

УДК 550.4:552.3(477)

І.А. Самборська

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М.П. Семененка НАН України
03680, м. Київ-142, Україна, пр. Акад. Палладіна, 34
E-mail: regul@igmof.gov.ua

ГЕОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА РУДНА СПЕЦІАЛІЗАЦІЯ АРХЕЙСЬКИХ КУМУЛЯТИВНИХ ПЕРИДОТИТІВ СЕРЕДНЬОПРИДНІПРОВСЬКОГО МЕГАБЛОКУ (УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ)

Розглянуто деякі мінералогічні, текстурно-структурні та геохімічні характеристики архейських ультрабазитів Сурської зеленокам'яної структури і розширеної Олександрівської інтрузії Середньопридніпровської граніт-зеленокам'яної області. Для порівняння використано результати 80 хімічних аналізів ультрабазитів — це матеріали М.П. Семененка, Л.В. Бойка, І.Н. Бордунова, В.В. Сукача, М.М. Львицького, О.Б. Фоміна, Г.В. Артеменка. Всі хімічні аналізи були перераховані на суму 100 %. Виявлено, що кумулятивні перидотити Олександрівської інтрузії відрізняються від кумулятивних перидотитових коматитів Петрівської та Павлівської ділянок Сурської зеленокам'яної структури вмістом легко- і тугоплавких когерентних (Al, Ca, Ti, V, Zn, Fe, Mg, Co) і некогерентних (Sr) елементів, петрохімічними коефіцієнтами (K_{ϕ} , mg , M/F) та значеннями основних співвідношень (Al_2O_3/TiO_2 , CaO/Al_2O_3 , M/F , Mg/Fe , Sr/Al). Ультрабазити мають різну металогенічну спеціалізацію: інтрузивно-ультрабазитові слабо- та недиференційовані утворення Сурської зеленокам'яної структури перспективні на нікелеві руди, а кумулятивні перидотити розширеної Олександрівської інтрузії та кумулятивні перидотитові коматити Сурської зеленокам'яної структури — на хром.

Вступ. Ультрабазити — це високомагнезійні породи з низьким вмістом кремнезему, глинозему та лугів. Їх залізистість зазвичай становить 17—30 %. Вони сильно збіднені на легкоплавкі "базальтові" компоненти (Ca, Al, Ti, V, луги), тому їх часто називають деплетованими породами. Ультрабазити зазвичай серпентинізовані, флогопітизовані, карбонатизовані та амфіболітизовані, зрідка зустрічаються малозмінені. Вони поширені в різних структурах і мають вік від раннього докембрію до фанерозою (3,5—1,65 млрд рр.).

Архейські ультрабазити інтрузивно-ультрабазитової формації (дуніти, олівініти, гарцбургіти, лерцоліти, піроксеніти) на території Середньопридніпровського мегаблоку складають серед вулканітів зеленокам'яного комплексу конксько-верхівцевської та білозерської серій пластові тіла (доскладчасті, верхівцев-

ський комплекс). Є й пізніші, приурочені до розломів (післякладчасті, варварівський комплекс). Найбільші тіла (пластові інтрузії, лінзи та масиви) виділені у Сурській зеленокам'яній структурі (ЗС) (Петрівський, Правдинський, Карнаухівський, Миколаївський масиви, Павлівська та Сурсько-Михайлівська пластові інтрузії), а також у Чортомлицькій (Шолохівська, Новоіванівська, Новопавлівська, Чортомлицька ділянки), Верхівцевській (Алферівська та Варварівська пластові інтрузії), Білозерській (Західна ділянка) та інших ЗС [8]. За формою залягання виділяються невеликі сили потужністю до 30 м, великі інтрузії потужністю до 1,5 км і розшировані інтрузії (диференційовані масиви) потужністю до 3000 м. Диференційовані масиви відомі в Сурській (Петрівський масив), Верхівцевській (Алферівська та Варварівська пластові інтрузії), Чортомлицькій ЗС. Кумулятивні інтрузивні ультрабазити описані М.М. Львицьким у Пів-

денно-Білозерському масиві Конксько-Білозерської ЗС [5] та автором в Олександрівській інтрузії [7].

Інтрузивні ультрабазити є перспективними породами на вкраплену мінералізацію Ni, Co, Cu та хромітове зруденіння з платиною.

Ультрабазити (перидотитові та піроксенітові коматіїти) коматіїт-толейтової формації Середньопридніпровського мегаблоку трапляються серед метаморфізованих порід конксько-верхівцевської та білозерської серій. Коматіїти досліджувались Ю.Ір. Половинкіною, Є.Б. Налівкіною, З.І. Танатар-Бараш, Н.Ф. Дуднік, І.Б. Щербаковим, О.Б. Фоміним, О.Б. Бобровим, Б.І. Малюком, А.О. Сівороновим, А.Г. Смоголюк, В.В. Сукачем, М.М. Ільвицьким, Л.Г. Данилович та ін. Вони складають лавові потоки різної потужності, мають різний ступінь диференціації за текстурно-структурними ознаками, а іноді й мінеральним складом. У диференційованих потоках виділяються такі зони: нижня — кумулятивна, середня — кумуло-спініфлекс і верхня — структури спініфлекс.

Ультрабазити інтрузивної та вулканічної фаз вулканогенно-осадових товщ ЗС за складом комагматичні (або комплементарні), тобто виникли внаслідок диференціації єдиного магматичного розплаву. Вони утворюють вулканоплутонічні асоціації [2, 4, 11, 12]. Геологічне положення ультрабазитів (пластоподібність, значна видовженість, згідне залягання у структурі синкліноріїв) не дозволяє відносити їх однозначно до вулканічних або інтрузивних утворень. Метаморфізовані кумулятивні перидотитові коматіїти і кумулятивні перидотити розшарованих інтрузій за текстурно-структурними ознаками та мінеральним складом практично не відрізняються. Та й характерна для вулканітів структура спініфлекс не може бути надійним критерієм їх ефузивної природи. Структура спініфлекс характерна і для крайових частин гіпабісальних перидотитових інтрузій (зони ендозакалки), яка утворюється внаслідок швидкої кристалізації олівину та піроксену [9]. Структура "псевдоспініфлекс" формується внаслідок метаморфічних перетворень піроксенітів інтрузивної фації, а саме заміщення породоутворювального піроксену видовжено-призматичними й голчастими зернами тремоліту та голчато-променевими агрегатами актиноліту. Тому, крім геологічного положення ультрабазитів, їх текстур-

но-структурних ознак і мінерального складу, слід також враховувати вміст у них петрогенних, рідкісних та рідкісноземельних елементів.

