[\text{Al}_{0,04-0,028}\text{Si}_{1,972-1,96}\text{O}_8]$.

точки											
	±	6	±	7*	±	9	±	8	±	10	±
	2,84	0,088	3,492	0,285	2,995	0,167	2,874	0,215	2,901	0,037	0,11
	1,16	0,088	0,509	0,285	1,005	0,167	1,126	0,215	1,099	0,037	0,11
	0,252	0,055	1,412	0,014	0,584	0,404	0,307	0,145	0,178	0,013	0,13
	0,063	0,044	0	0	0,03	0,017	0,07	0,044	0,101	0,047	0
	1,171	0,117	0,352	0,187	0,912	0,247	1,13	0,331	0,728	0,029	0,143
	1,531	0,228	0,374	0,092	1,242	0,367	1,511	0,154	1,92	0,083	0,074
	0,75	0,222	0,148	0,148	0,826	0,083	0,643	0,313	0,867	0,041	0,065
	0	0	0,673	0,087	0	0	0	0	0	0	0
	1,413	0,05	1,92	0,27	1,588	0,237	1,432	0,15	1,277	0,029	0,02
	0,433	0,025	0,455	0,085	0,425	0,007	0,424	0,075	0,275	0,015	0,045

7 — діорит, проба Т-1/2; 9 — пегматоїдний граніт, проба Д-1; амфіболіти: 8 — проба ПГ-1-1;

Таблиця 5. Загальний хімічний склад гіперстену і кордієриту, форм. од.

Table 5. General chemical composition of hypersthene and cordierite, a.p.f.u.

Катіон, показник	1	2	3	4	Катіон, показник	1	2	3	4
Si	1,972	1,96	5,104	5,105	Fe ²⁺	0,823	0,856	1,079	1,079
Al _{IV}	0,028	0,04	0,896	0,896	Mg	1,012	0,993	1,054	1,054
Al _{VI}	0,119	0,114	2,227	2,877	Ca	0	0	0	0
Fe ³⁺	0	0	0	0	f	44,8	46,3	50,6	51,0

Примітка. 1—3 — гіперстен із проби БЛ-1/1; 4 — кордієрит із проби Я-2/1; f — залізистість, %.

Гранати зафіксовані виключно у плагіогранітах (табл. 5). У пробі Я-2/1 гранат має заокруглену форму, піроп-альмандиновий склад (Py_{87,7}Alm_{12,3})^{*}, виявлений у друзі з мікрокліном. У пробі БЛ-1/1 гранат кубічної форми, за хімічним складом виділено два його різновиди: 1) піроп-альмандинового ряду — кристал зі складом Py₅₄Alm₄₆^{*}, який знаходиться на межі ядро-оболонка, та зі складом Alm₈₄Pу₁₆, що виявлений у ядрі циркону; 2) складу Py_{46,69}Alm_{29,7}And_{12,4}Gs_{11,27}.

Біотити із плагіогнейсів і плагіограніту, порівняно з біотитами інших проб, характеризуються найвищою залізистістю (f 35—55 %) і глиноземистістю (сумарний Al — 1,44—1,95 ат. од). На діаграмі Ті-f (рис. 2, I) ці біотити утворюють окреме поле з найвищим вмістом Ті. Біотити з діориту (проба Т-1/2), апліт-пегматоїдного граніту (проба Д-1) та амфіболіту (проба ПГ-1-1) дещо подібні до перших і слабо відрізняються від них за нижчою залізистістю (f 33—49 %), глиноземистістю (сумарний Al — 1,2—1,7 ат. од.) і титаністістю (рис. 2, I, поле II). Найбільше за цими показниками вирізняються

* Py — піроп, Alm — альмандин, And — андрадит, Gs — гросуляр.

