

## ОСОБЛИВОСТІ РЕЧОВИННОГО СКЛАДУ ВИСОКОТИТАНИСТОЇ УЛЬТРАМАФІТОВОЇ ДАЙКОВОЇ ПОРОДИ З АНДРІЇВСЬКОГО КАР'ЄРУ (СХІДНЕ ПРИАЗОВ'Я)

В.О. Гаценко, С.Г. Кривдік, С.В. Кушнір

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України  
03142, просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна  
E-mail: vera.gatsenko@ukr.net*

Викладено результати дослідження речовинного складу ультрамафітової дайкової породи, хімічний склад якої був проаналізований у минулому столітті і привернув увагу вчених суттєво високим вмістом  $\text{TiO}_2$  (понад 9 %). Дайка розташовується в Андріївському кар'єрі (Приазов'я, Волноваський район), де вона прориває граніти анадольського комплексу. Дайкова порода представлена порфіровим ультрамафітом із дрібнокристалічною основною масою, нерівномірно розповсюдженими великими фенокристами клінопіроксену та частою вкрапленістю рудних мінералів. Основна маса породи містить дрібні мікроліти клінопіроксену, а також: титаніт, титаномагнетит, магнетит, альбіт та частково хлоритизоване вулканічне скло. Фіксуються поодинокі акцесорні зерна чевкінітоподібного мінералу. За хімічним складом піроксену фенокристів і мікролітів є подібними, зональність відсутня. Склад піроксенів дайки —  $\text{Wo}_{46-50}\text{En}_{39-43}\text{Fs}_{10-13}$ , характерні підвищений вміст  $\text{TiO}_2$  (до 4,9 %),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (до 6,5),  $\text{MgO}$  (12,5—14,4),  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (до 0,3), невисока залізистість (0,19—0,25). Одним із головних мінералів-носіїв титану в ультрамафітій дайковій породі є титаніт (вміст  $\text{TiO}_2$  до 40 %). Рудні мінерали представлені титаномагнетитом ( $\text{TiO}_2$  11—21 %) та магнетитом. Ільменіту в породі не виявлено. Цікавою особливістю титаномагнетиту досліджуваної дайки є наявність у крупних зернах структур розпаду ульвошпінелі. Високий вміст  $\text{TiO}_2$  та  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в клінопіроксені є індикаторною ознакою магматичних порід підвищеної лужності, але досліджувана дайка має низький вміст лугів (менше за 1 %). Високотитанистий дайковий ультрамафіт Андріївського кар'єру суттєво відрізняється за своїм речовинним складом від подібних дайкових утворень Покрово-Кириївського масиву та Приазов'я.

*Ключові слова:* високотитанисті ультрамафітові дайкові породи, ульвошпінель, Андріївський кар'єр, Покрово-Кириївський масив, Східне Приазов'я.

**Вступ.** Наприкінці минулого століття в невеликому щебеновому кар'єрі (100—150 м), С.Г. Кривдік з колегами відібрали пробу з темно-сірої, міцної масивної дайки, що перетинала вмісні граніти анадольського комплексу.

Хімічний склад дайкової породи було визначено в лабораторії Інституту геохімії та фізики мінералів АН УРСР (нині Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка (ІГМР) НАН України, м. Київ) та опубліковано в 1985 р. [2] й пізніше [3, 9 та ін.]. Речовинний склад дайки відразу зацікавив дослідників високим

вмістом  $\text{TiO}_2$  — понад 9 %. Учені намагалися детальніше вивчити цю дайку *in situ*, але, на жаль, наступного разу під час відвідування Андріївського щебенового кар'єру цієї ультрамафітової дайки вони вже не знайшли.

Стислий петрографічний опис породи було наведено [2], але досі не було досліджено речовинний склад цієї цікавої дайкової породи на сучасному аналітичному рівні.

**Метою** цієї публікації є всебічне вивчення мікроструктурних особливостей та хімічного складу мінералів високотитанистої ультрамафітової дайкової породи Андріївського гранітного кар'єру (Волноваський район), а також порівняння особ-

© Гаценко В.О., Кривдік С.Г., Кушнір С.В., 2019

ливостей складу цієї породи з подібними утвореннями Приазов'я, насамперед, ультрамафітових дайкових порід Покрово-Кириївського масиву.

**Розташування об'єкту досліджень.** Гранітний кар'єр, де було відібрано ультрамафітову дайку з високим вмістом титану, знаходиться у Волноваському районі Донецької області між селами Андріївка та Анадоль, в 12,7 км від південно-східної околиці м. Волноваха (рис. 1, *a*). На оступних супутникових знімках видно, що нині кар'єр не діє. Він затоплений (рис. 1, *б*). Це унеможливлює польові дослідження. Нам доступна була тільки проба, відібрана сорок років тому.

**Методика досліджень.** Петрографічне вивчення шліфів проводилося у ІГМР НАН України за допомогою оптичного поляризаційного мікроскопа *ECLIPSE LV100POL (Nikon)*. Хімічний склад мінералів ультрамафітової дайки визначено за допомогою методу мікрозондового аналізу з використанням рентгенівського мікроаналізатора *JXA-733 (JEOL, Японія)* в ІГМР НАН України. Хіміч-

ний аналіз дайкових порід виконано методом силікатного аналізу в ІГМР НАН України.

