

<https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.04.063>
УДК 552.43: 550.42:550.93 (477): 549

Г.В. Артеменко, д-р геол. наук, проф., зав. відділом
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України
03142, м. Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34
E-mail: regulgeo@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-4528-6853>

Л.М. Степанюк, д-р геол. наук, чл.-кор. НАН України, проф., заст. дир.
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України
03142, м. Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34
E-mail: stepaniuk@nas.gov.ua; <https://orcid.org/0000-0001-5591-5169>

І.А. Самборська, канд. геол. наук, старш. наук. співроб., вчений секретар
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України
03142, м. Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34
E-mail: irena.samborska@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-4298-969X>

Б.В. Бородиня, провідний інженер
Казенне підприємство "Південукргеологія"
49000, м. Дніпро, Україна, вул. Чернишевського, 11
E-mail: boris.priazov@gmail.com

І.А. Швайка, канд. геол. наук, наук. співроб.
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України
03142, м. Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34
E-mail: ishvaika@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-9585-4380>

К.І. Гоголев, канд. геол. наук, мол. наук. співроб.
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України
03142, м. Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34
E-mail: superiorIF@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7727-9965>

Л.І. Проскурка, мол. наук. співроб.
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України
03142, м. Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34
E-mail: igmrproskurko@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5760-2000>

ВІК ТА ГЕОХІМІЯ БАЗИТ-УЛЬТРАБАЗИТОВИХ ІНТРУЗІЙ САЛТИЧАНСЬКОГО АНТИКЛІНОРІЮ (ЗАХІДНЕ ПРИАЗОВ'Я)

Інтрузії порід основного й ультраосновного складу поширені на ділянках середньої течії р. Обіточної, Кільтичії, Буртичії та у верхів'ях р. Обіточної Салтичанського антиклінорію (Західне Приазов'я). Вони представлені перидотитами, піроксенітами, актинолітитами, тремолітитами, горнблендитами, амфіболовими та іншими сланцями. Ці інтрузії розглядають як "тріщинні інтрузії", які вкоріювались у вже дислоковані породи архейського віку. Отримані нові геохімічні дані свідчать, що перидотити та піроксеніти цих інтрузій могли утворитися з розплавів деплетованої верхньої мантії, які зазнали фракціонування у проміжних магматичних камерах, на що вказують позитивні аномалії Ti та Eu. У перидотитах (#mg = 0,74–0,86) Камішуватської інтрузії та інтрузії біля хутора Рева вміст нікелю (Ni — 510–826 ppm) нижче кларкового для ультраосновних порід, а вміст хрому на рівні кларку та

Цитування: Артеменко Г.В., Степанюк Л.М., Самборська І.А., Бородиня Б.В., Швайка І.А., Гоголев К.І., Проскурка Л.І. Вік та геохімія базит-ультрабазитових інтрузій Салтичанського антиклінорію (Західне Приазов'я). *Мінерал. журн.* 2021. 43, № 4. С. 63–72. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.04.063>

нижче (Cr — 1250—2260 ppm). Позитивні аномалії Ti та Eu свідчать про процеси фракціонування вихідної магми піроксенітів. Порооди інтрузії прориваються жилами сієнітів, пегматитів та аплітоподібних гранітів. Вони мають коровий генезис та зберегли реліктовий циркон. Сингенетичний монацит був виявлений тільки у жилах аплітоподібних гранітів, які проривають метапіроксеніти Камишувацької інтрузії. За датуванням цього монациту визначена верхня вікова межа утворення ультрабазит-базитових інтрузій — $2051,8 \pm 3,8$ млн pp. Формування цих інтрузій пов'язано, імовірно, з активізацією мантиї Землі близько 2050 млн pp. тому.

Ключові слова: Камишувацька інтрузія, новоселицька асоціація, коларівський комплекс, перидотити, піроксеніти, лужні сієніти, монацит, уран-свинцевий вік, Салтичанський антиклінорій, Західне Приазов'я.

