УДК 552.33(477)

ФЛОГОПІТОВИЙ ДУНІТ ІНТРУЗИВУ МАЛИЙ ОСТРОЖОК (ПОДІЛЬСЬКИЙ МЕГАБЛОК УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА)

С.М. Цимбал, С.Г. Кривдік, Ю.С. Цимбал
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
пр. акад. Палладіна, 34, м. Київ, 03680, м. Київ, Україна
E-mail: yu.tsymbal@nas.gov.ua

Наведено результати петрографічних і мінералогічних досліджень дуніту інтрузиву Малий Острожок, розміщеного в північній частині Подільського мегаблоку Українського щита. Розмір його на сучасному ерозійному зрізі 150 × 350 м, падіння на південь під кутом 45–50°. Інтрузив прориває граніти бердичівського комплексу віком 2050–2020 млн років, має з ними реакційні контакти і містить ксенокристи характерних для цих порід альмандину і біотиту. Вперше детально вивчено хімічний склад породоутворювальних мінералів дуніту – олівіну, хроміту, флогопіту, амфіболу і піроксену. Олівін представлений форстеритом (f = 9–11 %) з підвищеним вмістом NiO (в середньому 0,45 %) і низьким – CaO. Ортопіроксен за складом відповідає алюмоенстатиту і алюмобронзиту (Al_2O_3 – 1,0–3,8 %, f = 10–14 %). Клінопіроксен трапляється рідко і належить до діопсиду (f = 11–13 %) та малохромистого діопсиду (f = 4,3 %). Флогопіт переважно інтерстиційний, високомагнезіальний (MgO – 23–26 %, f = 4–8 %). Амфібол інтерстиційного типу – гастингситова, еденітова і актинолітова рогова обманка. Хромшпінеліди утворюють ідіоморфні кристали октаедричного габітусу у вигляді включень в олівіні та флогопіті або окремих кристалів і їхніх сегрегацій в інтерстиціях. Вміст їх у дуніті становить 1–3 %, склад варіює в межах, %: Cr_2O_3 – 58–46; Al_2O_3 – 12–23; FeO – 20–25; Fe_2O_3 – 0–5; MgO – 6–9. Вони представлені двома мінеральними видами – хромітом і алюмохромітом помірної магнезіальності та низької титанистості. Для них характерна чітка зворотна залежність між вмістом Cr_2O_3 і Al_2O_3 + Fe_2O_3 та менш виразна між Cr_2O_3 і MgO. Всі хроміти високозалізисті (f = 55–70 %) і мають корове походження. Серед них відсутні високомагнезіальні різновиди, властиві ксенолітам мантійних дунітів і перидотитів із кімберлітів. Інтрузив дуніту має ознаки кристалізаційної диференціації і фракціонування олівіну. Вихідний для нього ультраосновний розплав утворився в результаті часткового плавлення деплетованого мантійного субстрату за умов низької фугітивності кисню і незначного впливу глибинного метасоматозу. Зважаючи на послідовність виділення мінералів, тренди еволюції їх хімічного складу та порівняно низькі значення температури рівноваги олівіну і хроміту, зроблено висновок, що дуніт є продуктом кристалізації залишкового розплаву з підвищеним вмістом Fe, Cr, Al, Ca, K і Na. За особливостями складу хромітів він подібний до дуніту капітанівського комплексу, інтрузиви якого відомі у Голованівській шовній зоні Українського щита і належать до дуніт-гарцбургітової хромітоносної формації палеопротерозойського віку.
Ключові слова: дуніт, олівін, хроміт, флогопіт, амфібол, інтрузив Малий Острожок.

Вступ. Флогопітові різновиди дунітів і перидотитів трапляються на Українському щиті (УЩ) рідко і вивчені дуже мало. Але ці породи мають велике петрологічне значення і заслуговують значно більшої уваги, ніж їм приділяють.

Інтрузив флогопітового дуніту Малий Острожок розташований у межах Подільського мегаблоку УЩ, точніше – в центральній частині Бердичівського блоку другого порядку, в 50 км на північ від м. Вінниця (рис. 1). Його виявили в 1961 році під час проведення геологічного картування масштабу 1 : 200 000 в результаті завірки магнітної аномалії діаметром понад 300 м (Рябенко В.А. та ін.). У подальшому на території аномалії були пробурені ще 10 свердловин з метою оконтурення інтрузиву і оцінки перспектив його нікеленосності (Древін А.Я., 1962 р.).

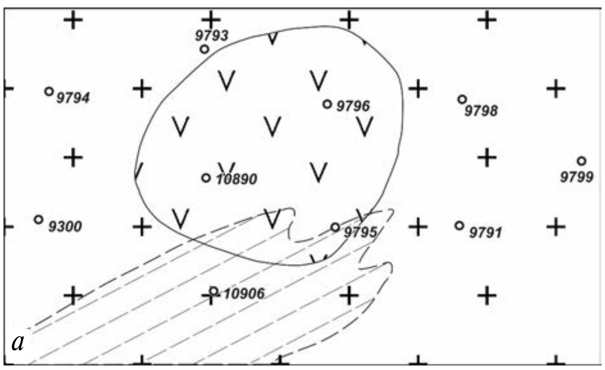
На дочетвертинному ерозійному зрізі інтрузив має розмір 150 × 350 м. Наявні свердловини розкрили повний розріз його до глибини 100–150 м (рис. 2). Було встановлено, що інтрузив нахилений на південь під кутом 45–50° і перекритий осадовими відкладами потужністю до 15 м. Верхня частина інтрузиву представлена корою вивітрювання дуніту потужністю 10–30 м, нижня – серпентинізованим дунітом. Інтрузив проривує гранітоїди бердичівського комплексу та гранат-біотитові гнейси березнинської товщі палеопротерозою. За останніми даними [4, 7, 9] вік гранітоїдів бердичівського комплексу 2050–2020 млн років (визначено методом *SHRIMP* за цирконом і монацитом).

Дуніт має реакційні контакти з гранітоїдами бердичівського комплексу і гранат-біотитовими гнейсами березнинської товщі та містить ксенокристи їхніх характерних мінералів – гранату альмандинового складу і титанистого біотиту. Тіло дуніту перетинають малопотужні жили аплітоїдних і апліто-пегматоїдних гранітів не з'ясованого віку і походження. В результаті реакційної взаємодії їх з вмісним дунітом у ньому зростає вміст новоутворених залізистого флогопіту, актиноліту і апатиту, а самі апліто-пегматоїдні граніти зазнають десиліфікації.

На жаль, кам'яний матеріал з інтрузиву Малий Острожок майже повністю втрачено. Для петрографічних і мінералогічних досліджень автори використали люб'язно надані в свій час Е.О. Нікуліною шліфи і протолочні проби дуніту і вмісних гранітоїдів.

Мета роботи – вивчити мінеральний склад дуніту інтрузиву Малий Острожок та визначити його формаційну приналежність.

Рис. 1. Положення інтрузиву Малий Острожок на Українському щиті: мегаблоки: I – Волинський, II – Подільський (Дністровсько-Бузький), III – Росинсько-Тікицький, IV – Інгульський, V – Середньопридніпровський, VI – Приазовський; шовні зони: 1 – Голованівська, 2 – Криворізько-Кременчуцька, 3 – Оріхово-Павлоградська; * – інтрузив Малий Острожок



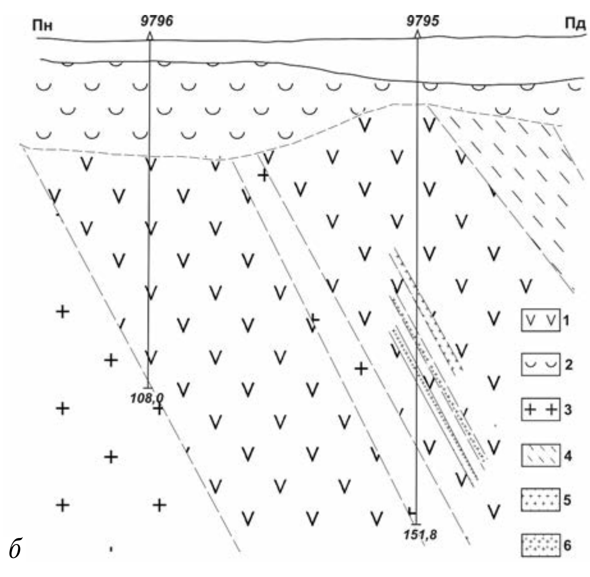
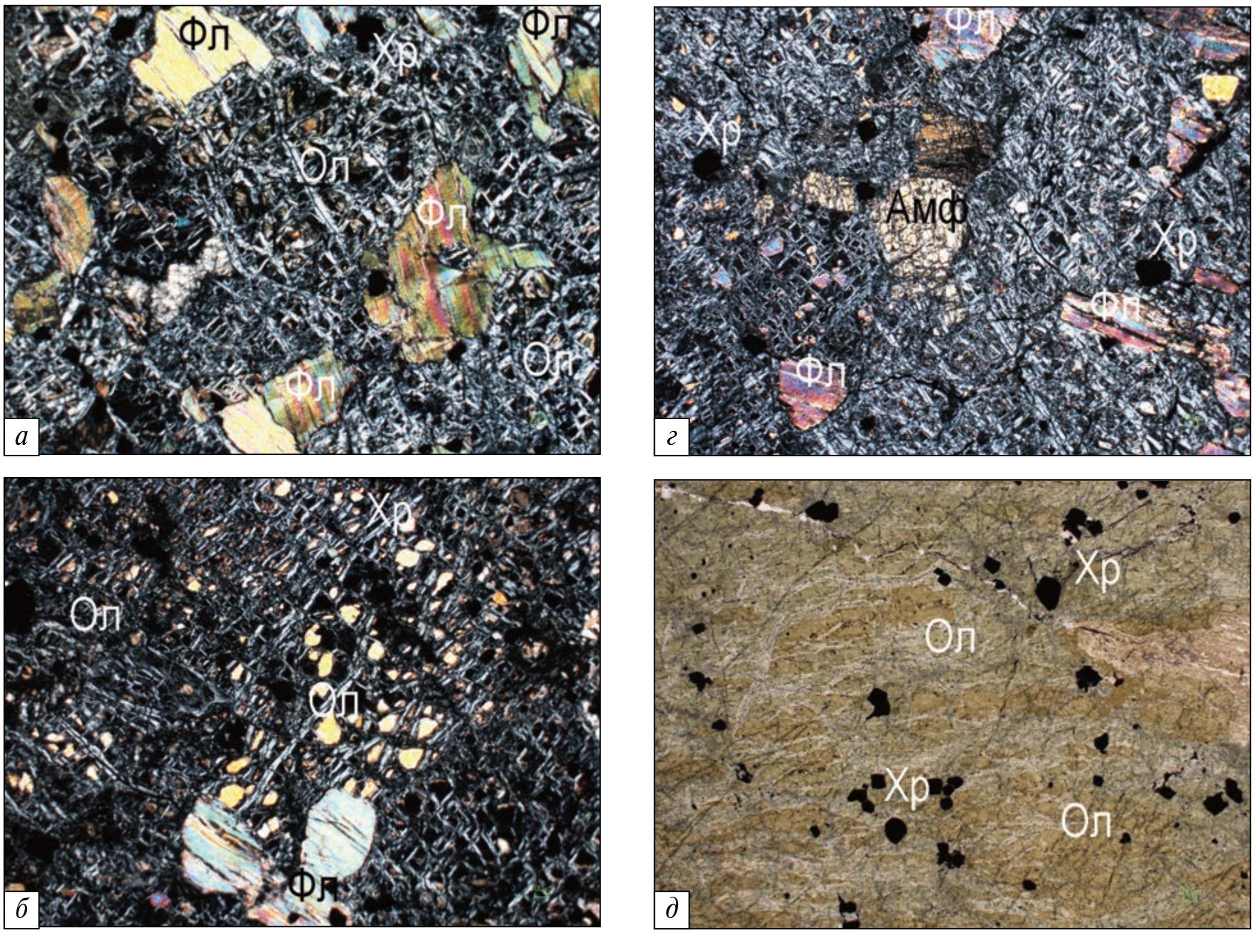