**Мінералого-петрографічні особливості породи.** Ультрамафітова дайка представлена порфіровою породою з дрібнокристалічною основною масою і нерівномірно розташованими великими фенокритами клінопіроксену та частою вкрапленістю рудного мінералу (рис. 2, *a, б*). Розмір фенокристів сягає 6–7 мм, форма кристалів прямокутна, видовжена, рідше – неправильна. У видовжених піроксенах довжина кристалів у 5–10 разів більша за ширину. Для фенокристів характерно бліде рожево-коричнювате забарвлення, відсутність плеохроїзму, прості двійники (рис. 2, *в*), інтерференційне забарвлення низьких кольорів (до оранжевого), відсутність зональності, нечасті включення магнетиту та титаніту. Досить поширено обростання фенокристів по краях титанітом. Фенокристи складають приблизно 25–35 % від маси породи.

Основна маса (рис. 2, *б*) містить дрібні мікроліти клінопіроксену (35–40 %), титаніту (30–

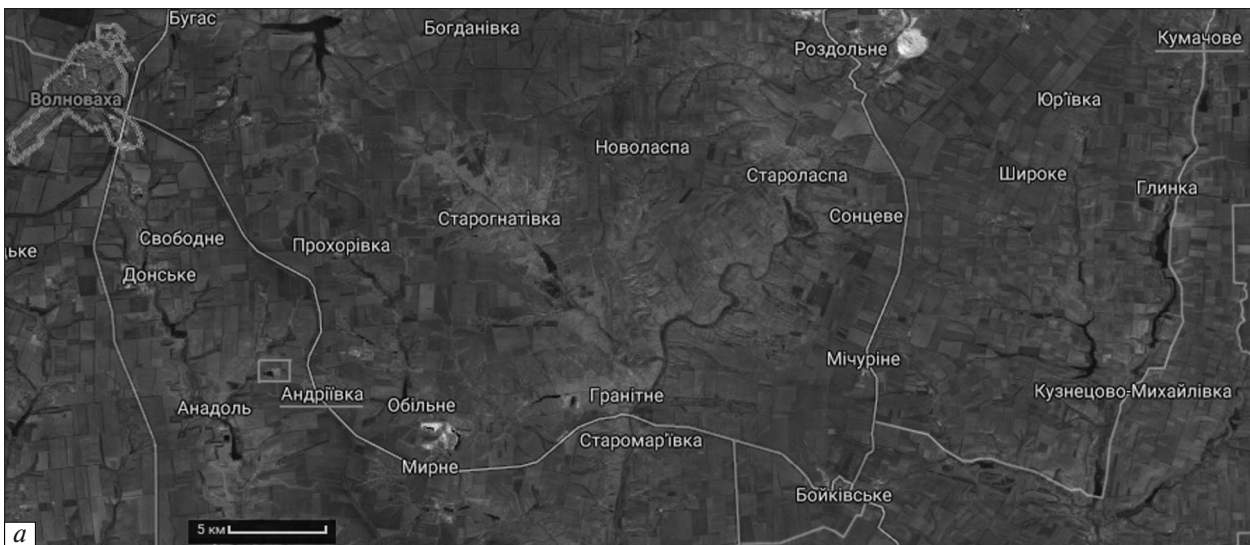


Рис. 1. Місце знаходження Андріївського кар'єру (позначено прямокутником) та Покрово-Кириїво (Кумачове) (підкреслено) на сучасній (2019) супутниковій карті (*Google-maps*) (*a*), Андріївський кар'єр, який на даний час є затопленим (*б*)

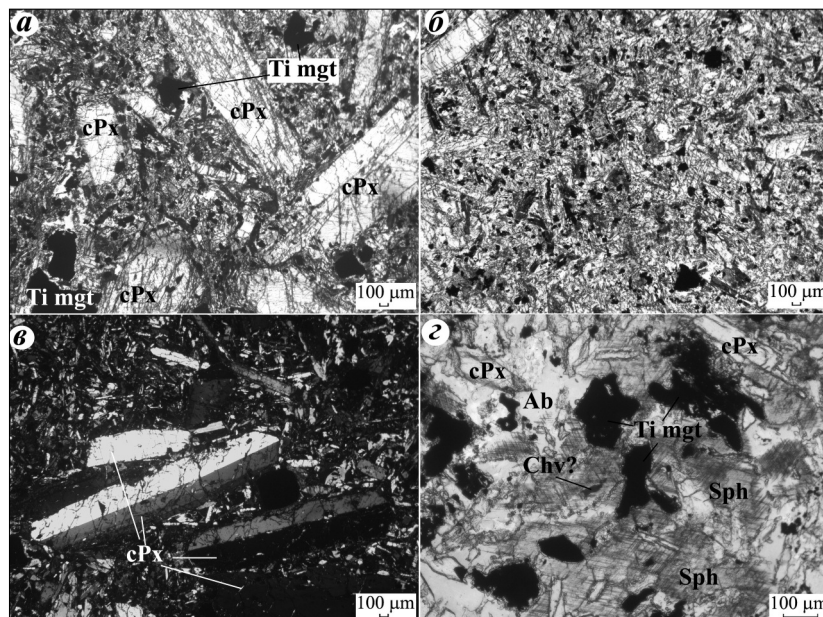


Рис. 2. Мікроструктурні особливості мафітової дайкової породи: а — скупчення крупних фенокристів клінопіроксену та вкраплеників рудного мінералу; б — мікрокристалічна загальна маса породи, в — скупчення видовжених фенокристів із простими двійниками (ніколи схрещені); г — мікроскопічні ґратчасті тонкі включення, що мають вигляд мережі на поверхні титаніту. Умовні позначення: cPx — клінопіроксен, Sph — титаніт, Ti mgt — титаномагнетит, Ab — альбіт, Chv? — чевквинітоподібний мінерал