Петрогеохімічна характеристика архейських ультрабазитів Сурської ЗС і Олександрівської інтрузії Середньопридніпровського мегаблоку. З метою порівняння геохімічних характеристик ультрабазитів використано результати 80 хімічних аналізів — це матеріали М.П. Семененка, Л.В. Бойка, І.Н. Бордунова [8], В.В. Сукача і М.М. Ільвицького [10], О.Б. Фоміна [11] та Г.В. Артеменка [1]. Всі хімічні аналізи ультрабазитів були перераховані на суму 100 %.

Ультрабазити Сурської ЗС. Сурська ЗС розташована в центральній частині Середньопридніпровської граніт-зеленокам'яної області. Вона утворилась внаслідок докембрійського рифтогенезу 3200—2900 млн рр. тому. Її ультрабазити належать до коматіїт-толейтової формації, а їх інтрузивні комагмати — до дуніт-гарцбургітової та габро-дуніт-піроксенітової формацій [2, 10].

Ультрабазити інтрузивної формації створюють у бортах структури ланцюгоподібну систему масивів: Петрівський, Правдинський, Карнаухівський і Миколаївський масиви, Павлівська та Сурсько-Михайлівська пластові інтрузії [8]. Аналіз даних дозволив дійти висновку, що хімічний склад ультрабазитів Петрівського, Правдинського, Миколаївського масивів та Сурсько-Михайлівської пластової інтрузії дещо різний (рис. 1; табл. 1).

Ультрабазити Петрівського масиву містять більше CaO і Al₂O₃, ніж Правдинського та

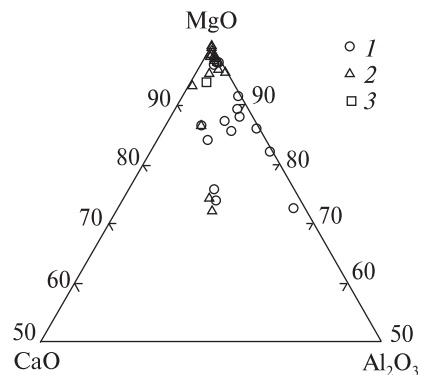


Рис. 1. Дискримінаційна діаграма CaO — Al₂O₃ — MgO для ультрабазитів інтрузивної фації Сурської ЗС: 1 — Петрівського, 2 — Правдинського, 3 — Миколаївського масивів

Fig. 1. The discrimination diagram CaO — Al₂O₃ — MgO for ultrabasites of intrusive facies of the Sura G.S.: 1 — Petrove, 2 — Pravda, 3 — Mykolaivka arrays

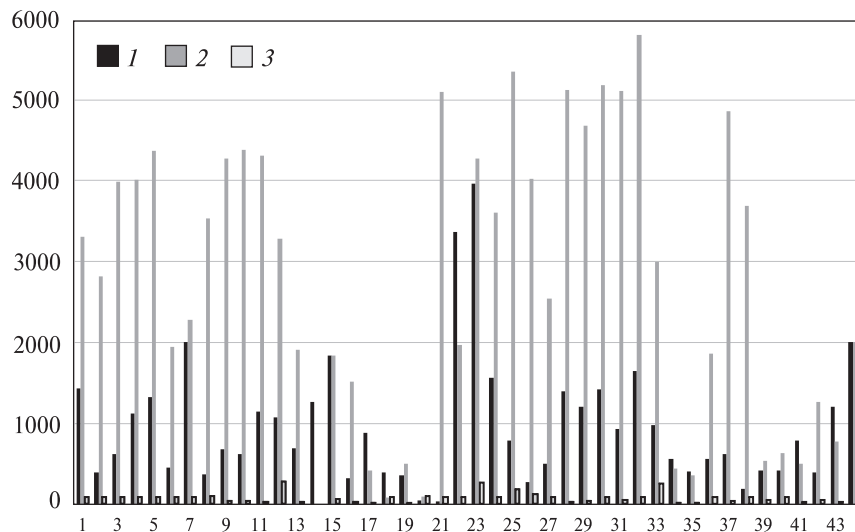


Рис. 2. Діаграма варіацій вмісту Cr (1), Ni (2), Co (3) в ультрабазитах Петрівського (зр. 1—19), Правдинського (зр. 20—35), Миколаївського (зр. 36, 37), Карнаухівського (зр. 38) масивів і Сурсько-Михайлівської пластової інтрузії (зр. 39—43) Сурської ЗС [8]

Fig. 2. The diagram of content variations of Cr (1), Ni (2), Co (3) in ultrabazites of Petrove (samples 1—19), Pravda (samples 20—35), Mykolaivka (samples 36, 37), Karnauchivka (sample 38) arrays and Sura-Mykchailivka sheet intrusion (samples 39—43) of the Sura G.S. [8]

Миколаївського масивів. Ультрабазити Правдинського масиву є найбільш магнезійними. Ця їх особливість зумовлена наявністю породоутворювального малозалізного олівіну — форстериту (Fo_{91-93}) [8].

Ультрабазити Петрівського масиву — це високомагнезійні ($\text{MgO}_{\text{ср}} = 37,64\%$, $K_{\text{ф,ср}} = 24\%$ [8]), Al-недеплетовані та Ti-деплетовані різновиди ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2 = 10-714$). Мають ви-

сокий вміст нікелю ($\text{Ni}_{\text{ср}} = 2567$ ppm). Середній вміст Cr та Co (892,5 та 70 ppm відповідно) не перевищує кларк для ультраосновних порід, за О.П. Виноградовим [3].

Взагалі, ультрабазитам інтрузивної фації Сурської ЗС (45 хімічних аналізів [8]) властива висока магнезійність ($\text{MgO} = \text{від } 25 \text{ до } 48,3\%$, $\text{MgO}_{\text{ср}} = 38,8\%$), низька залізистість ($K_{\text{ф,ср}} = 24\%$), петрохімічний коефіцієнт

Таблиця 1. Середній хімічний склад і петрохімічні коефіцієнти метаморфізованих інтрузивних ультрабазитів Сурської ЗС Середньодніпровського мегаблоку (за [8])

Table 1. Average chemical composition and petrochemical coefficients of metamorphosed intrusive ultrabazites of the Sura G.S. of the Middle-Dnieper megablock [8]

Компонент	Петрівський масив	Правдинський масив	Сурсько-Михайлівська пластова інтрузія	Сурська ЗС
Кількість хімічних аналізів	19	16	5	45
$\text{SiO}_2, \%$	44,07	41,50	45,73	43,03
$\text{TiO}_2, \%$	0,12	0,05	0,47	0,13
$\text{Al}_2\text{O}_3, \%$	3,67	1,34	6,61	3,11
$\text{MnO}, \%$	0,12	0,12	0,19	0,13
$\text{MgO}, \%$	37,64	43,41	24,85	38,76
$\text{CaO}, \%$	2,03	0,21	5,83	2,08
$\text{FeO}_{\text{tot}}, \%$	10,70	10,63	15,30	11,16
$\text{Na}_2\text{O}, \%$	0,29	0,13	0,16	0,21
$\text{K}_2\text{O}, \%$	0,08	0,03	0,1	0,06
$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$	141,78	44,40	15,46	37,52
$\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$	2,95	1,18	0,89	1,97
M/F	3,54	4,21	1,63	3,73
$K_{\text{ф}}, \%$	24	21	39	24,01
Cr, ppm	892,5	1191	643,3	944,4
Ni, ppm	2567	3535	741,8	2779
Co, ppm	69,7	10,5	48,4	78,8

Примітка. Жирним шрифтом виділені найвищі значення.