Рис. 2. Геологічна схема (*а*) та розріз (*б*) інтрузиву флогопітового дуніту Малий Острожок: *1* – дуніт флогопітовий серпентинізований; *2* – кора вивітрювання докембрійських кристалічних порід; *3* – гранітоїди бердичівського комплексу палеопротерозою; *4* – плагіогнейси березнинської товщі палеопротерозою; *5* – жильні тіла аплітоїдів і пегматитоподібних порід палеопротерозою; *6* – зони катаклазу і слюдитів

Методи дослідження. Ідентифікація дуніту виконана за петрографічними даними. Хімічний склад мінералів визначено на мікрозонді *Cameca SX*-50 за стандартною методикою. Для оцінки *P–T* умов утворення мінералів використано відомі геотермометри і геобарометри.

Результати дослідження. Петрографічне вивчення дуніту інтрузиву Малий Острожок показало, що він представлений різною мірою серпентинізованими середньо- і крупнозернистими різновидами. Головним породоутворювальним мінералом його є олівін. У підвищеній кількості містяться флогопіт (2–3 %, місцями до 5–10 %), магнезіально-кальцієві амфіболи (2–3 %), хромшпінеліди (1–3 %). Зрідка трапляються орто- і клінопіроксени, ільменіт, рутил. Серед вторинних мінералів переважає серпентин.

Олівін складає панідіоморфнозернистий каркас породи (рис. 3). Його зерна розміром 0,5–1,0 мм здебільшого заміщені серпентином, але іноді зберігаються їх свіжі релікти. Крім того, включення незміненого олівіну виявлені в хром-



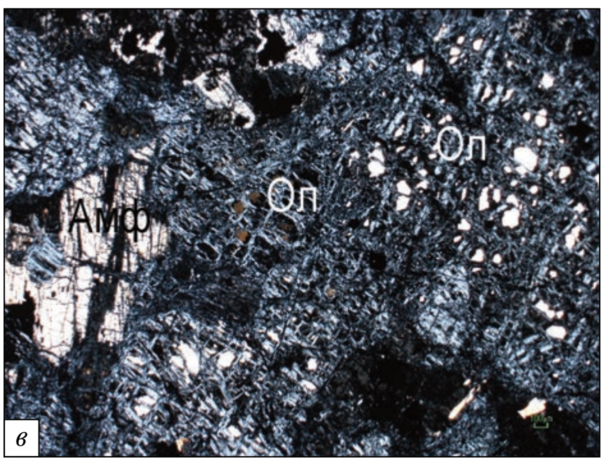


Рис. 3. Виділення породоутворювальних мінералів у серпентинизованому дуніті інтрузиву Малий Острожок: Ол – олівін серпентинізований, місцями не змінений (світлі ділянки), Фл – флогопіт, Амф – амфібол, Хр – хромшпінеліди (субідіоморфні чорні зерна). Зб. 25; *а–г* – нік. +, *д* – нік. ||

Таблиця 1. **Хімічний склад олівіну з флогопітового дуніту інтрузиву Малий Острожок, ваг. %**

Номер аналіза	SiO_2	Cr_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	NiO	Сума	*f*
1	39,34	0,09	9,33	0,23	50,21	0,05	0,68	99,93	9,40
2	39,80	0,00	9,75	0,11	49,50	0,00	0,66	99,82	9,90
3	39,50	0,00	9,55	0,14	50,00	0,01	0,42	99,62	9,70
4	39,70	0,00	9,60	0,18	49,90	0,00	0,17	99,55	9,70
5	39,70	0,07	9,85	0,07	49,87	0,06	0,35	99,97	10,00
6	40,89	0,07	9,29	0,07	48,94	0,04	0,54	99,84	9,60
7	39,48	0,00	9,68	0,14	49,23	0,05	0,52	99,10	9,90
8	40,10	0,01	9,50	0,05	49,80	0,00	0,26	99,72	9,70
9	40,03	0,00	9,55	0,23	50,00	0,02	0,15	99,98	9,70
10	39,26	0,06	10,11	0,04	49,70	0,09	0,52	99,78	10,20
11	39,56	0,00	9,44	0,17	49,90	0,02	0,55	99,64	9,60
12	40,20	0,00	9,30	0,16	49,80	0,03	0,46	99,95	9,50
13	40,30	0,04	10,00	0,08	49,23	0,01	0,26	99,92	10,20
14	39,36	0,08	10,20	0,06	49,80	0,03	0,40	99,93	10,30
15	39,20	0,07	9,98	0,30	49,46	0,01	0,43	99,45	10,20
16	39,45	0,00	10,30	0,17	49,49	0,04	0,53	99,98	10,50
17	40,90	0,00	9,95	0,15	48,34	0,04	0,55	99,93	10,40
18	40,05	0,04	12,35	0,05	46,30	0,04	0,44	99,27	13,00
19	40,40	0,03	11,93	0,16	46,23	0,05	0,47	99,27	12,60
20	39,13	0,00	10,96	0,18	48,96	0,01	0,24	99,48	11,20
21	39,08	0,02	10,71	0,16	49,02	0,04	0,11	99,14	10,90
22	39,82	0,01	9,07	0,14	50,00	0,01	0,73	99,78	9,20
23	40,00	0,00	8,82	0,11	50,10	0,03	0,80	99,86	9,00
24	40,00	0,08	8,80	0,20	50,05	0,00	0,40	99,53	9,00

Примітка. Св. 9795: ан. 1–4 – гл. 61,0–63,0 м; ан. 5 – гл. 76,3–80,8 м; ан. 6–13 – гл. 82,0–84,1 м; ан. 14, 15 – гл. 98,0–102,0 м; ан. 16–19 – гл. 102,0–103,4 м; ан. 20, 21 – гл. 103,5–103,8 м; ан. 22–24 – гл. 127,2–127,5 м. Тут і далі аналізи виконані на мікрозондовому приладі *Cameca SX* 50, аналітик В.М. Верещака.

шпінелідах і флогопіті. За хімічним складом олівін належить до форстериту з вмістом 48–50 % MgO і 8,8–11,0 % FeO (табл. 1). Подеколи трапляється менш магнезіальний (MgO – 46,0–46,5 %) і відповідно більш залізистий (FeO – 12,0–12,5 %) його різновид. Вміст NiO в них варіює від 0,1 до 0,8 % і за результатами 24 мікрозондових аналізів становить у середньому 0,43 %. Простежується пряма залежність між концентраціями MgO і NiO у форстериті. Характерними ознаками останнього є низька кальцієвість (CaO менше за 0,1 %) і наявність домішок MnO (до 0,3 %). Особливості хімічного складу форстериту дозволяють вважати, що він кристалізувався з порівняно високомагнезіального розплаву за відносно стабільних термодинамічних умов і низької фугітивності кисню.