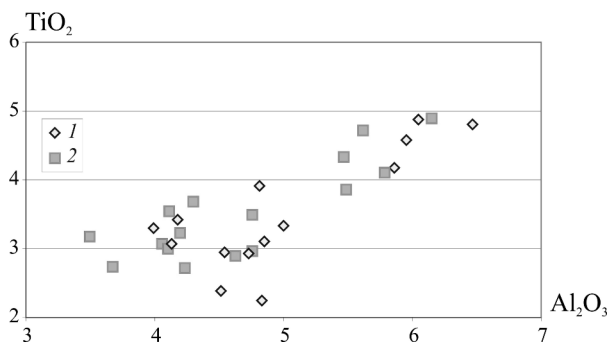


Рис. 3. Співвідношення вмісту  $TiO_2$  та  $Al_2O_3$  в піроксенах: 1 — фенокристи, 2 — мікроліти

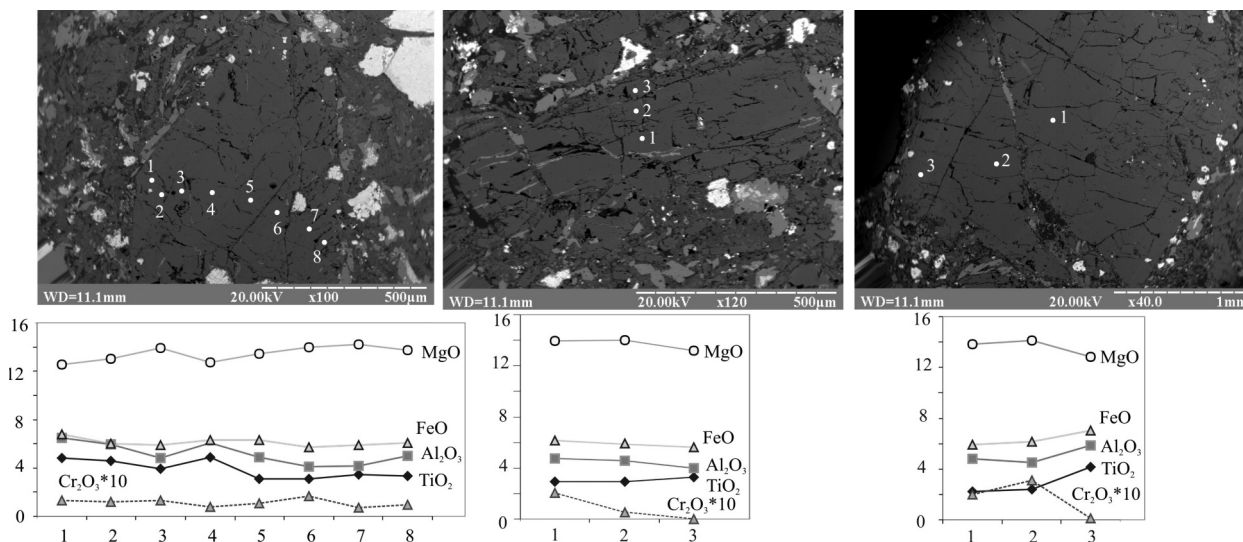


Рис. 4. Результати дослідження однорідності хімічного складу трьох зерен фенокристів піроксенів

35 %), рудних мінералів мікроскопічного розміру і кутастих включень розміром до 0,5 мм (20—25 %), мікрозернисті агрегати альбіту та частково хлоритизованого вулканічного скла. Фіксуються поодинокі акцесорні зерна чевквинітоподібного мінералу.

Мікроліти клінопіроксену ідіоморфні, представлені видовженими прямокутними розрізами чи зернами неправильної форми розміром не більше ніж  $0,5 \times 0,3$  мм, частіше —  $0,2 \times 0,1$  мм. Спостерігаються включення титаніту чи обростання мікро-

Таблиця 1. Результати вибіркового мікронзондових аналізів складу піроксенів ультрамафітової дайкової породи з гранітного кар'єру с. Андріївка