Note. The highest values are given in bold-type.

М.П. Семененка (M/F) варіює від 1,6 до 6,2 ($M/F_{\text{ср}} = 3,7$), $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,001\text{—}3,6$. Середній вміст Ni становить 2779, Cr — 944, Co — 79 ppm.

Для ультрабазитів Петрівського (зр. 1—13), Правдинського (зр. 21—33), Миколаївського (зр. 36—37), Карнаухівського (зр. 38) масивів Сурської ЗС [8] характерний вміст Ni, вищий або рівний кларковому (рис. 2). Вищий від кларкового вміст Cr мають тільки три з 43 зразків (зр. 7, 22, 23).

Більша частина зразків ультрабазитів масивів (38 із 45) — це Al-недеплетовані та Ti-деплетовані різновиди ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2 \geq 16$).

Ультрабазити коматіт-толеїтової формації в Сурській ЗС складають коматітові потоки (диференційовані, недиференційовані та слабодиференційовані). Диференційовані за текстурно-структурними ознаками, мінеральним і хімічним складом коматітові потоки встановлені на Петрівській [10], Правдинській, Карнаухівській [9] і Павлівській ділянках [1].

На Петрівській ділянці коматіти формують п'ять диференційованих потоків. Потужність одного потоку — від 30 до 130 м. За вмістом MgO виділені перидотитові, піроксенітові та базальтові коматіти [11]. Кумулятивні перидотитові коматіти є найбільш магнезіальними (>30 % MgO) та знаходяться у нижній частині потоків. У верхній частині потоків — перидотитові та піроксенітові коматіти, що мають структуру спініфлекс або кумуло-спініфлекс (таблитчастий або голчастий спініфлекс, який створюють скелетні виділення серпентинізованого олівину та піроксену).

Кумулятивні перидотитові коматіти Петрівської ділянки мають порфіроподібну текстуру та петельчасту структуру (серпентинізовані). Складаються з серпентинізованого олівину (30—90 %), хромшпінелідів (5—10 %), ромбічного та моноклінного піроксену. Зерна олівину ізометричної форми розміром до 2 см. Інтеркумуляс (10—70 %) містить олівін, хромшпінель, ромбічний і моноклінний піроксен [11].

Кумулятивні перидотитові коматіти мають високий вміст MgO (27—48 %), низький — TiO_2 , Na_2O і K_2O . Їх коефіцієнт залізистості варіює від 12,3 до 42 %, $M/F = 1,4\text{—}7$; $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,07\text{—}10,45$. Вміст Cr — 596—3052 ppm, Ni — 187—3151, Co — 24—246, Cu — 8—240 ppm [11]. Ці коматіти є Ti-збагаченими Al-деплетованими ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2 = 1,8\text{—}11$).

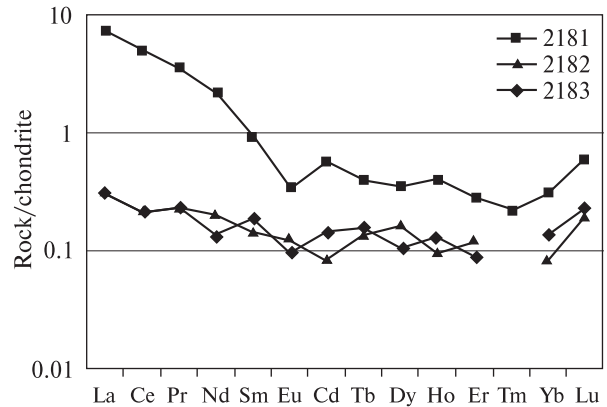


Рис. 3. Графік розподілу РЗЕ в кумулятивних перидотитових коматітах Павлівської ділянки Сурської ЗС (зр. 2181—2183), нормованих на хондрит C1 [13]

Fig. 3. The diagram of REE distribution in cumulative peridotite komatiites of the Pavlivka area of the Sura G.S. (samples 2181—2183) normalized for chondrite C1 [13]

Кумулятивні перидотитові коматіти Павлівської ділянки [1] (зр. 2182, св. 1473/15, гл. 45—46 м; зр. 2183, св. 1437/17, гл. 47—48 м) велико- та середньозернисті з порфіроподібною текстурою. Олівін, представлений ізометричними серпентинізованими зернами (до 90 %), знаходиться в дрібнозернистій серпентинізованій масі ультраосновного складу — інтеркумулясу (до 10 %).

Кумулятивним перидотитовим коматітам Павлівської ділянки властивий високий вміст MgO (38,63—46,5 %) та низький TiO_2 , Na_2O і K_2O . Їх коефіцієнт залізистості варіює від 14,5 до 23,4 %, $M/F = 3,1\text{—}5,9$; $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 3,75\text{—}7,5$. Вміст Cr — 3490—3590 ppm, Ni — 1080—1090, Co — 162—187, Rb — <2,0, Sr — 20,5—56,8, Ba — 9,86—15,9 ppm. Ці коматіти є Ti-деплетованими (TiO_2 — сл.). Концентрація рідкісноземельних елементів (РЗЕ) у них незначна і становить 0,1—0,3 примітивної мантії (PM). Сумарний вміст РЗЕ ($\Sigma\text{РЗЕ}$) — 0,46—0,98 ppm. Розподіл їх недиференційований, характерні незначні негативна та позитивна аномалії Eu (рис. 3). На мультиелементній діаграмі виділяються позитивні аномалії Sr і Zr [1]. Підвищений вміст легких лантанодів у зр. 2181 зумовлений процесами метаморфізму.