Флогопіт – один із найважливіших первинних мінералів дуніту. Вміст його місцями досягає 5–10 %. Він утворює виділення розміром до 1 мм або дрібні зерна, які асоціюють із амфіболами і локалізовані в інтерстиціях між кристалами олівіну (див. рис. 3). Є зростки флогопіту з хромшпінелідами та його включення в останніх. Флогопіт представлений високомагнезіальним різновидом, в якому, %: MgO – 24,5–27,2, FeO – 2,0–3,7, K_2O – 8–10, Na_2O – 0,47–1,35 (табл. 2). Для нього характерний підвищений вміст Al_2O_3 (14,0–16,4 %). Алюміній знаходиться в четверній і шестерній координації у співвідношенні 2 : 1. Постійними домішками у флогопіті є TiO_2 (0,5–1,0 %), Cr_2O_3 (0,8–1,1) і NiO (до 0,5 %). Дещо іншим за складом виявився флогопіт, включення якого знайдено в кристалі хроміту. Він має менший вміст MgO (23,8 %) і FeO (1,6) та більший Cr_2O_3 (2,39), TiO_2 (1,79) і CaO (0,5 %), ніж флогопітом інтерстиційного типу. У протолочних пробах дуніту ідентифіковано залізистий флогопіт (MgO – 16,8 %, FeO – 8,6 %) з високим вмістом TiO_2 (5,0 %) і біотит із підвищеним вмістом MgO (13,7 %) та високим – Al_2O_3 (16,9), FeO (14,9) і TiO_2 (4,46 %). Останній є ксенокристним мінералом, захопленим дунітом із вмісних гранітоїдів бердичівського комплексу, про що свідчить його парагенезис із гранатом альмандинового складу.

Таблиця 2. **Хімічний склад флогопіту (ан. 1–13) і ксенокристного біотиту (ан. 14) із флогопітового дуніту інтрузиву Малий Острожок, ваг. %**

Компо-нент	1	2	3*	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SiO_2	40,40	40,19	39,10	40,00	40,05	40,70	40,84	38,88	39,00	39,94	40,86	39,80	39,10	36,11
TiO_2	0,88	0,74	1,79	0,82	0,69	0,63	0,54	0,93	1,05	0,76	0,84	0,70	5,05	4,46
Al_2O_3	15,88	15,58	14,90	15,50	16,00	14,00	14,82	15,55	16,40	15,70	16,24	16,10	15,75	16,93
Cr_2O_3	0,96	0,98	2,39	1,10	1,06	0,96	0,83	1,14	1,00	0,98	1,09	1,05	0,31	0,02
FeO	2,01	2,38	1,61	3,71	2,71	2,50	2,88	2,81	2,52	2,91	2,44	2,62	8,60	14,89
MnO	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,13	0,00	0,04	0,07	0,09
MgO	25,47	25,18	23,81	24,86	24,90	26,30	27,20	24,54	24,80	25,00	25,09	25,50	16,80	13,72
CaO	0,03	0,05	0,52	0,08	0,01	0,07	0,05	0,00	0,02	0,04	0,04	0,02	0,05	0,08
Na_2O	1,11	1,35	0,77	0,52	1,13	0,47	0,98	0,71	0,50	0,60	0,62	0,56	0,14	0,05
K_2O	9,50	8,10	9,44	9,70	9,40	9,30	8,30	9,60	9,83	9,48	9,85	10,00	10,03	10,40
NiO	0,49	0,21	0,30	0,06	0,17	0,15	0,27	0,02	0,17	0,07	0,34	0,36	0,16	0,00
Сума	96,73	94,76	94,66	96,35	96,12	95,10	96,72	94,18	95,29	95,61	97,41	96,75	96,06	96,75
f	4,30	5,10	3,70	7,80	5,80	5,10	5,60	6,10	5,40	6,40	5,20	5,40	22,30	37,80

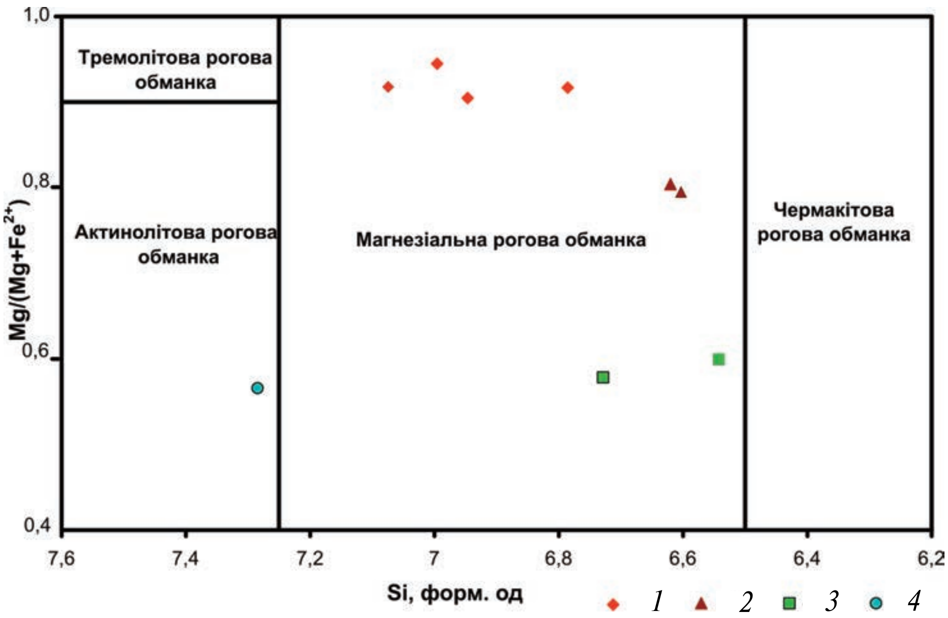
Примітка. Св. № 9795: ан. 1 – гл. 76,3–80,8 м; ан. 2–6 – гл. 82,0–84,1 м; ан. 7 – гл. 98,0–102,0 м; ан. 8–12 – гл. 103,5–103,8 м. Св. 9796: ан. 13 – гл. 76,0–78,0 м. Св. 9792: ан. 14 – гл. 104,0–107,5 м. *– включення флогопіту в хроміті.

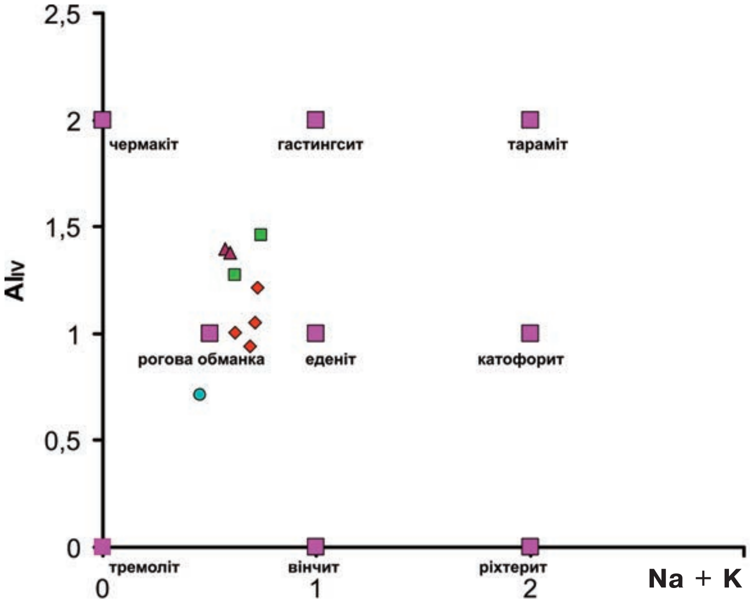
Таблиця 3. **Хімічний склад ортопіроксенів (ан. 1–7) та клінопіроксенів (ан. 8–10) із флогопітового дуніту інтрузиву Малий Острожок, ваг. % і вміст катіонів у них, ат. од.**

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO_2	53,500	54,400	54,940	56,250	53,590	53,400	55,250	52,000	52,000	55,060
TiO_2	0,080	0,050	0,100	0,040	0,120	0,110	0,040	0,000	0,030	0,000
Al_2O_3	3,530	3,870	3,560	0,840	2,440	3,000	2,510	1,100	1,660	0,430
Cr_2O_3	0,050	0,000	0,130	0,080	0,200	0,300	0,190	0,060	0,020	0,500
FeO	9,600	8,400	8,700	8,320	11,950	12,300	7,500	11,130	4,160	1,480
MnO	0,230	0,340	0,330	0,200	0,290	0,320	0,170	0,900	0,270	0,060
MgO	32,600	32,200	31,840	32,460	28,860	30,000	34,100	11,090	16,060	18,470
CaO	0,270	0,290	0,330	0,500	0,760	0,280	0,220	23,000	25,080	23,220
NiO	0,130	0,230	0,000	0,130	0,250	0,070	0,250	0,080	0,000	0,060
Сума	99,990	99,780	99,930	98,820	98,460	99,780	100,230	99,360	99,280	99,280
f	19,100	12,700	13,300	10,900	18,800	18,700	10,900	11,000	12,600	4,300
Si	1,881	1,903	1,918	1,982	1,935	1,904	1,917	1,980	1,932	1,999
Ti	0,002	0,001	0,003	0,001	0,003	0,003	0,001	0,000	0,001	0,000
Al_{IV}	0,119	0,097	0,082	0,018	0,065	0,096	0,083	0,021	0,068	0,001
Al_{VI}	0,028	0,062	0,065	0,017	0,039	0,030	0,020	0,029	0,004	0,017
Cr	0,001	0,000	0,004	0,002	0,006	0,009	0,005	0,002	0,001	0,014
Fe^{+2}	0,282	0,246	0,254	0,245	0,361	0,367	0,218	0,354	0,129	0,045
Mn	0,007	0,010	0,010	0,006	0,009	0,010	0,005	0,029	0,009	0,002
Mg	1,709	1,679	1,657	1,705	1,553	1,595	1,764	0,629	0,889	1,000
Ca	0,010	0,011	0,012	0,019	0,029	0,011	0,008	0,938	0,998	0,903
Ni	0,004	0,007	0,000	0,004	0,007	0,002	0,007	0,002	0,000	0,002

Примітка. Св. 9795: ан. 1 – гл. 76,3–80,8 м; ан. 2–5, 8 – гл. 82,0–84,1 м; ан. 6 – гл. 98,0–102,0 м; ан. 7 – гл. 101,6–103,4 м; ан. 9 – гл. 103,5–103,8 м; св. 9792: ан. 10 – гл. 53,0–53,6 м.