Компонент	Центральна частина фенокриста		Крайова частина фенокриста			Мікроліти					
SiO <sub>2</sub>	47,40	48,76	45,99	48,99	48,31	50,25	48,06	48,93	46,67	47,15	49,84
TiO <sub>2</sub>	4,87	2,24	4,80	3,42	3,92	3,18	3,50	3,23	4,72	4,90	2,73
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,05	4,83	6,47	4,17	4,81	3,50	4,76	4,19	5,62	6,15	3,68
FeO	6,33	5,92	6,78	5,87	5,87	6,00	6,59	6,89	6,94	7,60	6,14
MnO	0,14	0,11	0,09	0,18	0,13	0,16	0,00	0,12	0,16	0,12	0,19
MgO	12,70	13,84	12,53	14,19	13,94	14,39	13,22	13,24	12,86	12,49	13,70
CaO	22,68	20,93	22,40	22,18	22,41	22,29	22,08	22,19	22,06	21,43	22,46
Na <sub>2</sub> O	0,53	2,19	0,00	0,88	0,00	0,00	1,33	1,01	0,73	0,00	0,95
K <sub>2</sub> O	0,01	0,01	0,08	0,06	0,05	0,01	0,09	0,06	0,04	0,07	0,06
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,08	0,20	0,13	0,07	0,13	0,19	0,20	0,15	0,13	0,09	0,03
ZnO	0,09	0,05	0,00	0,00	0,00	0,03	0,16	0,00	0,04	0,00	0,20
Σ	100,90	99,08	99,28	100,01	99,57	99,99	99,99	100,02	99,99	100,00	99,99
Формульні коефіцієнти розраховані на 4 катіони											
Si	1,757	1,795	1,738	1,810	1,807	1,871	1,779	1,815	1,741	1,775	1,846
Ti	0,136	0,062	0,136	0,095	0,110	0,089	0,097	0,090	0,133	0,139	0,076
Al	0,264	0,210	0,288	0,182	0,212	0,154	0,208	0,183	0,247	0,273	0,160
Fe <sup>+2</sup>	0,196	0,182	0,214	0,181	0,184	0,187	0,204	0,214	0,217	0,239	0,190
Mn	0,004	0,004	0,003	0,006	0,004	0,005	0,000	0,004	0,005	0,004	0,006
Mg	0,702	0,760	0,706	0,781	0,778	0,799	0,730	0,732	0,716	0,701	0,757
Ca	0,900	0,826	0,907	0,878	0,898	0,889	0,876	0,882	0,882	0,864	0,892
Na	0,038	0,156	0,000	0,063	0,000	0,000	0,095	0,073	0,053	0,000	0,069
Cr	0,002	0,006	0,004	0,002	0,004	0,005	0,006	0,004	0,004	0,003	0,001
Σ	3,997	3,995	3,992	3,996	3,993	3,994	3,989	3,993	3,994	3,995	3,996
Мінали, мол.%											
Wo	49,9	46,6	49,6	47,6	48,2	47,3	48,4	48,1	48,5	47,8	48,3
En	39,0	42,9	38,6	42,3	41,7	42,5	40,3	40,0	39,3	38,8	41,0
Fs	11,1	10,5	11,9	10,1	10,1	10,2	11,3	11,9	12,2	13,4	10,6

літів цим мінералом. Хімічний склад піроксенів фенокристів та мікролітів суттєво не відрізняється між собою (табл. 1). Характерним для піроксенів є високий вміст TiO<sub>2</sub> (до 4,9 %) та Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (до 6,5 %), підвищений вміст MgO (12,5–14,4 %), невисока залізистість (Fe / (Fe + Mg)) – 0,19–0,25. Також зафіксовано підвищений вміст Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (до 0,3 %). Спостерігається пряма кореляція між TiO<sub>2</sub> та Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (рис. 3). Під час дослідження фенокристів виявлено зовсім незначне коливання складу в межах кристалу, хімічну зональність не виявлено (рис. 3). З метою з'ясування однорідності фенокристів ми дослідили три кристали, результати ілюструє рис. 4. За незначним коливанням вмісту головних оксидів закономірність не простежується.

За складом клінопіроксени ультрамафітової дайки Андріївського кар'єру відповідають саліту Wo<sub>46–50</sub>En<sub>39–43</sub>Fs<sub>10–13</sub> з підвищеним вмістом титану, алюмінію та хрому. За цими характеристиками клінопіроксен досліджуваної дайки подібний до цього мінералу мафітових дайок Покрово-Київського масиву [5, 6], що демонструє класифікаційна діаграма *Di – Hd – En – Fs* (рис. 5). Також склад досліджуваних піроксенів дуже близький до цих мінералів з ультрамафітів Новоукраїнського дайкового поля [8]. Водночас досліджувані піроксени відрізняються від цього мінералу з піроксенітів та габроїдів Покрово-Київського масиву [1], що репрезентовані авгітами, а також від ядер фенокристів малінітів, що потраплять у

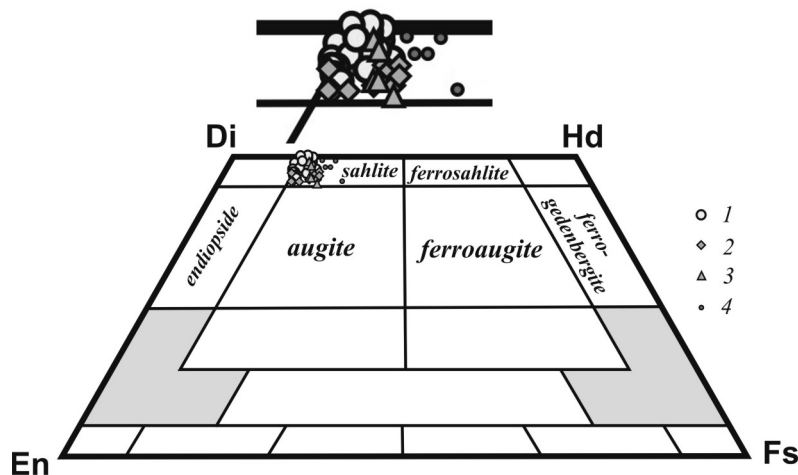


Рис. 5. Мінальний склад піроксенів на класифікаційній діаграмі Di–Hd–En–Fs: 1 – піроксени з дайкової породи Андріївського кар’єру. Піроксени з мафітових дайкових порід Покрово-Київського масиву: 2 – дайка в габроїдах [5], 3 – дайка в гранітах [4], 4 – дайка в нефелінових сієнітах [6]