Петрогеохімічна характеристика та мінеральний склад кумулятивних перидотитів розшарованої Олександрівської інтрузії. Олександрівська інтрузія розташована субпаралельно зеленокам'яним товщам Саксаганської синкліналі та Високопільської ЗС і є фрагментом архейського зеленокам'яного поясу. Вік її по-

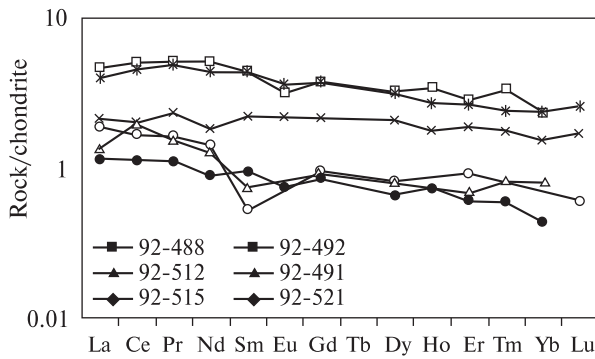


Рис. 4. Графік розподілу РЗЕ в кумулятивних перидотитах Олександрівської інтрузії, нормованих на хондрит С1 [13]

Fig. 4. The diagram of REE distribution in cumulative peridotites of the Oleksandrivka intrusion normalized for C1 chondrite [13]

над 3060 млн рр. Вона є однією зі структур Базавлуцької структурно-фаціальної зони. Розмір інтрузії $5 \times 8 \text{ км}^2$ за потужності 1000 м (за геофізичними даними — 2500 м). На основі детального дослідження мінерального та хімічного складу ультрабазитів св. 23292 було виділено сім мезоритмів потужністю від 20 до 70 м. Породний склад мезоритму змінюється від дуніту до плагіоклазового вебстериту.

Кумулятивні перидотити (дуніт, лерцоліт) — масивні, середньозернисті, з панідіоморфнозернистою структурою, місцями пельтечастою, знаходяться в нижній частині мезоритму. Складені вони серпентинізованим олівіном (70—90 %), моноклінним (10) і ромбічним піроксенами (10—15); хромшпінеліди, магнетит і сульфідні — акцесорні мінерали. Кумулятивні перидотити мають високий вміст MgO (29,6—44,8 %) і низький TiO₂ (0,13—0,5), Na₂O (0,05—0,4) і K₂O (сл.—0,53 %). Їх коефіцієнт залізистості (K_{ϕ}) варіює від 22 до 53 %. Це Ti-збагачені Al-деплетовані та Al-недепле-

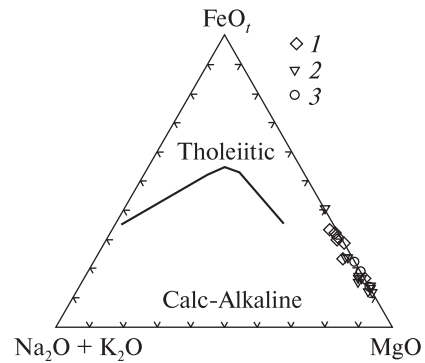


Рис. 5. Дискримінаційна діаграма (Na₂O + K₂O) — (Fe₂O₃ + FeO) — MgO для кумулятивних перидотитів Олександрівської інтрузії (1) та кумулятивних перидотитових коматитів Петрівської (2) [10] та Павлівської (3) ділянок Сурської ЗС

Fig. 5. The discrimination diagram (Na₂O + K₂O) — (Fe₂O₃ + FeO) — MgO for cumulative peridotites of the Oleksandrivka intrusion (1) and cumulative peridotite komatiites of the Petrove (2) [10] and Pavlivka (3) areas of the Sura G.S.

товані різновиди ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2 = 8,4\text{—}19,8$). Їм властиві відносно низькі значення співвідношень $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,3\text{—}1,5$; $\text{Mg}/\text{Fe} = 1,6\text{—}3,9$; $\text{Cr}/\text{Al} = 0,05\text{—}0,17$; $\text{Ti}/\text{Mg} = 0,003\text{—}0,014$; $\text{Ti}/\text{Fe} = 0,01\text{—}0,03$; $M/F = 1,9\text{—}4,54$ (середнє — 3,03), вони містять Ni (555—1340 ppm), Cr (833—3550), Co (145—173), Cu (5—6,3), Zn (108—137 ppm).

Кумулятивні перидотити мають низький вміст некогерентних рідкісних лужних (Rb — 0,75—1,24 ppm) і лужноземельних елементів (Sr — 6,63—11,5; Ba — 10—14 ppm) [7]. Співвідношення значень вмісту рідкісних елементів у них до PM від 0,2 до 2,8; $\Sigma\text{PЗЕ} = 3,48\text{—}14,04$ ppm. На мультиелементній діаграмі виділяються негативні аномалії Nb, Sr, Eu. Розподіл РЗЕ в кумулятивних перидотитах слабодиференційований (рис. 4).

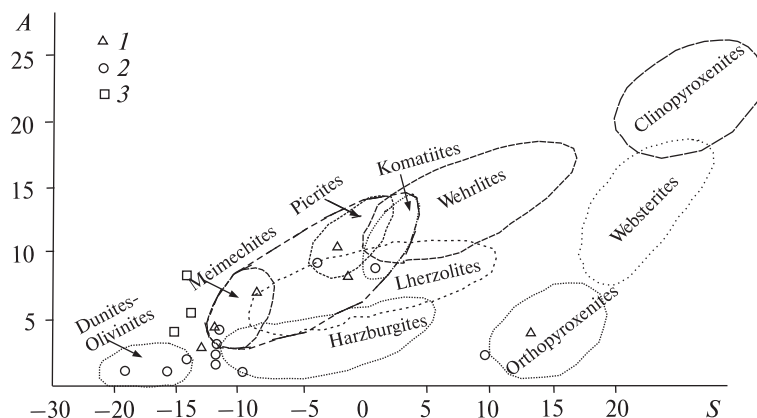


Рис. 6. Діаграма А — S (Л.В. Дмитрієв, Б.А. Борсуков) для кумулятивних перидотитів Олександрівської інтрузії (1) та кумулятивних перидотитових коматитів Петрівської (2) [10] та Павлівської (3) ділянок Сурської ЗС

Fig. 6. The diagram A — S (L.V. Dmytriyev, B.A. Barsukov) for cumulative peridotites of the Oleksandrivka intrusion (1) and cumulative peridotite komatiites of the Petrove (2) [10] and Pavlivka (3) areas of the Sura G.S.

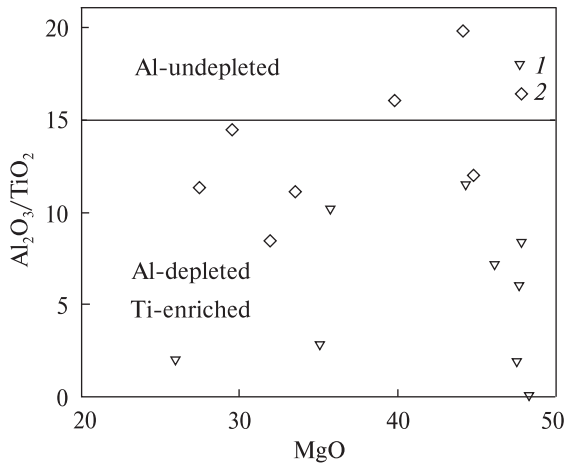


Рис. 7. Діаграма MgO — (Al₂O₃/TiO₂) для кумулятивних перидотитових коматітів Петрівської ділянки Сурської ЗС (1) і кумулятивних перидотитів Олександрівської інтрузії (2)