Ортопіроксен поширений мало. Інколи у дуніті помітні порівняно крупні виділення його свіжих або дещо змінених зерен. Він представлений двома близькими за складом різновидами – алюмоенстатитом і алюмобронзитом (табл. 3). Кількісно переважає алюмоенстатит (MgO – 31,8–34,3 %, FeO – 7,2–9,6, Al_2O_3 – 0,8–3,9 %). Значно рідше трапляється низькозалізистий алюмобронзит (MgO – 28,8–30,0 %, FeO – 12,0–12,3, Al_2O_3 – 2,4–3,0 %). Вони постійно містять домішки CaO





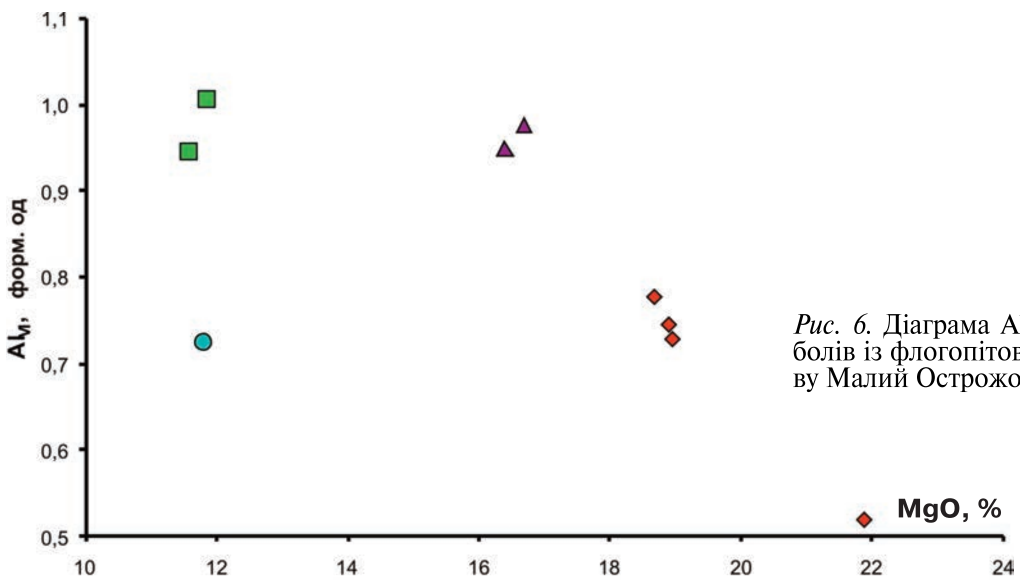


Рис. 4. Положення амфіболів із флогопітового дуніту інтрузиву Малий Острожок на класифікаційній діаграмі амфіболів Б. Ліка зі співавторами [18] в координатах Si – Mg / (Mg + Fe^{2+}). *Тут і на рис. 5 і 6*: *1–4* – різновиди амфіболів за хімічним складом

Рис. 5. Діаграма складу амфіболів із флогопітового дуніту інтрузиву Малий Острожок у координатах Al_{IV} – (Na + K)

Рис. 6. Діаграма Al_{VI}–MgO для амфіболів із флогопітового дуніту інтрузиву Малий Острожок

(0,2–0,5 %), MnO (0,14–0,34), Cr_2O_3 (до 0,3) і NiO (0,05–0,25 %). В обох різновидах ортопіроксену алюміній знаходиться в четверній і шестерній координації. У більшості з них Al_{IV} переважає над Al_{VI}.

Клінопіроксени діагностовано у шліфах і протолочних пробах у вигляді поодиноких зерен із реакційними краями. Вони представлені двома різновидами діопсиду (див. табл. 3, ан. 8–10). Перший із них малозалізистий (f = 4,3 %), низькоглиноземистий (Al_2O_3 – 0,4 %) і помірнохромистий (Cr_2O_3 – 0,5 %), другий – більш залізистий (f = 11–13 %), з підвищеним вмістом Al_2O_3 (1,1–1,6 %) і MnO (0,09–0,27 %). У першому діопсиді алюміній знаходиться в шестерній координації, у другому – переважно у четверній.

Амфіболи представлені чотирма різновидами (табл. 4, рис. 4). Найбільш поширені амфіболи першого різновиду. Вони найчастіше трапляються в інтерстиціях, де утворюють окремі виділення або їх скупчення розміром до 1–2 мм в асоціації з флогопітом (див. рис. 3). Місцями по них розвивається кальцит, у шліфах іноді спостерігали їх зростки з апатитом, в аншліфах – включення в хромшпінелідах. Колір амфіболів яскраво-зелений. За хімічним складом вони відповідають магнезіальній роговій обманці (див. табл. 4, ан. 1–3, 7; рис. 4). На діаграмі в координатах Al_{IV} – (Na + + K) їхні фігуративні точки розміщуються між роговою обманкою і еденітом (рис. 5), тобто це еденітова рогова обманка. Для неї характерні високий вміст MgO (18–22 %) і CaO (12–13), підвищений вміст Al_2O_3 (8,8–10,9 %), Cr_2O_3 (1,25–1,75), Na_2O (1,74–2,00), K_2O (0,56–0,89) і TiO_2 (0,44–0,60 %) та низька залізистість (f = 5,5–9,5 %). Алюміній знаходиться в четверній і шестерній координаціях, причому Al_{IV} кількісно переважає над Al_{VI} (0,925–1,214 та 0,519–0,777 ф. од.). Як видно з діаграми в координатах Al_{VI} – MgO (рис. 6), амфіболи першого різновиду утворюють на ній лінійний тренд, який показує, що зі збільшенням у них вмісту MgO закономірно зменшується вміст Al_{VI}. А оскільки вміст Al_{VI} прямо корелює з величиною тиску, за якого утворився амфібол, то можна вважати, що найбільш магнезіальні амфіболи утворились за нижчого значення тиску, ніж більш залізисті різновиди. Наведені особливості складу амфіболів першого різновиду свідчать про те, що вони утворились за високих значень температури і тиску та мають магматичне походження.

Амфіболи другого різновиду трапляються значно рідше від першого. Вони близькі між собою за хімічним складом і належать до магнезіальної рогової обманки гастингситового типу (див. табл. 4, ан. 5 і 6, рис. 4). Порівняно з амфіболами першого різновиду ці містять менше SiO_2 (43 % проти 45–48 %), MgO (16,4–16,7), Cr_2O_3 (0,23–0,51), K_2O (0,38–0,45) і TiO_2 (0,24–0,25) та дещо більше Al_2O_3 (12,8–13,1 %), FeO (7,1–7,7), Al_{IV} (1,380–1,397 ф. од.) і Al_{VI} (0,948–0,976 ф. од.). На класифікаційній діаграмі амфіболів (див. рис. 4) вони потрапляють у ту частину поля магнезіальної рогової обманки, яка межує з полем чермакітової рогової обманки. На діаграмі Al_{VI} – MgO (див. рис. 6) ці амфіболи продовжують тренд складу амфіболу першого різновиду в область більш залізистих рогових обманок. Судячи з положення на діаграмах Al_{VI} – MgO та Al_{IV} – (Na + K), схарактеризована гастингситова рогова обманка кристалізувалась із залишкового розплаву, дещо збагаченого залізом і лугами.

Амфібол третього різновиду діагностовано в окремих протолочних пробах дуніту. За хімічним складом (див. табл. 4, ан. 8, 9) це – магнезіальна рогова обманка гастингситового типу, яка суттєво відрізняється від двох попередніх різновидів. Типоморфні ознаки її – понижений вміст MgO (11,5–11,8 %) і SiO_2 (42,2–42,9), відносно високий вміст FeO (14–15) і TiO_2 (1,4–1,5 %). Залізистість цієї рогової обманки 40–42 %. Вона збагачена лугами (Na_2O – 1,7–1,8, K_2O – 0,5–0,9 %) і глиноземом (Al_2O_3 – 12,0–13,5 %). Вміст Al_{IV} і Al_{VI} варіює відповідно в межах 1,271–1,458 та 0,946–1,008 ф. од. На класифікаційній діаграмі ці амфіболи потрапляють у нижню частину поля магнезі-

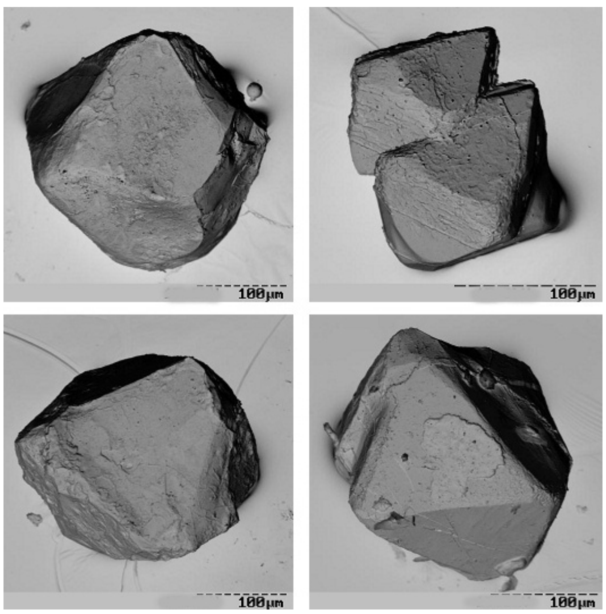


Рис. 7. Морфологія кристалів хромшпінелідів із флогопітового дуніту інтрузиву Малий Острожок

альної рогової обманки: точки розташовані поблизу межі поля чермакітової рогової обманки, а на діаграмі Al_{IV} – (Na + K) – в поле гастингситової рогової обманки (див. рис. 5). За вмістом Al_{VI} та Al_{IV} вони подібні до амфіболів другого різновиду, але є значно більш залізистими.