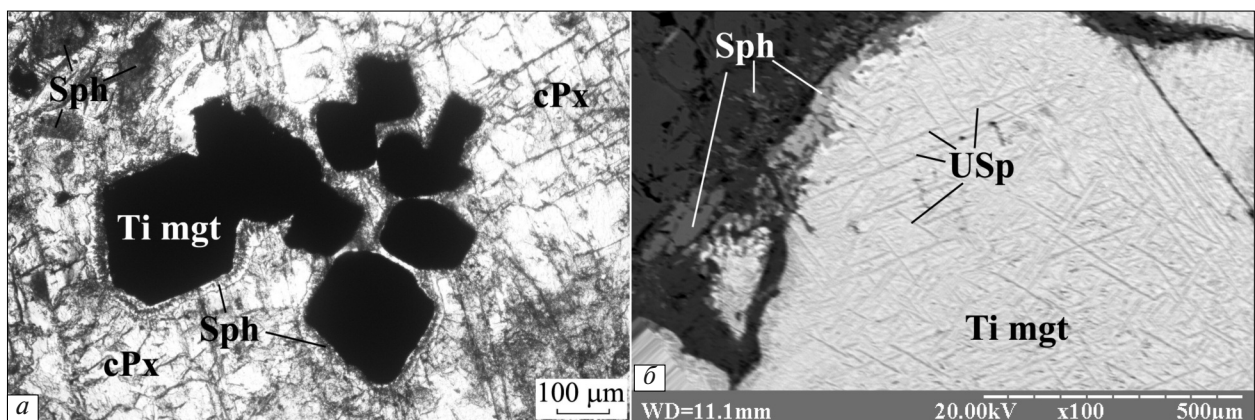


Рис. 6. Титаномagnetит в дайковій породі: а – скупчення крупних кристалів із облямівкою титаніту (прохідне світло), б – мікроламель ульвошпінелі в титаномagnetиті (зображення у відбитих електронах); cPx – клінопіроксен, Sph – титаніт, USp – ульвошпінель

поле салітів, але мають дещо підвищену лужність, менший вміст титану й алюмінію і вміст хрому нижчий за поріг вимірювання приладу.

*Титаніт* наявний у вигляді невеликих самостійних зерен та облямівок інших мінералів (клінопіроксен, магнетит) (рис. 2, а, б, 6, а). Деякі зерна титаніту ідіоморфні, трапляються у вигляді правильних ромбічних кристалів чи зерен неправильної форми розміром переважно 0,1–0,2 мм, поодинокі зерна до 0,4 мм за видовженням. Цей мінерал має в шліфі насичений коричневий колір у крупніших зернах, для нього також є характерними мікроскопічні гратчасті тонкі включення, які розташовуються у вигляді мереж на поверхні і спостерігаються за великого збільшення під мікроскопом (рис. 6, б). Ці включення не є рудним мінералом, бо у відбитих електронах у титаніті не виявлено неоднорідності складу. Також під час мікрозондових досліджень у складі мінералу не виявлено рідкісноземельних елементів (табл. 2).

Рудні мінерали ультрамафітової дайки представлені титаномagnetитом та магнетитом (табл. 2).

*Титаномagnetит* спостерігається у вигляді ідіоморфних кристалів і зерен неправильної форми. Це кристали розміром до 1 мм, які теж можна вважати порфіровими виділеннями, але більшість зерен є складовою основної маси породи і мають розмір менший за 0,1 мм. Певна кількість зерен титаномagnetиту основної маси також є ідіоморфною. Як відмічалось вище, для титаномagnetиту характерні облямівки титаніту (рис. 6, а, б). Вимірний вміст  $TiO_2$  в мінералі коливається від 11 до 21 %, також спостерігається дещо підвищений вміст MnO (до 2 %), в одному замірі зафіксовано 0,3 %  $Cr_2O_3$ . Головною дуже цікавою особливістю речовинного складу титаномagnetиту досліджуваної дайки є наявність у крупних зернах структур розпаду ульвошпінелі (рис. 6, б).

*Магнетит* представлений дрібними зернами неправильної, часто звивистої форми. Мінерал наявний у основній масі породи, де розташовується в міжзерновому просторі, іноді представлений мікрвключеннями в фенокристах клінопіроксену, часто асоціює із титанітом. Вміст  $TiO_2$  в магне-

Таблиця 2. Результати вибірових мікрондонних аналізів складу рудних мінералів та титаніту ультрамафітової дайкової породи з гранітного кар'єру с. Андріївка

Компонент	Титаномагнетит				Магнетит				Ульвошпінель		Титаніт		
	0,56	0,59	0,70	0,67	0,89	0,79	0,83	0,72	0,80	0,67	27,60	27,36	27,81
SiO <sub>2</sub>	0,56	0,59	0,70	0,67	0,89	0,79	0,83	0,72	0,80	0,67	27,60	27,36	27,81
TiO <sub>2</sub>	12,51	20,74	11,84	11,25	0,65	0,57	0,57	0,27	38,64	35,59	39,59	39,27	38,60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,51	0,18	0,47	0,33	0,47	0,32	0,48	0,63	0,46	1,72	2,14	1,65	1,99
FeO	77,05	69,06	76,93	78,19	94,98	94,61	92,34	93,01	59,60	61,35	1,85	1,62	1,59
MnO	1,43	1,90	0,68	0,65	0,16	0	0,10	0	0,51	0,52	0,00	0,05	0,05
MgO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,44	0,38	0,70
CaO	0	0,16	0,14	0,23	0,13	0,20	0,08	0,19	0	0	27,35	26,74	26,22
Na <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0	0
K <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,09	0,06	0,09
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,34	0	0	0	0,03	0	0,05	0,08	0	0	0	0	0
ZnO		0	0	0	0,13	0	0,18	0	0	0	0	0	0
Σ	92,40	92,63	90,75	91,34	97,46	96,50	94,63	94,89	100,00	100,00	99,11	97,12	97,05