Fig. 7. The diagram MgO — (Al₂O₃/TiO₂) for cumulative peridotite komatiites of the Petrove area of the Sura G.S. (1) and cumulative peridotites of the Oleksandrivka intrusion (2)

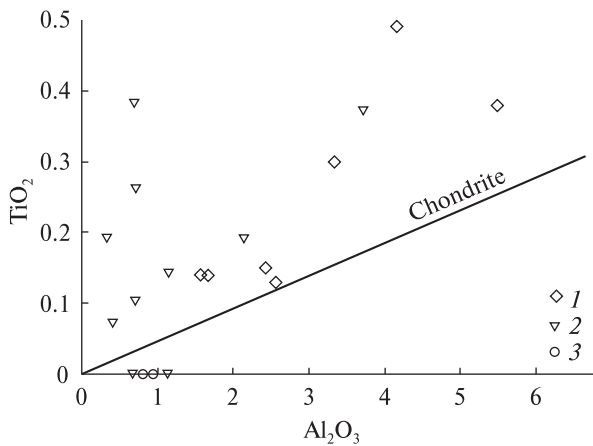


Рис. 8. Діаграма Al₂O₃ — TiO₂ для кумулятивних перидотитів Олександрівської інтрузії (1), кумулятивних перидотитових коматітів Петрівської (2) [10] та Павлівської (3) ділянок Сурської ЗС

Fig. 8. The diagram Al₂O₃ — TiO₂ for cumulative peridotites of the Oleksandrivka intrusion (1), cumulative peridotite komatiites of the Petrove (2) [10] and Pavlivka (3) areas of the Sura G.S.

Кумулятивні перидотити Олександрівської інтрузії містять більше хрому, ніж нікелю (середні значення: Cr — 2464, Ni — 847 ppm), а ультрабазити Петрівського та Правдинського масивів навпаки — більше нікелю, ніж хрому (середні значення: Ni — 2567 і 3535, Cr — 893 і 1191 ppm відповідно).

Олівін (Fo_{77-88,3}) із серпентинізованих кумулятивних дунітів Олександрівської інтрузії

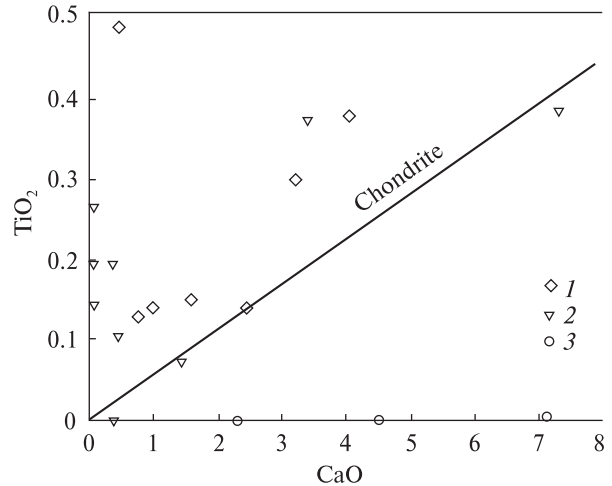


Рис. 9. Діаграма CaO — TiO₂ для кумулятивних перидотитів Олександрівської інтрузії (1), кумулятивних перидотитових коматітів Петрівської (2) [10] та Павлівської (3) ділянок Сурської ЗС

Fig. 9. The diagram CaO — TiO₂ for cumulative peridotites of the Oleksandrivka intrusion (1), cumulative peridotite komatiites of the Petrove (2) [10] and Pavlivka (3) areas of the Sura G.S.

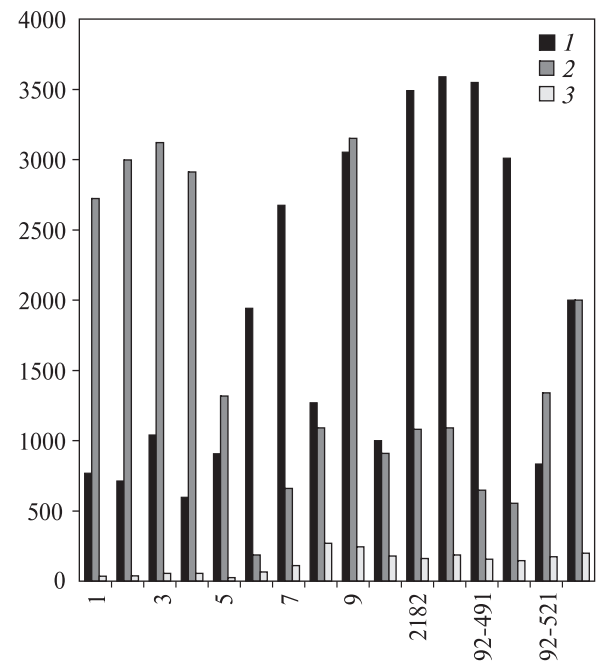


Рис. 10. Діаграма варіацій вмісту Cr (1), Ni (2), Co (3) у кумулятивних перидотитах Олександрівської інтрузії (зр. 92-491, 92-515, 92-521), кумулятивних перидотитових коматітах Петрівської (зр. 1-10 [10]) та Павлівської (зр. 2182, 2183) ділянок Сурської ЗС

Fig. 10. The diagram of content variations of Cr (1), Ni (2), Co (3) in cumulative peridotites of the Oleksandrivka intrusion (samples 92-491, 92-515, 92-521), cumulative peridotite komatiites of the Petrove (samples 1-10 [10]) and Pavlivka (samples 2182, 2183) areas of the Sura G.S.

є менш магнезійним, ніж олівін із серпентинізованих дунітів Петрівського та Правдинського масивів ($\text{Fo}_{91,8}$; $\text{Fo}_{93,2}$).

Хромшпінеліди, виділені з протолочних проб кумулятивного лерцоліту (зр. 92—518, св. 23292, гл. 274,0 м), є високоглиноземисти-

ми (Al_2O_3 — від 42,37 до 53,47 %) та низькохромовими (Cr_2O_3 — від 12,0 до 20,54 %), тобто це пікотити. Такий вміст форстеритового компонента в олівіні та коефіцієнт залізистості хромшпінелідів ($K_{\phi} = 37,5\text{—}45,2$ %) свідчать про їх кристалізацію на невеликій глибині за

Таблиця 2. Характеристики кумулятивних перидотитів Олександрівської інтрузії та кумулятивних перидотитових коматитів Сурської ЗС

Table 2. Characteristics of cumulative peridotites of the Oleksandrivka intrusion and cumulative peridotite komatiites of the Sura G.S.