Амфібол четвертого різновиду виявлено в протолочних пробах. Від інших вивчених амфіболів він відрізняється найвищою залізистістю (FeO – 16 %) і найнижчим вмістом Al_2O_3 (7,8 %), CaO (1,4 %), Na_2O (1,4 %) і K_2O (0,14 %). Вміст MgO в ньому становить 11,8 %, TiO_2 – 1,34 % (див. табл. 4, ан. 4). Вміст Al_{VI} незначно вищий, ніж вміст Al_{IV} – відповідно 0,726 і 0,715 ф. од. На класифікаційній діаграмі (див. рис. 4) цей амфібол розташований на межі полів магнезіальної та актинолітової рогової обманки.

Отже, амфіболи з флогопітового дуніту інтрузиву Малий Острожок належать до магнезіально-кальцієвого типу і за складом відповідають актинолітовій, еденітовій і гастингситовій роговій обманці.

Хромшпінеліди містяться в дуніті в значній кількості (до 3 %) і переважно у вигляді нерівномірно розсіяної вкрапленості дрібних (0,1–0,4 мм) ідіоморфних і субідіоморфних кристалів октаедричного габітусу (див. рис. 3 і 7), які в тонких сколах (зрізах) мають червоно-буре забарвлення. Часто вони утворюють включення в олівіні, але переважна більшість їх локалізована в інтерстиціях між його зернами. Одиничні включення хромшпінелідів трапляються в ортопіроксені і флогопіті. У шліфах і протолочних пробах спостерігали зростки двох і більше кристалів хромшпінелідів, а іноді їхні сегрегаційні виділення. У самих же хромшпінелідах є включення олівіну, флогопіту і амфіболу, які за складом близькі до однойменних породоутворювальних мінералів.

Хімічний склад хромшпінелідів варіює в межах, ваг. %: Cr_2O_3 – 58–46; Al_2O_3 – 12–23; FeO – 20–25; Fe_2O_3 – 0–5; MgO – 6,3–9,2; TiO_2 – 0,01–0,30; MnO – до 0,5; NiO – до 0,25 (табл. 5). Всі хромшпінеліди належать до високозалізистого типу (*f* = 55–70 %). На діаграмі Cr_2O_3 – MgO (рис. 8, *а*) вони потрапляють у поле хромшпінелідів корового походження. За типохімічними ознаками їх можна умовно розділити на чотири різновиди, які, за класифікацією Г. Соколова [10] відповідають двом мінеральним видам – хроміту і алюмохроміту.

Хромшпінеліди першого різновиду складають майже 20 % з понад 100 вивчених кристалів. За хімічним складом це хроміти та алюмохроміти помірної магнезіальності. У них вміст Cr_2O_3

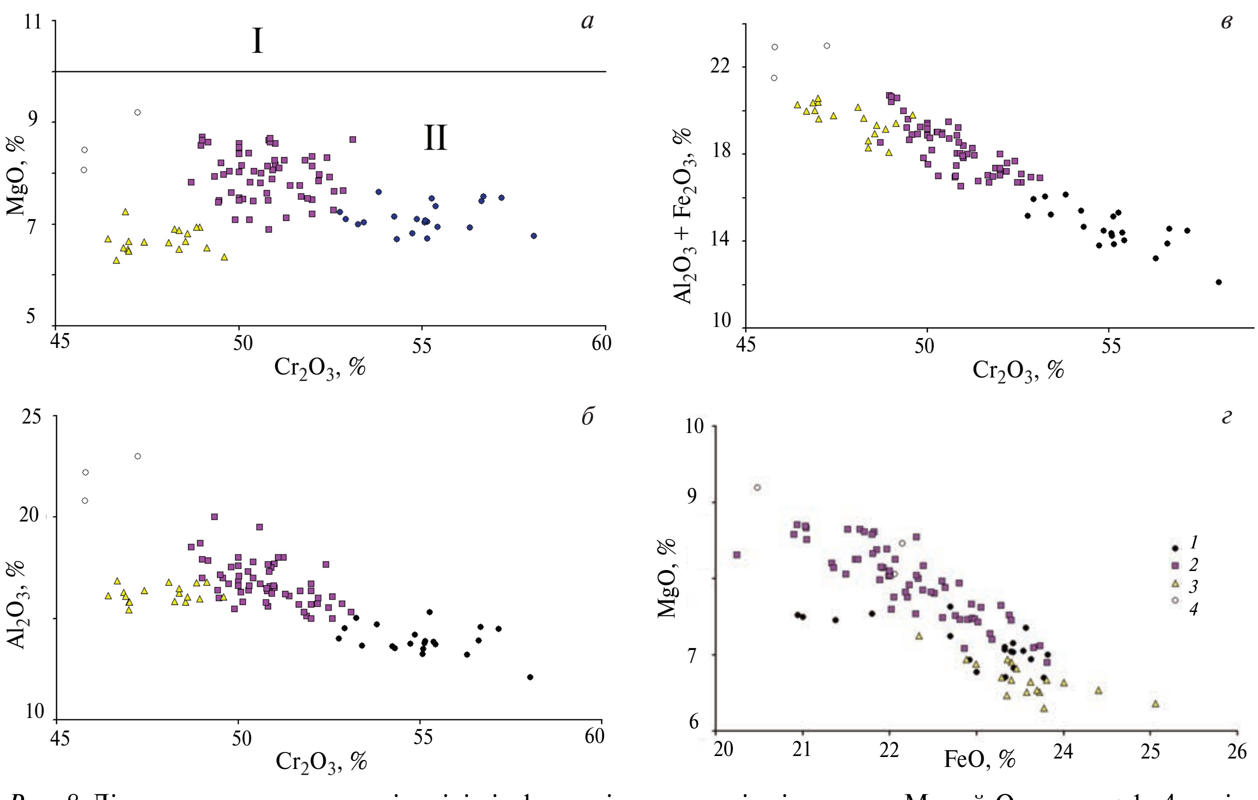


Рис. 8. Діаграми складу хромшпінелідів із флогопітового дуніту інтрузиву Малий Острожок: 1–4 – різновиди хромшпінелідів за хімічним складом; I, II – поля складу хромшпінелідів мантійного (I) і корового (II) походження

варіює від 58 до 53 %, MgO від 6,7 до 7,6 %, Al_2O_3 від 12 до 15 %. Усі вони збагачені на закисне залізо (FeO – 20,9–23,8 %) і збіднені на окиси. В найбільш хромистих хромітах Fe_2O_3 здебільшого не розраховується, а в алюмохромітах його вміст не перевищує 1,75 %. Обидва мінеральні види низькотитанисті, з незначними домішками MnO і NiO.

Хромшпінеліди другого різновиду найбільш поширені в дуніті (близько 60 %). Ці алюмохроміти відрізняються від алюмохромітів першого різновиду нижчим вмістом Cr_2O_3 (53–48 %), дещо вищою глиноземистістю (Al_2O_3 – 14,5–19,5 %) та в цілому більшим вмістом Fe_2O_3 і MnO. У них FeO становить 20,3–23,8 %, MgO – 6,9–8,7 %.

Таблиця 4. **Хімічний склад амфіболів із флогопітового дуніту інтрузиву Малий Острожок, ваг. %**

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO_2	46,72	46,35	44,92	46,29	43,03	43,04	47,80	42,18	42,88
TiO_2	0,44	0,54	0,48	1,37	0,24	0,25	0,60	1,49	1,40
Al_2O_3	9,36	10,36	10,91	7,77	13,12	12,84	8,83	13,49	11,99
Cr_2O_3	1,25	1,40	1,47	0,13	0,23	0,51	1,75	0,03	0,02
FeO	3,02	3,51	3,07	16,08	7,69	7,14	2,28	14,07	15,01
MnO	0,15	0,09	0,06	0,31	0,07	0,17	0,02	0,11	0,20
MgO	18,89	18,67	18,96	11,77	16,70	16,40	21,88	11,83	11,56
CaO	12,38	12,43	12,92	10,43	12,30	12,71	12,24	11,55	11,13
Na_2O	1,74	1,87	2,00	1,40	1,62	1,75	1,79	1,85	1,70
K_2O	0,56	0,89	0,72	0,14	0,45	0,38	0,60	0,92	0,52
NiO	0,30	0,13	0,20	0,12	0,10	0,18	0,03	0,00	0,00
Сума	94,81	96,24	95,71	95,81	95,55	95,37	97,82	97,52	96,41
f	8,200	9,500	8,300	43,400	20,500	19,600	5,500	40,000	42,100
Si	7,075	6,947	6,786	7,285	6,603	6,620	6,996	6,542	6,729
Ti	0,050	0,061	0,055	0,162	0,028	0,029	0,066	0,174	0,165
Al_{IV}	0,925	1,053	1,214	0,715	1,397	1,380	1,004	1,458	1,271
Al_{VI}	0,745	0,777	0,728	0,726	0,976	0,948	0,519	1,008	0,946
Cr	0,150	0,166	0,176	0,016	0,028	0,062	0,203	0,004	0,003
Fe^{+2}	0,382	0,440	0,388	2,116	0,987	0,919	0,279	1,825	1,970
Mn	0,019	0,011	0,008	0,041	0,009	0,022	0,003	0,015	0,027
Mg	4,264	4,171	4,270	2,761	3,821	3,761	4,774	2,735	2,704
Ca	2,009	1,996	2,091	1,759	2,022	2,095	1,919	1,919	1,871
Na	0,511	0,543	0,586	0,427	0,482	0,522	0,508	0,556	0,517
K	0,108	0,170	0,139	0,028	0,088	0,075	0,112	0,182	0,104
Ni	0,037	0,016	0,024	0,015	0,012	0,022	0,004	0,000	0,000

Примітка. Св. 9795: ан. 1–3 – гл. 82,0–84,1 м; ан. 4–6 – гл. 127,2–127,5 м. Св. 9792: ан. 7–9 – гл. 57,5–60,8 м.