Таблиця 3. Хімічний склад ультрамафітових дайкових порід з кар'єру с. Андріївка (1), Покрово-Киріївського масиву (2—6) та ефузивних аналогів польвошпатових піроксенітів б. Комишуваха

Компонент	Порода та номер зразка										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	79Г	34-180,3	34-185,0	34-189,7	35-234,6	325/86	9	10	11	14	
SiO <sub>2</sub>	36,40	41,24	39,53	34,87	35,81	37,12	40,72	41,02	42,18	43,80	
TiO <sub>2</sub>	9,24	4,78	5,47	5,42	6,24	4,62	8,44	8,40	8,97	7,21	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,60	7,97	8,29	8,12	7,33	11,18	8,10	8,69	8,42	9,55	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,66	7,65	10,09	7,70	8,93	7,12	8,66	7,55	9,26	6,87	
FeO	8,86	7,87	8,01	8,85	8,44	7,15	7,36	8,16	7,26	8,45	
MnO	0,24	0,18	0,19	0,11	0,12	0,26	0,17	0,23	0,33	0,22	
MgO	8,83	9,85	9,21	14,24	10,97	6,65	6,73	7,32	7,02	7,46	
CaO	14,19	10,77	10,68	12,74	12,28	11,59	13,24	13,44	12,58	12,36	
Na <sub>2</sub> O	0,72	2,84	2,25	0,33	1,40	1,67	1,60	1,10	1,30	1,67	
K <sub>2</sub> O	0,18	1,95	1,80	2,00	2,30	4,35	1,80	2,41	1,93	1,25	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,29	0,64	0,72	0,76	0,55	0,89	0,26	0,38	—	0,23	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	—	—	—	—	—	0,03	0,02	—	—	
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02	—	—	—	—	—	0,12	0,13	0,11	0,13	
S	0,01	0,22	0,19	0,02	0,26	0,06	1,78	—	0,01	0,02	
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,30	0,57	0,55	1,31	0,65	0,28	0,40	0,24	0,30	0,38	
CO <sub>2</sub>	0,35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
В. п. п.	2,69	3,10	3,03	3,94	4,62	6,65	1,12	0,62	0,72	1,06	
Σ	99,61	99,63	100,01	100,41	99,90	99,59	99,41	99,09	99,67	99,60	

Примітки: 1 — дайка в анадольських гранітах (кар'єр біля с. Андріївка [2]), Покрово-Киріївський масив: 2—4 — дайка, що перетинає граніти [4, 9] (св.34, гл. 180,3, 185,0 та 189,7, 5 — дайка в габроїдах (св. 35 гл. 234,6) [5, 9]; 6 — дайка в нефелінових сієнітах [6], 7—10 — авгітові базальти (за Н.Н. Ормонт, 1951) [7]; прочерк — вимірювання не виконували.

тити не перевищує 1 %, що вказує на його вторинне походження. З мікродомішок зафіксовані Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (до 0,1 %), MnO (0,1 %), ZnO (до 2 %).

Плагіоклаз ультрамафітової дайкової породи відповідає альбіту. Він присутній у основній масі породи у вигляді незмінених ксеноморфних зерен розміром до 0,1 мм. Плагіоклаз асоціює з вулканічним склом, разом вони складають не більше

5—10 % породи. Вулканічне скло як мікроскопічні зерна, різною мірою заміщені хлоритовою речовиною. Характерними рисами її хімічного складу є достатньо висока залізистість (до 0,6) та наявність мікродомішок Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> та ZnO.

В акцесорних кількостях у породі наявний мінерал, візуально подібний до чевкніту. Інших акцесорних мінералів не виявлено. Ми плануємо

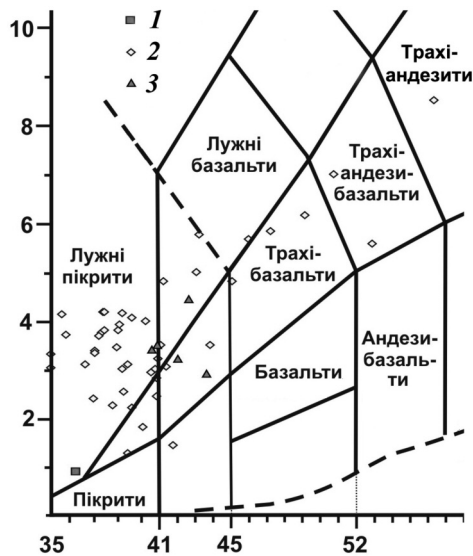


Рис. 7. Розташування точок складу дайкової породи (1), ультрамафітових дайкових утворень Покрово-Киріївського масиву (2) та авгітових базальтів б. Комишуваха [7] (3) на діаграмі систематики магматичних гірських порід у координатах  $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$

подальше дослідження акцесорної мінералізації ультрамафітової дайкової породи.

**Обговорення результатів та висновки.** Високотитаниста дайкова порода Андріївського кар'єру представлена порфіровим мікропіроксенітом з фенокритами саліту, підвищеним вмістом титаніту та титаномагнетиту.