Параметр	Кумулятивні перидотити Олександрівської інтрузії	Кумулятивні перидотитові коматити Сурської ЗС	
		Петрівська ділянка	Павлівська ділянка
Кількість хімічних аналізів	6	10	3
Будова геологічного розрізу	Відсутня зона гартування	Зона гартування — брекчіювані породи	
Текстура	Масивні, рівномірнозернисті (відсутній дрібнозернистий інтеркумуляус)	Порфіроподібні (дрібнозернистий інтеркумуляус ультраосновного складу, 10—70 %)	
Структура	Петельчаста, середньозерниста		
Мінеральний склад	Олівін, піроксен, хромшпінель, магнетит		
MgO, %	29,4—44,8 (37,27)	26,48—48 (42,54)	39—47 (43,8)
TiO ₂ , %	0,13—0,5 (0,27)	Сл.—0,38 (0,17)	Сл.
Al ₂ O ₃ , %	1,8—5,5 (3,27)	0,3—3,7 (1,2)	0,77—0,95 (0,8)
Na ₂ O, %	0,05—0,4 (0,26)	Сл.—0,96 (0,28)	Сл.
K ₂ O, %	Сл.—0,53 (0,18)	Сл.—0,59 (0,21)	"
Al ₂ O ₃ /TiO ₂	8,4—19,8 Ті-збагачені Al-деплетовані та Al-недеплетовані різновиди	1,8—11,0 Ті-збагачені Al-деплетовані	Ті-деплетовані (TiO ₂ — сл.)
CaO/Al ₂ O ₃	0,3—1,5 (0,8)	0,1—10,5 (1,7)	3,8—7,5 (5,44)
M/F	1,9—4,5 (3,03)	1,4—7,1 (4,94)	3,1—5,9 (4,37)
K _φ , %	22—53 (39,8)	12,3—41,7 (18,93)	14,5—23,4 (19,5)
Ti/Mg	Низьке значення — 0,002—0,014		
Ti/Fe	" "	0—0,03	
Mg/Fe	1,6—3,9 (2,5)	1,24—6,33 (4,39)	2,8—5,34 (3,94)
Cr/Al	0,05—0,17 (0,10)	1,5—12,3 (5,67)	0,6—0,7 (0,65)
<i>Вміст деяких елементів, ppm</i>			
Cr	833—3550 (2464)	596—3052 (1396)	3490—3590 (3540)
Ni	555—1340 (847)	187—3151 (1907)	1080—1090 (1085)
Co	145—173	24—246	162—187
Cu	5—6,3	8—240	2,9—4,8
Zn	108—137 (123)	Не визн.	54—56 (55)
V	39,7—96,5 (68)	" "	16,4—16,8 (16,6)
Yb	0,11—0,59	" "	0,01—0,02
U	≤ 0,1	" "	0,02
Sr	6,63—11,50	" "	20,5—56,8
ΣPЗЕ	3,48—14,04	" "	0,46—0,98 (0,72)

Примітка. Цифри в круглих дужках — середні значення, жирним шрифтом виділені найвищі показники.
Note. Figures in round brackets are the average values, the highest indices are bold-typed.

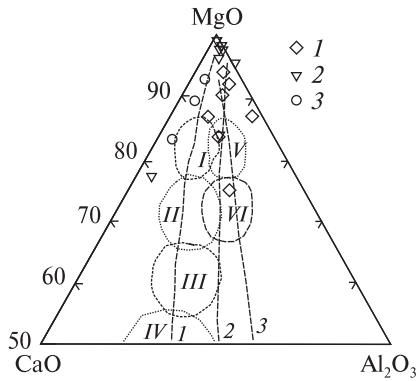


Рис. 11. Фрагмент дискримінаційної діаграми CaO — Al₂O₃ — MgO для кумулятивних перидотитів Олександрівської інтрузії (1) та кумулятивних перидотитових коматитів Петрівської (2) [10] та Павлівської (3) ділянок Сурської ЗС з полями: I — перидотитових коматитів світи коматі, II — перидотитових коматитів світи сендопрут, III — піроксенітових коматитів типу гелук, IV — піроксенітових коматитів типу бедплаас, V — перидотитових коматитів родезійського типу, VI — перидотитових коматитів киватинського типу. Тренди диференціації вулканітів: 1 — ранньоархейських, 2 — пізньоархейських, 3 — фанерозойських пікритів, толейтових базальтів

Fig. 11. The fragment of discrimination diagram CaO — Al₂O₃ — MgO for cumulative peridotites of the Oleksandrivka intrusion (1) and cumulative peridotite komatiites of the Petrove (2) [10] and Pavlivka (3) areas of the Sura G.S. with the fields: I — peridotite komatiites of komati suite, II — peridotite komatiites of sendopruit suite, III — pyroxenite komatiites of heluk type, IV — pyroxenite komatiites of bedplaas type, V — peridotite komatiites of Rhodesian type, VI — peridotite komatiites of kyvatine type. Trends of volcanite differentiation: 1 — Early Arhean, 2 — Late Arhean, 3 — Phanerozoic picrite, tholeiite basalts

відносно невисокої температури із магми базитового складу [6].

Порівняльний геохімічний аналіз кумулятивних перидотитів Олександрівської інтрузії та кумулятивних перидотитових коматитів Сурської ЗС Середньопридніпровського мегаблоку. Метаморфізовані (серпентинізовані, амфіболізовані) кумулятивні перидотити розшарованої Олександрівської інтрузії за структурними ознаками (петельчаста структура, середньозернисті) та мінеральним складом (олівін, піроксен, шпінель, магнетит) на перший погляд подібні до метаморфізованих кумулятивних перидотитових коматитів Сурської ЗС.

Кумулятивні перидотити інтрузивної та лавової фацій мають високий вміст MgO (27—48%), низький — титану та лугів (рис. 5). Для них характерні низькі значення співвідношень Ti/Mg (0,002—0,014) і Ti/Fe (0—0,03).

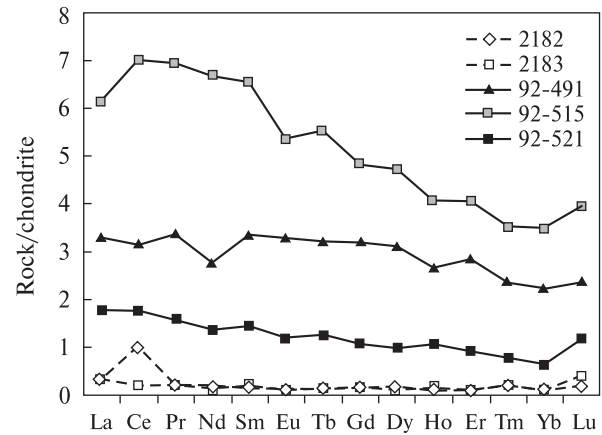


Рис. 12. Нормований на хондрит C1 [13] графік розподілу РЗЕ у кумулятивних перидотитових коматитах Павлівської ділянки Сурської ЗС (зр. 2182, 2183) і кумулятивних перидотитів Олександрівської інтрузії (зр. 92-491, 92-515, 92-521)

Fig. 12. Normalized for C1 chondrite [13] diagram of the REE distribution in cumulative peridotite komatiites of the Pavlivka area of the Sura G.S. (samples 2182, 2183) and cumulative peridotites of the Oleksandrivka intrusion (samples 92-491, 92-515, 92-521)

На діаграмі Б.А. Барсукова та Л.В. Дмитрієва (А — С) (рис. 6) фігуративні точки складу кумулятивних перидотитів Олександрівської інтрузії розмістились у полях меймечитів, пікритів і ортопіроксенітів. У ці ж поля потрапила частина точок складу кумулятивних перидотитових коматитів Петрівської ділянки Сурської ЗС. Це свідчить про подібність їх хімічного складу. Фігуративні точки складу кумулятивних перидотитових коматитів Павлівської ділянки Сурської ЗС знаходяться між полями дунітів-олівінітів і меймечитів.