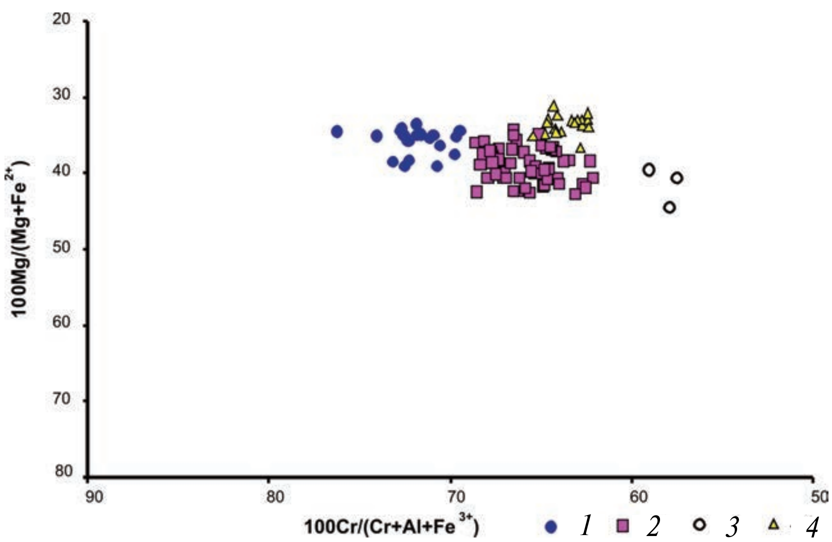


Рис. 9. Діаграма складу хромшпінелідів із флогопітового дуніту інтрузиву Малий Острожок в координатах Cr/(Cr + Al + Fe^{3+}) – Mg/(Mg + Fe^{2+})

Таблиця 5. **Хімічний склад хромшпінелідів із флогопітового дуніту інтрузиву Малий Острожок (представницькі аналізи), ваг. %**

Номер аналіза	TiO_2	AI_2O_3	Cr_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	NiO	Сума
1	0,19	16,79	49,13	2,63	24,40	0,47	6,54	0,05	99,94
2	0,16	15,60	50,81	2,43	23,81	0,28	6,90	0,00	99,75
3	0,11	16,81	48,08	3,36	24,01	0,15	6,64	0,30	99,12
4	0,14	16,06	49,60	3,70	25,06	0,31	6,36	0,00	100,92
5	0,20	13,63	54,24	1,76	23,42	0,00	7,15	0,24	100,46
6	0,24	13,64	53,40	1,59	23,40	0,02	7,04	0,03	99,20
7	0,20	13,23	55,07	1,12	23,42	0,00	7,03	0,28	100,24
8	0,14	13,71	55,42	0,34	23,63	0,06	6,94	0,21	100,41
9	0,17	13,50	55,09	0,75	23,32	0,20	7,07	0,07	100,10
10	0,26	13,52	54,30	1,14	23,77	0,35	6,70	0,11	100,04
11	0,16	14,18	54,85	0,30	23,67	0,02	7,10	0,00	100,25
12	0,15	13,20	56,30	0,00	22,92	0,21	6,93	0,00	99,71
13	0,18	19,50	50,58	0,00	22,51	0,15	7,81	0,00	100,73
14	0,09	20,00	49,34	0,00	22,80	0,07	7,94	0,00	100,24
15	0,13	18,00	50,00	0,91	23,38	0,18	7,52	0,00	100,03
16	0,21	15,00	52,58	1,71	23,16	0,29	7,28	0,15	100,21
17	0,24	14,50	52,92	1,42	23,32	0,32	7,10	0,00	99,68
18	0,04	16,37	52,00	0,87	22,94	0,26	7,48	0,04	99,92
19	0,05	22,20	45,80	0,73	22,14	0,27	8,46	0,22	99,80
20	0,20	15,11	51,88	2,24	22,76	0,30	7,51	0,09	99,86
21	0,13	16,00	52,19	1,59	22,60	0,08	7,97	0,00	100,40
22	0,17	15,69	51,67	1,34	22,20	0,13	7,76	0,23	99,06
23	0,18	15,54	52,48	1,17	22,22	0,16	7,92	0,11	99,67
24	0,20	15,73	52,18	1,49	22,38	0,40	7,85	0,00	100,08
25	0,19	15,00	52,00	2,03	23,18	0,39	7,20	0,00	99,78
26	0,17	15,70	52,00	2,31	21,92	0,32	8,14	0,24	100,57
27	0,12	16,80	50,00	2,07	21,99	0,31	8,03	0,00	99,11
28	0,27	17,85	49,16	2,74	21,82	0,13	8,61	0,24	100,55
29	0,18	17,00	49,00	3,40	20,94	0,30	8,71	0,24	99,43
30	0,11	17,50	50,09	0,53	22,64	0,14	7,88	0,00	99,65
31	0,18	17,60	50,00	1,83	21,85	0,34	8,38	0,05	100,05
32	0,22	16,70	50,60	2,02	22,33	0,19	8,00	0,22	100,08
33	0,20	17,67	50,82	1,19	21,66	0,29	8,65	0,00	100,36
34	0,15	15,30	53,10	1,62	21,04	0,24	8,66	0,17	100,12
35	0,19	16,70	52,00	0,66	21,80	0,33	8,33	0,00	99,95
36	0,19	17,30	50,27	1,71	21,96	0,14	8,39	0,00	99,79
37	0,14	17,52	49,80	1,73	23,05	0,28	7,62	0,00	99,97
38	0,20	18,00	50,00	1,33	21,80	0,18	8,58	0,00	99,96
39	0,09	18,00	51,24	0,27	22,06	0,31	8,25	0,11	100,30
40	0,13	16,40	50,28	2,61	23,66	0,43	7,09	0,00	100,33
41	0,19	16,60	50,00	2,58	22,98	0,33	7,47	0,21	100,10
42	0,15	17,00	50,40	1,89	23,40	0,19	7,45	0,06	100,35
43	0,16	16,40	49,44	2,84	23,02	0,00	7,43	0,24	99,24
44	0,22	16,58	50,86	1,95	21,03	0,26	8,69	0,22	99,62
45	0,18	18,00	51,10	0,00	22,00	0,26	8,10	0,00	99,64
46	0,10	15,31	55,26	0,00	21,00	0,00	7,50	0,16	99,33
47	0,06	23,00	47,23	0,00	20,48	0,02	9,19	0,00	99,98
48	0,05	13,90	56,61	0,00	21,38	0,37	7,45	0,29	100,05
49	0,02	12,10	58,04	0,00	23,00	0,00	6,77	0,04	99,97
50	0,01	14,49	57,16	0,00	20,94	0,00	7,52	0,08	100,20
51	0,01	14,70	53,81	1,45	22,70	0,16	7,63	0,00	100,31

До третього різновиду належать найменш хромисті (Cr_2O_3 – 45,8–47,2 %) та найбільш глиноземисті (Al_2O_3 – 20,8–23,0 %) і магнезіальні (MgO – 8,0–9,2 %) алюмохроміти з дещо пониженим вмістом FeO (20,5–22,7 %) і Fe_2O_3 (менше 0,73 %). Алюмохроміти такого складу трапляються рідко (до 3 % від проаналізованих хромшпінелідів).

На хромшпінеліди четвертого різновиду припадає 15 % від загальної кількості досліджених. Вони представлені алюмохромітами низької хромистості та магнезіальності (Cr_2O_3 – 46,4–49,6 %, Al_2O_3 – 15,8–16,8, MgO – 6,3–6,9 %). Їм властивий високий вміст FeO (22–25 %), Fe_2O_3 (1,8–5,1) і MnO (0,10–0,47 %) і досить виразно проявлений ізоморфізм $Cr \rightarrow Al^{+} \rightarrow Fe^{3+}$. Їх утворення відбувалось за умов підвищеної фугітивності кисню і лужності залишкового розплаву.

Охарактеризовані вище різновиди хроміту і алюмохроміту містяться разом у пробах, відібраних по всій потужності інтрузиву Малий Острожок, проте в різних кількісних співвідношеннях. Знахідки найбільш хромистого і найменш глиноземистого хроміту без домішок Fe_2O_3 приурочені найчастіше до дуніту з лежачого боку інтрузиву, а найменш хромистого алюмохроміту з вмістом 3–5 % Fe_2O_3 – до дуніту з висячого боку. Вірогідна така послідовність кристалізації хромшпінелідів: хроміти першого різновиду → алюмохроміти першого різновиду → алюмохроміти другого різновиду → алюмохроміти третього різновиду → алюмохроміти четвертого різновиду.

Наявність включень хроміту в олівіні вказує на те, що він почав кристалізуватися одночасно з останнім, але переважна більшість хроміту утворилася пізніше від олівіну і асоціює з інтерстиційним флогопітом і амфіболом.

Аналіз діаграм складу хромшпінелідів (рис. 8 і 9) засвідчив, що для всіх їхніх різновидів характерна зворотна кореляційна залежність між вмістом у них Cr_2O_3 і $Al_2O_3 + Fe_2O_3$. Вона зумовлена ізоморфним заміщенням $Cr \rightarrow Al \rightarrow Fe^{3+}$ в результаті поступового зниження *P–T* параметрів і підвищення ступеня окиснення вихідного для них розплаву. Дещо менш виразно проявлена зворотна залежність між вмістом MgO і FeO, пов'язана з ізоморфним заміщенням $Mg \rightarrow Fe^{2+}$ у результаті зниження температури розплаву (рис. 8, *г*). Помітна також зворотна кореляція між вмістом Cr_2O_3 і MgO (рис. 8, *а*). Порівняння трендів зміни хімічного складу хромітів із дуніту інтрузиву Малий Острожок з відповідними трендами зміни складу хромшпінелідів із ультраосновних порід різних магматичних формацій, наведених у роботах [5, 8], показало, що за особливостями складу вони подібні до хромітів із дунітів гіпербазитових комплексів кемпірсайського типу.