Високотитанистий порфіровий мікропіроксеніт подібний до ультрамафітових дайкових утворень Покрово-Киріївського масиву (ПКМ) [6, 9]. Це, насамперед, високий вміст титану, навіть вищий за виміряний у дайкових породах ПКМ (табл. 3). Подібним є хімічний склад піроксену, а також кислий склад плагіоклазу, представленого альбітом. Але існує ряд суттєвих відмінностей цих дайкових порід. Зазвичай основним носієм титану в мафітових дайкових породах ПКМ є рудні мінерали, насамперед ільменіт. Але у мікропіроксеніті Андріївського кар'єру ільменіт відсутній. Висока титанистість цієї дайкової породи пояснюється наявністю великої кількості іншого титанового мінералу титаніту, вміст  $\text{TiO}_2$  в якому сягає майже 40 %. В ультрамафітових дайкових породах ПКМ титаніт є другорядним мінералом. До того ж у мікропіроксеніті Андріївського кар'єру не виявле-

но слюд, амфіболів (хоча очікуваним був керсутит) і сульфідів — ці мінерали в різній кількості присутні в дайкових утвореннях ПКМ. Також вміст плагіоклазу, також представленого альбітом, у дайкових породах ПКМ суттєво вищий. Більша кількість плагіоклазу та наявність слюд обумовлюють підвищений вміст лугів у високотитанистих мафітових дайкових породах ПКМ, який зазвичай перевищує 2 %, на відміну від досліджуваної породи, де цей показник дорівнює 0,9 %.

Інші високотитанисті дайкові породи Приазов'я — ефузивні аналоги польвошпатових піроксенітів (согендаліти) ( $\text{TiO}_2$  від 7,2 до 9 %) — порфірові породи з фенокритами клінопіроксену, що виявлені в балці Комишуваха [7], мають більший вміст  $\text{SiO}_2$  та лугів (табл. 3), в них у невеликій кількості присутні мінерали, невластиві досліджуваному порфіровому мікропіроксеніту: карбонат, серпентин, який утворився по первинному олівіну, та біотит. Відмінність хімічного складу досліджуваної дайкової породи від таких ПКМ та б. Комишуваха демонструє *TAS* діаграма (рис. 7).

Серед опублікованих хімічних аналізів ультрамафітових дайкових порід Інгульського району з підвищеним вмістом титану, про які згадано вище, виявлено декілька проб із вмістом  $\text{TiO}_2$ , що перевищує 6 % [8, 10]. Але вміст лугів у всіх цих породах вищий за 3 %. Тобто аналогів досліджуваній дайковій породі серед цих утворень поки ще не виявлено.

Дуже цікавою є знахідка ультрамафітової породи у досліджуваному порфіровому мікропіроксеніті, такі структури розпаду титаномагнетиту в дайкових породах Приазов'я зафіксовано вперше.

Високий вміст титану та алюмінію в клінопіроксені є індикаторною ознакою магматичних порід підвищеної лужності, водночас, лужність дайкової породи, що досліджується менше 1 %.

Можна стверджувати, що ультрамафітова дайкова порода Андріївського кар'єру є унікальним утворенням, вона суттєво відрізняється за своїм речовинним складом від подібних тіл ПКМ, Приазов'я [7, 9] та інших районів Українського щита.

Висловлюємо щире подяку співробітникам ІГМР НАН України канд. геол. наук С.І. Курилу та В.М. Бельському за допомогу в аналітичному дослідженні мінералів ультрамафітової дайки.

#### Література

1. Гаценко В., Андреев О. Піроксени порід Покрово-Киріївського масиву: особливості морфології та хімічного складу. *Мінерал. зб.* 2018. Вип. 1, № 68. С. 99—102.
2. Глевасский Е.Б., Кривдик С.Г. Пояс докембрійських даек щелочных метальтрабазитов в Западном Приазовье. *Геол. журн.* 1985. № 4. С. 58—64.
3. Кривдик С.Г., Ткачук В.И. Петрология щелочных пород Украинского щита. Киев: Наук. думка, 1990. 408 с.

4. Кривдік С.Г., Гаценко В.О., Луньов Є.С. Про контактний вплив сублужних габроїдів (мафітів) Покрово-Кириївського масиву на вмішувальні граніти. *Геол. журн.* 2016. № 3 (356). С. 21–30.
5. Кривдік С.Г., Шаригін В.В., Гаценко В.О., Луньов Є.С. Піроксени Покрово-Кириївського масиву (Приазов'я, Україна). *Мінерал. журн.* 2016. **38**, № 3. С. 24–38.
6. Кривдік С.Г., Шаригін В.В., Гаценко В.О., Луньов Є.С. Новий тип дайкової породи в Покрово-Кириївському масиві (Приазов'я, Україна). *Мінерал. журн.* 2017. **39**, № 3. С. 53–66.
7. Макухіна Г.О. Петрографія дайково-ефузивного комплексу південно-західного Донбасу. Київ, 1961. 144 с.
8. Митрохин А.В., Вишнева Е.А., Гаценко В.А., Митрохина Т.В., Михальченко И.И., Шумлянський Л.В. Петрологія, геохімія і рудоносність ультрамафічних даек Новоукраїнського дайкового поля (Інгульський мегаблок Українського щита). *Мінерал. журн.* 2016. **38**, № 1. С. 42–57.
9. Фанерозойский магматизм восточного Приазовья Украинского щита и связанные с ним полезные ископаемые (петрология, геохимия и рудоносность). Київ: Компринт, 2015. — 318 с.
10. Bogdanova, S.V., Gintov, O.B., Kurlovich, D., Lubnina, N.V., Nilsson, M., Orlyuk, M.I., Pashkevich, I.K., Shumlyansky, L.V. & Starostenko, V.I. (2013) Late Palaeoproterozoic mafic dyking in the Ukrainian Shield of VolgoSarmatia caused by rotation during the assembly of supercontinent Columbia (Nuna). *Lithos.* 174. P. 196–216.