Кумулятивні перидотити Олександрівської інтрузії та кумулятивні перидотитові коматити Петрівської ділянки Сурської ЗС — це Ti-збагачені Al-деплетовані чи Al-недеплетовані різновиди (рис. 7).

Співвідношення вмісту оксидів TiO₂/Al₂O₃, TiO₂/CaO в кумулятивних перидотитах Олександрівської інтрузії та у кумулятивних перидотитових коматитах Сурської ЗС відрізняються від хондритових величин і підтверджують, що відбувався процес диференціації магми (діаграми Al₂O₃ — TiO₂, CaO — TiO₂, рис. 8, 9).

Вміст хрому в кумулятивних перидотитових коматитах Сурської ЗС і кумулятивних перидотитах Олександрівської інтрузії варіює від 596 до 3590 ppm, нікелю — від 187 до 3151, Со — від 145 до 246 (рис. 10; табл. 2).

Кумулятивні перидотитові коматіїти Петрівської ділянки (зр. 1–10 [11]) характеризуються високим вмістом хрому та нікелю, а кумулятивні перидотитові коматіїти Павлівської ділянки (зр. 2182, 2183) та кумулятивні перидотити Олександрівської інтрузії (зр. 92-491, 92-515, 92-521) мають високий вміст хрому.

Вміст кобальту майже в усіх зразках кумулятивних перидотитів менший від кларкового (винятком є зр. 8, 9 — це кумулятивні перидотитові коматіїти Петрівської ділянки).

Петрогеохімічні відмінності. Кумулятивні перидотити Олександрівської інтрузії відрізняються від кумулятивних перидотитових коматіїтів Сурської ЗС текстурою та вмістом петрогенних і рідкісноземельних елементів.

Кумулятивні перидотити Олександрівської інтрузії: 1. Масивні, рівномірно-, велико- та середньозернисті породи з гіпідіоморфнозернистою структурою (не містять дрібнозернистого інтеркумуляу), а кумулятивні перидотитові коматіїти — порфіроподібні.

2. Є менш магнезійними ($MgO_{сер} = 37,24\%$), більш залістими ($K_{ф,сер} = 39,8\%$), містять більше глинозему ($Al_2O_{3сер} = 3,3\%$) та титану ($TiO_{2сер} = 0,27$), ніж кумулятивні перидотитові коматіїти Сурської ЗС (середні значення: $MgO = 43\%$; $K_{ф} = 19$; $Al_2O_3 = 0,8-1,2$; $TiO_2 = сл.-0,17\%$) (рис. 11; табл. 2).

3. Це Ti-збагачені Al-деплетовані та Al-недеплетовані різновиди, а кумулятивні перидотитові коматіїти Павлівської ділянки Сурської ЗС — Ti-деплетовані.

4. Характеризуються значеннями $CaO/Al_2O_3 = 0,3-1,5$, петрохімічним коефіцієнтом $M/F = 1,9-4,5$ (середнє — 3,03) і низькими значеннями співвідношень $Mg/Fe = 1,6-3,9$; $Cr/Al = 0,05-0,17$. Для кумулятивних перидотитових коматіїтів Сурської ЗС характерні вищі значення цих параметрів: $CaO/Al_2O_3 = 0,1-10,5$; $M/F = 1,4-7,1$; $Mg/Fe = 1,24-6,33$; $Cr/Al = 0,6-12,3$.

5. Мають незначний вміст некогерентних рідкісних лужних (Rb — 0,75–1,24) і лужноземельних елементів (Sr — 6,63–11,5; Ba — 10–14 ppm). Для кумулятивних перидотитових коматіїтів Павлівської ділянки Сурської ЗС характерний вищий вміст Sr — 20,5–56,8 ppm (табл. 2), який свідчить про присутність в них більшої кількості породоутворювального плагіоклазу. У кумулятивних перидотитах Олександрівської інтрузії дуже рідко трапляються поодинокі зерна плагіоклазу (інтеркумуляу).

6. Мають більшу концентрацію РЗЕ ($\Sigma РЗЕ = 3,48-14,04$ ppm), ніж кумулятивні перидотитові коматіїти Павлівської ділянки Сурської ЗС ($\Sigma РЗЕ = 0,46-0,98$ ppm), розподіл їх є диференційованим (рис. 12).

7. Мають більшу концентрацію Yb (0,11–0,59 ppm), ніж кумулятивні перидотитові коматіїти Павлівської ділянки Сурської ЗС (Yb — 0,01–0,02 ppm). Це свідчить про те, що кумулятивні перидотити Олександрівської інтрузії містять більше моноклінного піроксену.

8. Мають нижчий вміст Co (145–173) та вищий Zn (108–137) і V (39,7–96,5 ppm), ніж кумулятивні перидотитові коматіїти Павлівської ділянки (Co — 162–187, Zn — 54–56, V — 16,4–16,8 ppm), (табл. 2).

Висновки. Виконаний детальний аналіз кумулятивних перидотитів Олександрівської інтрузії та Сурської ЗС дозволив встановити їх петрогеохімічні особливості, за якими вони подібні та відрізняються.

Виявлено, що кумулятивні перидотити Олександрівської інтрузії відрізняються від кумулятивних перидотитових коматіїтів Петрівської та Павлівської ділянок Сурської ЗС вмістом легко- і тугоплавких когерентних (Al, Ca, Ti, V, Zn, Fe, Mg, Co) і некогерентних (Sr) елементів, петрохімічними коефіцієнтами ($K_{ф}$, mg , M/F) та значеннями співвідношень (Al_2O_3/TiO_2 , CaO/Al_2O_3 , M/F , Mg/Fe , Cr/Al).

Ультрабазити інтрузивної фації Сурської ЗС, кумулятивні метакоматіїти Павлівської ділянки Сурської ЗС характеризуються значенням $Al_2O_3/TiO_2 \geq 15$ і є Al-недеплетованими породами. Кумулятивні ультрабазити Олександрівської інтрузії та кумулятивні метакоматіїти Петрівської ділянки Сурської ЗС є Al-деплетованими ($Al_2O_3/TiO_2 < 15$).