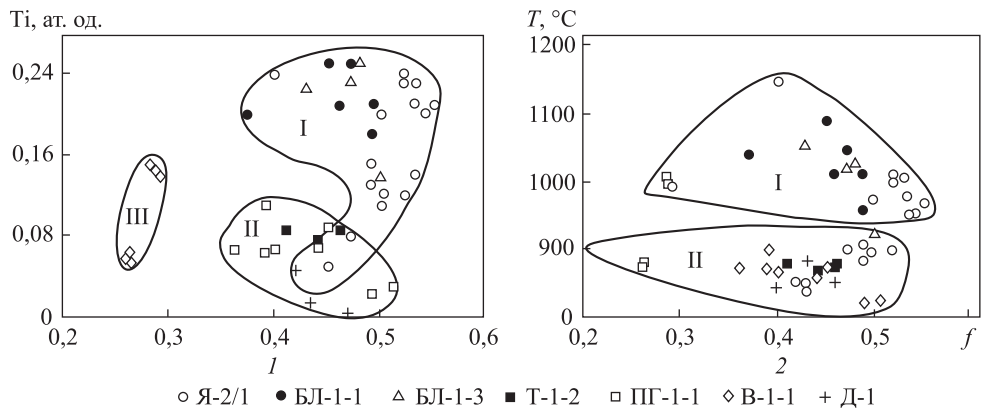


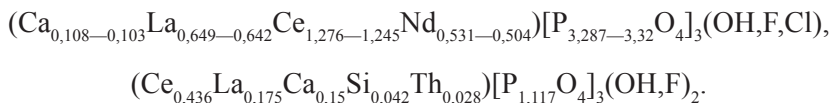
Рис. 2. Загальний хімічний склад біотитів (1) і температури їх утворення (2). На зображеннях вісь абсцис — $f = \text{Fe} / (\text{Fe} + \text{Mg})$, мольна частка; I—III на рис. 2, 1 — типи біотитів; на рис. 2, 2: I — високо-, II — низькотемпературні поля

Fig. 2. General chemical composition of biotite (1) and temperatures of formation (2). The images of x-axis — $f = \text{Fe} / (\text{Fe} + \text{Mg})$, molar part; I—III in fig. 2, 1 — types of biotite; fig. 2, 2: I — high, II — low fields

біотити з амфіболіту (В-1-1), які виділяються в полі III, яке є проміжним між першими двома.

Крім того, у діориті визначено хлорит і епідот. *Хлорит* із залізистістю 28,9 % має такий склад: $(\text{Mg}_{6,625}\text{Fe}^{2+}_{2,463})_{9,09}(\text{Fe}^{3+}_{0,236}\text{AlVI}_{2,374})_{2,61}[\text{AlIV}_{1,950}\text{Si}_{6,050}](\text{OH})_{16}$. *Епідот* зафіксований у друзі з альбітом й мікрокліном і в асоціації з біотитом. За хімічним складом відповідає суто епідотовому міналу. У цій самій пробі наявний *магнетит*.

Монацит поширений у гнейсах і представлений поодинокими зернами, інколи у зростанні з біотитом та кварцом. Хімічний склад (проби Я-2/1, БЛ-1/3) відповідно такий:



В ядрах кристалів в усіх пробах поширені включення кварцу і апатиту, по тріщинах зрідка розвивається кальцит.

Термогеохімічні дослідження. Визначення *PT*-умов для високометаморфізованих порід ґрунтується на обмінних реакціях високоглиноземистих мінералів і часто за участю гранату. Такі мінерали наявні у плагіогнейсах і плагіограніті, проте серед досліджуваних кристалів циркону в межах однієї проби та одного ядра не встановлено потрібних мінеральних пар, а використання мінералів з інших кристалів не є коректним. Деяке порівняння температурних умов кристалізації ядер цирконів можливе за використання мономінерального термометра Лувра [5, 6], який базується на кількісному відношенні вмісту титану до вмісту заліза в біотиті.