#### References

1. Hatsenko V., Andrieiev O. (2018). Pyroxenes from the rocks of Pokrovo-Kyryivskiy massif: features of morphology and chemical composition. *Mineralogical collection.* Iss. 68, No. 1, pp. 99-102 [in Ukrainian].
2. Glevassky E.B., Krivdik S.G. (1985). The Belt of Pre-Cambrian Dikes of Alkaline Metaultrabasites in the Western Part of the Azov Area. *Geol. Journ.* 45, No. 4, pp. 58-63 [in Russian].
3. Kryvdik, S.G. and Tkachuk, V.I. (1990). Petrology of alkaline rocks of the Ukrainian Shield. Kyiv, Nauk. dumka. 408 p. [in Russian].
4. Kryvdik S.G., Gatsenko V.O., Lunev E.S. (2016). The impact of the contact subalkaline gabbroids (mafites) of Pokrovo-Kyryiv massif in alkaline granites. *Geol. Journ.* 356, No. 3, pp. 21-30 [in Ukrainian].
5. Kryvdik S.G., Sharygin V.V., Gatsenko V.O., Lunev E.S. (2016). Pyroxene of the Pokrovo-Kyryiv massif (Azov Sea region, Ukraine). *Mineral. Journ. (Ukraine).* 38, No. 3, pp. 24-38 [in Ukrainian].
6. Kryvdik S.G., Sharygin V.V., Gatsenko V.O., Lunev E.S. (2017). A new type of dyke rock from Pokrovo-Kyryiv massif (Azov Sea area, Ukraine). *Mineral. Journ. (Ukraine).* 39 No. 3, pp. 53-66 [in Ukrainian].
7. Makukhina G.O. (1961) Petrography of the dyke-effusive complex of southwest Donbass. Kyiv. 144 p. [in Ukrainian].
8. Mitrokhin A.V., Vishnevskaya E.A., Gatsenko V.A., Mitrokhina T.V., Mikhalkchenko I.I., Shumlyansky L.V. Petrology, geochemistry and ore potential of ultramafic dykes of the Novjukrainka dyke field (Ingul terrain of the Ukrainian Shield), *Mineral. Journ. (Ukraine).* 38, No. 1, pp. 42-57 [in Russian].
9. Phanerozoic magmatism of Eastern Azov area of Ukrainian Shield and related commercial minerals (petrology, geochemistry and ore potential). (2015). Kyiv, Comprint. 318 p. [in Russian].
10. Bogdanova, S.V., Gintov, O.B., Kurlovich, D., Lubnina, N.V., Nilsson, M., Orlyuk, M.I., Pashkevich, I.K., Shumlyansky, L.V. & Starostenko, V.I. (2013) Late Palaeoproterozoic mafic dyking in the Ukrainian Shield of VolgoSarmatia caused by rotation during the assembly of supercontinent Columbia (Nuna). *Lithos.* 174, pp. 196-216.

V.O. Gatsenko, S.G. Kryvdik, S.V. Kushnir

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine  
34, acad. Palladin ave., Kyiv, Ukraine, 03142

#### Peculiarities of the composition of the high-titanium ultramafite dyke rock in the Andriivka open pit (the Eastern Azov area of the Ukrainian shield)

The article represents results of the study of the ultramafic dyke rock composition. The chemical composition of the dyke rock was analyzed in the last century and it has attracted the attention of the researchers by its high TiO<sub>2</sub> content (over 9 wt. %). The dyke was observed in Andriivka open pit (the Azov area of the Ukrainian Shield, the Volnovakha region) where it cut granites of the Anadol Complex. The ultramafic dyke is made of a porphyry rock with a fine-grained full-crystalline groundmass and large phenocryst of Ca-rich pyroxene and abundant opaque minerals. The groundmass contains small microliths of Ca-rich pyroxene as well as titanite, Ti-magnetite, magnetite, albite and chlorite. Rare grains of accessory chevkinite-like mineral are also noticed. Pyroxenes composing phenocrysts and microliths have identical chemical composition Wo<sub>46-50</sub>En<sub>39-43</sub>Fs<sub>10-13</sub>, and characterized by high content of TiO<sub>2</sub> (up to 4.9 wt. %), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (up to wt. 6.5 %), MgO (12.5-14.4 wt. %), Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (up to 0.3 wt. %), low iron content (0.19-0.25). Zoning is absent. Titanite is one of the main minerals of titanium in the studied ultramafic dyke rock. It contains up to wt. 40 % of TiO<sub>2</sub>. Fe-Ti oxides are represented by Ti-magnetite (TiO<sub>2</sub> 11-21 wt. %) and magnetite. Ilmenite has not been found in the rock. An interesting feature of the Ti-magnetite in the studied rock dyke is the presence in the large exsolution structures of ulvospinel. High content of TiO<sub>2</sub> and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in Ca-rich pyroxene is indicative of igneous rocks of high alkalinity, but the studied dyke rock has low contents of alkali (below 1 wt. %). The ultramafic dyke rock of the Andriivka open pit is significantly different in its composition from similar formations of the Pokrovo-Kyryiv massif and of the Azov area.

**Keywords:** high titanium ultramafic dykes, ulvospinel, the Andriivka open pit, the Pokrovo-Kyryiv massif, the Eastern Azov region.

Надійшла 30.10.2019.