Вступ. На Салтичанському антиклінорії невеликі за розмірами (сотні метрів у перетині) інтрузії порід основного й ультраосновного складу відомі на ділянках середньої течії річок Обіточної, Кільгичії, Буртичії та у верхів'ях р. Обіточної (балка Біла) [2, 3, 8, 9] (рис. 1). Вони складені перидотитами, піроксенітами, актинолітитами, тремолітитами, горнблендитами, амфіболовими та іншими сланцями. Ці інтрузії розглядають як "тріщинні інтрузії", які вкорінювались у вже дислоковані породи архейського віку. У Кореляційній хроностратиграфічній схемі раннього докембрію Українського щита їх віднесено до новоселицької асоціації та коларівського комплексу [5]. Інтрузії прориваються жилами сієнітів, пегматитів та аплітоподібних гранітів [2, 4]. Метаультрабазити, згідно з даними І.С. Усенка та Г.Л. Кравченка [2, 4], — це ультраосновні породи нормального петрохімічного ряду, які утворились, ймовірно, унаслідок диференціації базальтової магми.

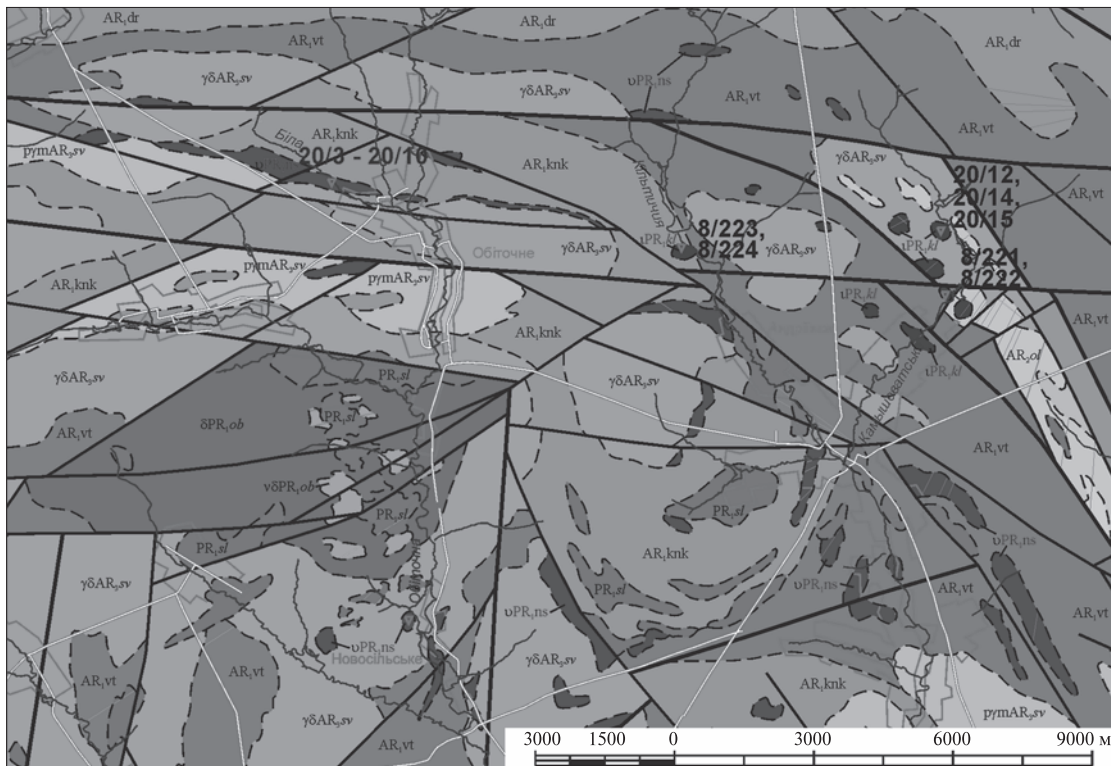
Основні та ультраосновні породи цих інтрузій вивчено ще недостатньо — не визначено їхній вік, не повністю розкритий потенціал на корисні копалини тощо. У 1960—1970 pp. (В.П. Алексеева, 1963)* ці породи досить детально досліджували на алмазозносність. Для обґрунтованих висновків щодо генезису порід цих інтрузій необхідні детальніші геохімічні дослідження. З цією метою нами було проведено визначення за допомогою методу *ICP-MS* мікроелементного складу метаультрабазитів, метабазитів та січних порід середнього і кислого складу та визначено вік монациту з аплітоподібних гранітів, які проривають метапіроксеніти Камишувацької інтрузії.