Ультрабазити Середньопридніпровського мегаблоку мають різну металогенічну спеціалізацію: інтрузивно-ультрабазитові слабо- та недиференційовані утворення Сурської ЗС перспективні на нікелеві руди, а кумулятивні перидотити розшарованої Олександрівської інтрузії та кумулятивні перидотитові коматіїти Сурської ЗС — на хром.

ЛІТЕРАТУРА

1. Артеменко Г.В., Самборская И.А. Геохимические отличия перидотитовых и пироксенитовых коматитов зеленокаменных поясов Приазовского и Среднеприднепровского мегаблоков Украинского щита // *Мінерал. журн.* — 2009. — 31, № 2. — С. 13–19.

2. Бобров А.Б. К вопросу о расчленении основных и ультраосновных пород Среднего Приднепровья // Геол. журн. — 1992. — № 6. — С. 52—58.
3. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных пород земной коры // Геохимия. — 1962. — № 7. — С. 555.
4. Данилович Л.Г. Петрологические типы коматиитов Среднего Приднепровья (УЩ) // Докл. АН УССР. Сер. Б. — 1981. — № 1. — С. 16—21.
5. Львицкий М.М. Кумулятивні перидотити Південно-Білозерського ультрамафітового масиву (Український щит) // Відом. Акад. гірн. наук України. — 1997. — № 4. — С. 9—10.
6. Магматические горные породы / Гл. ред. О.А. Богатиков. — М. : Наука, 1983—1988. — Т. 3: Основные породы / Отв. ред. Е.В. Шарков. — 1985. — 488 с.
7. Самборська І.А. Геохімія розшарованих магматичних порід Олександрівської інтрузії (Середньопридніпровський мегаблок Українського щита) : Автореф. дис. ... канд. геол. наук. — К., 2008. — 20 с.
8. Семенов Н.П., Бойко В.Л., Бордунов И.Н. и др. Ультрабазитовые формации центральной части Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1979. — 412 с.
9. Сиворонов А.А., Бобров А.Б., Смоголюк А.Г., Троицак С.А. Метаморфизованная коматиит-толеитовая формация Сурской зеленокаменной структуры (Среднее Приднепровье) // Геол. журн. — 1983. — № 3. — С. 108—121.
10. Смоголюк А.Г. Петрология ультрабазитов Сурского района Украинского щита : Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. — Киев, 1980. — 24 с.
11. Сукач В.В., Львицкий М.М. Розшаровані коматиїтові потоки Сурської зеленокам'яної структури та їх потенційна металоносність // Зб. наук. пр. УкрДГРІ. — 2005. — № 2. — С. 63—69.
12. Фомин А.Б. Геохимия гипербазитов Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1984. — 232 с.
13. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts : implications for mantle composition and processes / A.D. Saunders, M.J. Norry // Magmatism in the Ocean Basins. — 1989. — P. 313—345. — (Geol. Soc. Spec. Publ.; No 42).

Надійшла 21.05.2012

И.А. Самборская

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
И РУДНАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ АРХЕЙСКИХ
КУМУЛЯТИВНЫХ ПЕРИДОТИТОВ
СРЕДНЕПРИДНЕПРОВСКОГО
МЕГАБЛОКА (УКРАИНСКИЙ ЩИТ)

Рассмотрены некоторые минералогические, текстурно-структурные и геохимические характеристики архейских ультрабазитов Сурской зеленокаменной структуры (ЗС) и расслоенной Александровской интрузии

Среднеприднепровской гранит-зеленокаменной области. Для сравнения использованы результаты 80 химических анализов ультрабазитов — это материалы Н.П. Семеново, Л.В. Бойко, И.Н. Бордунова, В.В. Сукача, М.М. Ильвицкого, А.Б. Фомина, Г.В. Артеменко. Все химические анализы были пересчитаны на сумму 100 %. Выявлено, что кумулятивные перидотиты Александровской интрузии отличаются от кумулятивных перидотитовых коматиитов Петровского и Павловского участков Сурской ЗС по содержанию легко- и тугоплавких когерентных (Al, Ca, Ti, V, Zn, Fe, Mg, Co) и некогерентных (Sr) элементов, по петрохимическим коэффициентам (K_f , mg, M/F) и значениям основных отношений (Al_2O_3/TiO_2 , CaO/Al_2O_3 , M/F, Mg/Fe, Cr/Al). Ультрабазиты имеют разную металлогеническую специализацию: интрузивно-ультрабазитовые слабо- и недифференцированные образования Сурской ЗС перспективны на никелевые руды, а кумулятивные перидотиты расслоенной Александровской интрузии и кумулятивные перидотитовые коматииты Сурской ЗС — на хром.

I.A. Samborskaya

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS
AND ORE SPECIALIZATION OF ARCHEAN
CUMULATIVE PERIDOTITES
OF THE MIDDLE-DNIEPER MEGABLOCK
(THE UKRAINIAN SHIELD)

Some mineralogical, textural, structural and geochemical characteristics of Archean ultrabasites of the Sura G.S. and stratified Oleksandrivka intrusion of granite-greenstone area of the Middle-Dnieper kraton have been considered and their essential petrochemical differences have been found. Eighty (80) chemical analyses of ultrabasites (the material of M.P. Semenenko, L.V. Boyko, I.N. Bordunov, V.V. Sukach, M.M. Ilvytskiy, O.B. Fomin and G.V. Artemenko) were used for comparison. All chemical analyses were transferred to a total 100 %. It was found that cumulative peridotites of the Oleksandrivka intrusion differed from cumulative perydotyte komatiites of the Petrove and Pavlivka areas of the Sura G.S. by content of fusible and refractory coherent (Al, Ca, Ti, V, Zn, Fe, Mg, Co) and incoherent (Sr) elements, by petrochemical coefficients (K_f , mg, M/F) and the ratios (Al_2O_3/TiO_2 , CaO/Al_2O_3 , M/F, Mg/Fe, Cr/Al). Ultrabasites of intrusive facies of the Sura GS, cumulative metakomatiites of the Pavlivka area characterized by the ratio $Al_2O_3/TiO_2 \geq 15$ and are not aluminum depleted rocks. Cumulative ultrabasites of the Oleksandrivka intrusion and cumulative metakomatiites of the Petrove area of the Sura G.S. are aluminum-depleted ($Al_2O_3/TiO_2 < 15$) rocks. Ultrabasites have different metallogenic specialization: intrusive-ultrabasites poorly- and undifferentiated formations of the Sura G.S. are promising for nickel ore, and cumulative peridotites of the Oleksandrivka intrusion and cumulative peridotite komatiites of the Sura G.S. — for chrome.