Так, різні концентрації Ti у біотитах утворюють два різнотемпературні поля (рис. 2, 2): I — високотемпературне відповідає діапазону 950—1150 °C і характерне для біотитів з плагіогнейсів, плагіограніту і амфіболіту (проба В-1-1); II — низькотемпературне (820—921 °C) відповідає біотитам з діориту, амфіболіту (проба ПГ-1-1, частково — В-1-1), пегматоїдного граніту. До цього

поля потрапляє біотит з плагіограніту і плагіогнейсу (за винятком проби БЛ-1-1), що, очевидно, відповідає молодшим оболонкам кристалів циркону.

В окремому випадку був використаний двопольовошпатовий геотермометр, який відображає залежність коефіцієнтів розподілу головних компонентів (Or—Ab—An) від температури. Було застосовано два геотермометри [7, 8] для мінерального агрегату з плагіоклазу і калієвого польового шпату, ув'язаного в ядрі циркону з проби діориту: 526,35—565,43 °С за тиску 200—600 МПа [7] і 523,95—562,93 °С [8].

Висновки. Мінералогічні дослідження кристалів циркону більшості вивчених проб свідчать про складну будову кристалів, зумовлену наявністю реліктових ядер порід субстрату (гранітоїди) та оболонок (циркони із гнейсів і мігматитів), кристалізація яких пов'язана, ймовірно, з процесом метаморфізму та синхронним йому гранітоутворенням. У багатьох випадках ці процеси супроводжувалися кристалізацією монациту.

За результатами мікрозондових досліджень мінералів-включень у кристалах циркону встановлено мінеральні асоціації гранулітової фації (Gr + Bt + Na-K Fsp + Qu, Gr + Bt + Pl₃₃₋₃₅ + Qu, Gr + Cor + Bt + Pl₂₇₋₃₆ + Na-K(Ca) Fsp + Qu) з проб плагіограніту і плагіогнейсів та епідот-амфіболітової фації (Bt + Ep + Chl + Pl₂₃₋₃₅ + K-Na(Ca) Fsp + Qu, Bt + K-Na Fsp + Qu, Bt + K-Na Fsp) для діориту, пегматоїдного граніту і амфіболітів.

Температура утворення біотитів з ядер гранулітової фації становить 950—1150 °С, епідот-амфіболітової — 820—921 °С. Епідот-амфіболітовій фації також відповідають температури 526,35—562,93 °С за тиску від 200 до 600 МПа відповідно, що розраховано за двопольовошпатовими геотермометрами, для мінералів-включень у ядрах кристалів циркону з проби діориту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Анциферов А.В., Шеремет Е.М., Есипчук К.Е. и др. Геолого-геофизическая модель Немировско-Кочеревской шовной зоны Украинского щита. — Донецк: Вебер, 2009. — 253 с.
2. Зюльцле В.В. Геологічна будова та корисні копалини басейну верхів'я р. Рось // Звіт про геологічне довивчення масштабу 1:200 000 території аркуша М-35-XXIV (Сквира) за 1998—2003 рр.
3. Пономаренко А.Н., Лесная И.М., Зюльцле О.В. и др. Неоархей Росинско-Тикичского мегаблока Украинского щита // Геохімія та рудоутворення. — 2010. — Вип. 28. — С. 11—16.
4. Степанюк Л.М., Скобелев В.М. Мінерали-в'язні в кристалах циркону — ключ до історії формування вміщуючих порід // Геохімія та рудоутворення. — 2006. — Вип. 24. — С. 30—39.
5. Darrell J.H., Charles V. Guidotti Titanium in biotite from metapelitic rocks: Temperature effects, crystal-chemical controls, and petrologic applications // Amer. Mineralogist. — 2001. — V. 87. — P. 375—382.
6. Luhr J.F., Carmichael I.E.E., Varekamp J.C. The 1982 eruptions of EL Chichon volcano, Chiapas, Mexico: Mineralogy and petrology of the anhydrite-bearing pumices // J. Volcanology and Geothermal Res. — 1984. — V. 23. — P. 69—108.
7. Elkins L.T., Grove T.L. Ternary feldspar experiments and thermodynamic models // Amer. Mineralogist. — 1990. — V. 75, N 5—6. — P. 544—559.
8. Fuhrman M.L., Lindsley D.L. Ternary-feldspar modeling and thermometry // Ibid. — 1988. — V. 73, N 3—4. — P. 201—215.