Отримані результати вивчення складу хромшпінелідів мають важливе значення для з'ясування умов утворення дуніту інтрузиву Малий Острожок і його формаційної приналежності.

Ільменіт – рідко трапляється в протолочних пробах дуніту у вигляді одиничних дрібних кристалів таблитчастого обліку. За допомогою мікрозондового аналізу визначено такий його склад, %: TiO_2 – 55,22; Al_2O_3 – 0,01; Cr_2O_3 – 0,06; $FeO_{заг.}$ – 38,02; MnO – 1,68; MgO – 3,97; NiO – 0,0; сума – 99,18. За вмістом MgO і гейкелітового компонента (14 % мол.) він наближається до найменш магнезіальних пікроільменітів із кімберлітів і в той же час відрізняється від них значно більшим вмістом MnO та меншим – Al_2O_3 і Cr_2O_3. Ільменіт подібного складу було раніше знайдено у флогопітових дунітах і перидотитах Немирівського, Жданівського і Малокутищенського інтрузивів, розташованих у межах Бердичівського блоку [13]. Судячи з типохімічних особливостей, цей ільменіт утворився на завершальній стадії становлення названих інтрузивів із низькотемпературного розплаву підвищеної титанистості та лужності.

Обговорення результатів. Характерними мінералогічними ознаками дуніту інтрузиву Малий Острожок є висока магнезіальність породоутворювального олівіну і збагаченість його на нікель, підвищений вміст хроміту, наявність високомагнезіальних флогопіту і амфіболів, низький вміст сульфідів. Відповідно можна вважати, що вихідний магматичний розплав для нього утворився в результаті часткового плавлення порівняно легкоплавкої складової мантійного субстрату за умов низької фугітивності кисню і незначного впливу глибинного метасоматозу.

На стадії ж становлення інтрузиву розплав мав уже залізисто-магнезіальний склад і був збагаченим на хром, нікель і глинозем. Незначна варіабельність складу більшості олівіну дозволяє припускати, що його кристалізація з цього розплаву відбувалася за порівняно стабільних термодинамічних і окисно-відновних умов. Вона призвела до зменшення в залишковому розплаві вмісту Si, Mg, Fe і Ni та збільшення концентрації тих елементів, які не ввійшли до складу олівіну, зокрема Cr, Al, K, Na, Mn, Ti. З такого залишкового розплаву на пізньомагматичній стадії утворились інтерстиційні хроміт, флогопіт і амфіболи.

Як зазначено раніше, дуніт інтрузиву Малий Острожок серпентинізований і у верхній частині дуже змінений гіпергенними процесами. Тому застосувати відомі геотермометри і геобарометри для оцінки *P–T* параметрів кристалізації їх первинних мінералів вдалося не завжди.

Для визначення температури утворення асоціації олівіну і хромшінелідів використовують олівін-шпінелевий термометр Е. Джексона [3], П. Роедера та співавторів [20] і Дж. Фабрі [16]. Найбільш достовірним більшість дослідників вважають геотермометр Дж. Фабрі, який враховує розподіл Fe і Mg між олівіном і хромітом на завершальній стадії кристалізації інтрузивів ультраосновного складу. Розрахунки за цим геотермометром показали, що для семи пар олівін – хроміт із дуніту інтрузиву Малий Острожок значення температури варіюють від 550 до 700 °С, у тому числі для пари олівін – хроміт першого різновиду – від 650 до 700 °С, для пари олівін – алюмохроміт другого різновиду – від 625 до 650 °С, для пари олівін – алюмохроміт четвертого різновиду – від 550 до 615 °С. Вони в цілому узгоджуються з послідовностю кристалізації різних за складом різновидів хромшпінелідів, яка спостерігалась у шліфах і встановлена за результатами мікрозондового дослідження аншліфів.

Отримані розрахункові величини температури ми вважаємо такими, що відображають температурні умови на завершальній стадії становлення дунітового інтрузиву Малий Острожок і після масової кристалізації олівіну дещо підвищеної залізистості. Це спричинило зміну хімічного складу залишкового розплаву і ступеня окиснення останнього.

Первинна температура розплаву була безумовно значно вищою, але на даному етапі вивчення цього інтрузиву вирахувати її значення не вдалось. Про те, що високотемпературні та більш магнезіальні різновиди олівіну тут повинні бути, свідчить наявність високотемпературних і високобарних орто- та клінопіроксенів.

Для визначення температури утворення ортопіроксену, який за складом відповідає глиноземистим різновидам енстатиту і низькозалізистого бронзиту, застосовані геотермометри різних авторів. Отримано такі результати: за ортопіроксеновим термометром Дж. Мерсьє [19] – 865–961 °С для енстатиту і 905–1056 °С для бронзиту; за рівнянням Т. Сахтлебена і Г. Сека [21] – 877–956 °С для енстатиту і 896–1029 для бронзиту; за Са-ортопіроксеновим термометром Г. Брея і Т. Кехлера [15] – 750–999 °С для енстатиту і 786–1062 °С для бронзиту. Розрахунки за ортопіроксеновим геобарометром Дж. Мерсьє [19] показали, що енстатит кристалізувався за тиску від 1,4 до 1,8 ГПа, бронзит – за тиску від 1,2 до 2,8 ГПа. За даними ортопіроксенового барометра Л.Л. Перчука [6], тиск при кристалізації енстатиту становив 1,3–2,8 ГПа, бронзиту – 1,5 ГПа.

Відповідно до розрахунку клінопіроксенового термометра і барометра Дж. Мерсьє [19] діопсид з підвищеним вмістом Al_2O_3 утворився за температури 800–900 °С і тиску 1,3–2,9 ГПа, низькоглиноземистий хромдіопсид – 1017 °С і 2,5 ГПа.

За петрографічними даними, амфіболи є найбільш пізніми мінералами дуніту інтрузиву Малий Острожок. Розрахунки за геобарометром Л. Холлістера та співавторів [17] засвідчують, що вони кристалізувались за тиску від 0,3 до 0,9 ГПа. Найбільш високобарні серед них – гастингситові рогові обманки.

Наявні в дуніті інтрузиву Малий Острожок хроміти і алюмохроміти подібні за хімічним складом до однойменних мінеральних видів хромшпінелідів із хромітоносних ультраосновних порід капітанського комплексу, які О.Б. Фомін зараховував спочатку до дуніт-гарцбургітової формації [11], а пізніше – до формації хромітоносних гіпербазитів офіолітової асоціації [12] архейського віку. Ультраосновні породи названих формаційних типів найбільш поширені у межах Голованівської шовної зони УЩ. Тут із ними пов'язане зокрема Капітанське родовище хроміту магматично-кумулятивного походження. За даними останніх геохронологічних досліджень, цей інтрузив утворився в палеопротерозої, близько 2000 млн років [1]. Такий вік має і дунітовий інтрузив Малий Острожок, оскільки він проривае граніти бердичівського комплексу віком 2050–2020 млн років. Відносити його до сабарівського комплексу ультрабазитів архейського віку, як у роботі [2], немає жодних підстав. Це стосується також ультраосновних порід Немирівського і Малокутищенського інтрузивів, які січуть гранітоїди бердичівського комплексу.

Висновки. 1. Виконані петрографічні та мінералогічні дослідження дуніту інтрузиву Малий Острожок показали, що він представлений флогопітовим різновидом, збагаченим на хроміт і амфібол. У ньому добре збереглись первинна панідіоморфнозерниста структура, типово магматичні породоутворювальні мінерали й ознаки кристалізаційної диференціації та фракціонування олівіну.

2. Дуніт проривaє граніти бердичівського комплексу віком 2050–2020 млн років, і отже є молодшим від них. Вважати його архейським за віком немає підстав.

3. За видовим мінеральним складом і типохімічними особливостями породоутворювальних олівіну і хроміту дуніт дослідженого інтрузиву подібний до дуніту розшарованого Капітанського інтрузиву, хроміторудні ультраосновні породи якого відносять до дуніт-гарцбургітової формації. Найближчим аналогом дуніту інтрузиву Малий Острожок є дуніти Немирівського і Малокутищенського інтрузивів палеопротерозойського віку, відомих у північній частині Подільського мегаблоку [14].

4. Магматичний розплав, із якого утворився дунітовий інтрузив Малий Острожок, мав залізисто-магнезіальний (пікритоїдний) склад і був дещо збагачений на хром, нікель і глинозем. Кристалізація цього розплаву відбувалась у земній корі на рівні сучасного ерозійного зрізу інтрузиву.