Надійшла 19.03.2013

С.І. Курило, Л.М. Степанюк, О.В. Зюльцле, В.В. Зюльцле

МИНЕРАЛЬНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В КРИСТАЛЛАХ ЦИРКОНА ПОРОД БРУСИЛОВСКОЙ ШОВНОЙ ЗОНЫ

Приведены результаты изучения состава минералов включений в ядрах кристаллов циркона из гранитоидов и метаморфических пород, распространенных в пределах Брусиловской шовной зоны. В результате микрозондовых исследований минералов-включений в ядрах кристаллов циркона из различных пород установлены минеральные ассоциации гранулитовой фации, характерной для Подольского геоблока, и эпидот-амфиболитовой, типичной для Росинско-Тикичского мегаблока, что может быть использовано как диагностический признак. Представлены расчеты температур по биотитовым и двуполевошпатовым геотермометрам.

Ключевые слова: циркон, минеральные включения, химический состав, микроанализ, минеральная ассоциация.

S.I. Kurylo, L.M. Stepanyuk, O.V. Zjultsle, V.V. Zjultsle

MINERAL INCLUSIONS OF ZIRCON CRYSTALS FROM THE ROCKS OF BRUSILOV SUTURE ZONE

Brusilov suture zone is a zone of the coupling of Ros-Tikych megablock with Podolian geoblock of a rather complicated structure. This is due to the spread of structural-matter complex of one block within another one. This suture zone has submeridional strike, and runs partly along the Brusyliv fault. The shift in horizontal and vertical directions, caused the appearance of the more ancient rocks on the surface, which is probably the basis for rock of Ros-Tikych series lying above. This spatial combination of complexes of different ages causes significant problems referring them to certain complexes, and the results of uranium-lead isotopic researches of zircon do not always give a possibility to share these associations.

Division and correlation of supracrustal rocks are largely complicated by their structural and metamorphic transformations in paleoproterozoic in conditions of amphibolite facies. As the result of this, the rocks of the Podolian block largely suffered of diaphthoresis process in PT conditions of amphibolite facies.

In this paper we examine the results of the study of mineral inclusions in the cores of zircon crystals from granitoids and metamorphic rocks spread within the suture zone.

Zircon crystal is stable in a wide range of TP conditions and therefore reflects information about all the changes that they have undergone over time. Kernels in zircon crystals reflect temporal, mineralogical and geochemical information concerning creation of ancient original rocks from the crust of substrate, while shells are reflecting the time of the latest transformation which initial rocks are subjected to.

The studies of the morphology and anatomy of zircon crystals are carried out by electronic and optical microscopy. Identification of the major features of the chemical composition of mineral inclusions is carried out by the same electron microscope microanalyzer JEOL 6700.

The results of mineralogical researches of zircon crystals of the most of studied samples show complicated structure of crystals. This is due to the presence of relict cores substrate rocks and shells, crystallization of which is related probably to the processes of metamorphism and granite formation which was synchronous to it.

The mineral associations have determined granulite facies for samples of plagiogranite, plagiogneiss and epidote amphibolite facies for diorite, pegmatite and amphibolites, according to the results of microprobe studies of minerals inclusions in zircon crystals.

Formation of biotite of kernels is determined the temperature is for its granulite facies 950-1150 °C, and the temperature for epidote-amphibolite facies is 820-921 °C. The temperature of formation of kernels of epidote amphibolite facies is 526.35-562.93 °C at a pressure of 2 to 6 kbar respectively, it was calculated by two feldspar geothermometers, for mineral inclusions of zircon crystal kernels of diorite sample.

Key words: zircon, mineral inclusions, chemical composition, microanalysis, mineral association.