Література

1. *Геолого-геофизическая* модель Голованевской шовной зоны Украинского щита / Под ред. А.В. Анциферова. – Донецк : Вебер (Донецк. отд.), 2008. – 308 с.
2. *Деркач С.С., Зенько В.Г., Лафінчук С.В. та ін.* Державна геологічна карта України м-б 1:200 000. Центрально-українська серія. Аркуш M-35-XXIII (Бердичів): пояснювальна записка / Міністерство екології та природних ресурсів України, Північне державне регіональне геологічне підприємство “Північгеологія”. – К., 2004. – 120 с.
3. *Джексон Е.Д.* Вариации химического состава сосуществующих хромита и оливина в хромитовых зонах комплекса Стилуотер // Магматические рудные месторождения. – М. : Недра, 1973. – С. 43–66.
4. *Лесная И.М., Касьяненко Е.О., Семка Л.В.* Данные изотопного возраста пород тывровской и березнинской толщ днестровско-бугской серии Верхнего Побужья (Украинский щит) // Геохронология и геодинамика раннего докембрия (3,6–1,6 млрд лет) Евразийского континента : Сб. тезисов Международ. науч. конф., посвящной 90-летию академика НАН Украины Н.П. Щербака. – К. : Компринт, 2014. – С. 80–81.
5. *Панеях Н.А.* Эволюция состава шпинели в гипербазитах // Минерал. журн. – 1984. – **6**, № 1. – С. 38–52.
6. *Перчук Л.Л.* Пироксеновый барометр и “пироксеновые геотермы” // Докл. АН СССР. – 1977. – **233**, № 6. – С. 1196–1200.
7. *Петриченко К.В., Степанюк Л.М., Пономаренко О.М. та ін.* Геохронологія гранітоїдів бердичівського типу Побужжя за монацитом і цирконом (Український щит) // Геохронологія та геодинаміка раннього докембрію (3,6–1,6 млрд років) Євразійського континенту: Зб. тез Міжнародн. наук. конф., присвяченої 90-річчю акад. НАН України М.П. Щербака. – К. : Компринт, 2014. – С. 94–95.
8. *Плаксенко А.Н.* Типоморфизм акцессорных хромшпинелидов ультрамафит-мафитовых магматических формаций. – Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 1989. – 224 с.
9. *Пономаренко А.Н., Степанюк Л.М., Шумлянский Л.В.* Геохронология и геодинамика палеопротерозоя Украинского щита // Геохронология и геодинамика раннего докембрия (3,6–1,6 млрд лет) Евразийского континента: Сб. тез. Международ. науч. конф., посвящной 90-летию академика НАН Украины Н.П. Щербака. – К. : Компринт, 2014. – С. 102–105.
10. *Соколов Г.А.* Хромиты Урала, их состав, условия кристаллизации и закономерности распространения // Тр. Ин-та геол. наук АН СССР. Сер. рудн. месторожд. – 1948. – В. 97, № 12. – 128 с.
11. *Фомин А.Б.* Геохимия ультрабазитов юго-западной части Украинского щита. – К. : Наук. думка, 1979. – 228 с.
12. *Фомин А.Б.* Геохимия гипербазитов Украинского щита. – К. : Наук. думка, 1984. – 232 с.
13. *Цимбал Ю.С.* Типоморфізм алмазу та його мінералів-супутників з осадових порід західної частини Українського щита. – К. : Наук. думка, 2014. – 207 с.
14. *Цымбал С.Н., Каневский А.Я., Кривдик С.Г.* Ультрамафиты Немировской интрузии (Украинский щит) // Минерал. журн. – 1996. – **18**, № 1. – С. 39–47.
15. *Brey G.P., Köhler T.* Geothermobarometry in four-phase lherzolites. II. New thermobarometers, and practical assessment of existing thermobarometers. // J. Petrol. – 1990. – **31**. – P. 1353–1378.
16. *Fabries J.* Spinel-olivine geothermometry in peridotites from ultramafic complexes // Contribs. Mineral. and Petrol. – 1979. – **69**, № 4. – P. 329–336.
17. *Hollister, L.S., Grissom, G.C., Peters, E.K. at all.* Confirmation of the empirical correlation of Al in hornblende with pressure of solidification of calc-alkaline plutons // Amer. Miner. – 1987. – **72**, № 34. – P. 23l–239.
18. *Leake B.E.* Nomenclature of amphibole // Mineral. Mag. – 1978. – **42**. – P. 533–563.
19. *Mercier S.C.C.* Single-pyroxene thermobarometry // Tectonophysics. – 1980. – **70**, № 1–2. – P. 1–37.
20. *Roeder P.L., Campbell J.H., Jamieson H.E.* A re-evaluation of the olivine-spinel geothermometer // Contrib. Mineral. Petrol. – 1979. – **68**, № 3 – P. 325–334.
21. *Sachtleben Th., Seck H.A.* Chemical control of Al solubiliti in orthopyroxene and its implications on pyroxene geothermometry // Contribs. Mineral. and Petrol. – 1981. – **78**. – P. 157–165.

Tsymbal S.M., Kryvdik S.G., Tsymbal Yu.S.

Phlogopite dunites of Malyi Ostrozhok intrusion (Podil megablock of the Ukrainian shield).

The results of petrographic and mineralogical studies of dunites in Malyi Ostrozhok intrusion located in the northern part of the Podil megablock of the Ukrainian shield are presented. At the present erosional level its size is about 150×350 m, falling to the south at an angle of 45–50. This intrusion has penetrated in the Berdichev granites (2,05–2,02 Ga) rocks and contains typical for the last almandine and biotite xenokrists. For the first time the chemical composition of rockforming minerals – olivine, chromite, phlogopite, amphibole and pyroxenes is studied in detail. Olivine is presented by forsterite (Fo_{89-91}) with high NiO (average 0.45 %) and low CaO content. Ortopyroxene composition corresponds to enriched in Al enstatite or bronzite (Al_2O_3 – 1,0–3,8 %, *f* = 10–14 %). Clinopyroxene is rare and belongs to diopside (*f* = 11–13 %) or low-chromian diopside (*f* = 4,3 %). In most cases phlogopite with high magnesium content (MgO – 23–26%, *f* = 4–8 %) and amphibole (hastingsyte, edenite, actynolite and hornblende) are interstitial. Chromspinelides are idiomorphic and form crystals of octahedral habit. They are presented as inclusions in olivines and phlogopites or individual crystals or interstitial segregation. Their content in hosted dunites is about 1–3 % and their composition varies (%): Cr_2O_3 – 58–46; Al_2O_3 – 12–23; FeO – 20–25; Fe_2O_3 – 0–5; MgO – 6–9. They are represented by two groups: chromites and alumochromites with medium magnesity and low titanium contents. The inverse relationship between Cr_2O_3 and $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ content and less significant between Cr_2O_3 and MgO are observed. It is proposed that all chromites (*f* = 55–70 %) have the crust origin. Among them absen are high Mg-varieties that are typical for mantle dunite and peridotite xenoliths from kimberlites. Investigated dunite intrusion has signs of crystalline differentiation and olivine fractionation. It is supposed that a parental ultramafic melt was formed by melting of depleted mantle by low oxygen fugacity and insignificant influence of deep metasomatism. Taking into account the sequence mineral separation, evolution trends of their chemical composition and relatively low temperature of olivine and chromite equilibriumu is concluded that the dunite is the end member melt of crystallization with increased of Fe, Cr, Al, Ca, K and Na content. By characteristic of chromite compositions they are similar to dunites of Kapitanka intrusion in Golovanivsk suture zone of the Ukrainian shield and are considered as chromitebearing hyperbasites of Proterozoic age.

Key words: dunite, olivine, chromite, phlogopite, amphibole, Malyi Ostrozhok intrusion.

Цымбал С.Н., Кривдик С.Г., Цымбал Ю.С.

Флогопитовый дунит интрузива Малый Острожок (Подольский мегаблок Украинского щита).

Приведены результаты петрографических и минералогических исследований дунитов интрузива Малый Острожок, расположенного в северной части Подольского мегаблока Украинского щита. Размер его на современном эрозионном срезе 150 × 350 м, падение на юг под углом 45–50°. Интрузив прорывает граниты бердичевского комплекса возрастом 2050–2020 млн лет, имеет с ними реакционные контакты и содержит ксенокристы характерных для этих пород альмандина и биотита. Впервые подробно изучен химический состав породообразующих минералов дунита – оливина, хромита, флогопита, амфибола и пироксена. Оливин представлен форстеритом (*f* = 9–11 %) с повышенным содержанием NiO (в среднем 0,45 %) и низким – CaO. Ортопироксен по составу соответствует алюмоэнстатиту и алюмобронзиту (Al_2O_3 – 1,0–3,8 %, *f* = 10–14 %). Клинопироксен встречается редко и относится к диопсиду (*f* = 11–13 %) и малохромистому диопсиду (*f* = 4,3 %). Флогопит преимущественно интерстициальный, высоко магнезиальный по составу (MgO – 23–26%, *f* = 4–8 %.) Амфибол интерстициального типа – гастингситовая, эденитовая и актинолитовая роговая обманка. Хромшпинелиды образуют идиоморфные кристаллы октаэдрического габитуса. Они установлены в виде включений в оливине и флогопите или отдельных кристаллов и их сегрегаций в интерстициях. Содержание хромшпинелидов в дуните составляет 1–3 %, состав их варьирует в пределах, %: Cr_2O_3 – 58–46; Al_2O_3 – 12–23; FeO – 20–25; Fe_2O_3 – 0–5; MgO – 6–9. Они представлены двумя минеральными видами – хромитом и алюмохромитом умеренной магнезиальности и низкой титанистости. Для них характерна четкая обратная зависимость между содержанием Cr_2O_3 и $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ и менее выразительная – между Cr_2O_3 и MgO. Все хромиты высокожелезистые (*f* = 55–70 %) и имеют коровое происхождение. Среди них отсутствуют высокомагнезиальные разновидности, свойственные ксенолитам мантийных дунитов и перидотитов из кимберлитов. Интрузив дунита имеет признаки кристаллизационной дифференциации и фракционирования оливина. Исходный для него ультраосновной расплав образовался в результате частичного плавления деплетированного мантийного субстрата при низкой фугитивности кислорода и незначительном влиянии глубинного метасоматоза. Учитывая последовательность выделения минералов, тренды эволюции их химического состава и сравнительно низкие расчетные значения температуры равновесия оливина и хромита, сделан вывод, что дунит – продукт кристаллизации остаточного расплава с повышенным содержанием Fe, Cr, Al, Ca, K и Na. По многим особенностям состава хромитов он подобен дунитам капитанского комплекса, интрузивы которых известны в Голованевской шовной зоне Украинского щита и относятся к дунит-гарцбургитовой хромитоносной формации палеопротерозойского возраста.

Ключевые слова: дунит, оливин, флогопит, амфибол, интрузив Малый Острожок.

Надійшла 18.04.2016