Методи досліджень. Силікатні хімічні аналізи порід виконано в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення (ІГМР) ім. М.П. Семе-

ненка НАН України за допомогою методів мокрої хімії та рентгенофлюоресцентного аналізу (РФА). Вміст рідкісних і розсіяних елементів визначався за допомогою методу індукційно зв'язаної плазми з маспектрометричним закінченням аналізу (*ICP-MS*) в ІГМР НАН України та Інституті проблем технологій мікроелектроніки Російської академії наук (ІПТМ РАН). Правильність аналізів контролювалася шляхом вимірювання міжнародних стандартних зразків *GSP-2*, *VM*, *СГД-1А*, *СТ-1*. Похибки визначення концентрацій становили від 3 до 5 мас. % для більшості елементів. Монацит датувався класичним уран-свинцевим ізотопним методом у відділі радіогеохронології ІГМР НАН України. Для визначення вмісту урану і свинцю використали змішаний ^{235}U + ^{206}Pb трасер. Ізотопні аналізи свинцю і урану виконано на восьмиколекторному маспектрометрі *MI-1201 AT* в мультиколекторному статичному режимі. Математичне оброблення експериментальних даних проводилось за програмами *Pb Dat* і *ISOPLLOT* [10, 11].

Результати досліджень. Геохімія і генезис метаморфізованих ультрабазитів і базитів. Метаморфізовані перидотити (інтрузія на правому березі р. Кільгичія, навпроти хутора Рева, св. 506/3: гл. 26,0—27,0 м, зр. 8/223; гл. 33,0—33,8 м, зр. 8/224) (рис. 1). За хімічним складом це ультраосновні породи: SiO_2 — 38,61—39,57 %; CaO — 0,59—0,70 %; $Na_2O + K_2O = 0,12—0,18$ % (табл. 1). На діаграмі *A-S* фігуративні точки їх складу розташовані між полями гарцбургітів та ортопіроксенітів (рис. 2, а). Вони вирізняються високою магнезійністю ($\#mg = 0,85—0,86$) та низьким вмістом TiO_2 (0,15—0,17 %). Метаморфізовані перидотити мають дуже низький вміст мікроелементів і слабкий ступінь їх диференціації (табл. 2, рис. 3). У них низький вміст літофільних — Rb (4,81—8,76 ppm), Sr (17,9 ppm) і рідкісноземельних елементів — ΣPZE (4,86—6,82 ppm) (табл. 2). Концентрація Ni (808—826 ppm) та Cr (1660—1720 ppm) нижче кларкового за

* Алексеева В.П. "Изучение алмазозносности Украинской ССР с целью выделения наиболее перспективных районов для постановки поисково-опробовательских работ за 1960—1963 гг." Отчет. Киев, 1963.



AR₁vt 1 AR₁knk 2 AR₁dr 3 AR₂ol 4 AR₃sv 5 AR₁knk 6 PR₁ob 7 PR₁sl 8 PR₁kl 9 $\frac{a}{b}$ 10 $\frac{a}{b}$ 11 $\frac{8/223, 8/224}{8/224}$ 12

Рис. 1. Схематична геологічна карта ділянки робіт (північна частина Салтичанської куполоподібної структури) [2, із змінами]: 1 — верхньотокмацька товща західноприазовської серії; 2 — "кайнкулацька" товща західноприазовської серії; 3 — драгунська товща; 4 — ольгинська світа сорокинської серії; 5 — шевченківський комплекс (a — плагіомігматити, b — гранодіорити); 6 — новоселицька асоціація; 7 — обіточненський комплекс (a — габродіорити, b — габро); 8 — салтичанський комплекс; 9 — коларівський комплекс; 10 — розломи (a — головні, b — другорядні); 11 — геологічні границі; 12 — точки відбору та номери проб

Fig. 1. Schematic geological map of the work area (northern part of the Saltych dome structure) [2, with changes]: 1 — Upper Tokmak stratum of the West Azov series; 2 — "Kayinkulak" stratum of the West Azov series; 3 — Dragoon stratum; 4 — Olgino suite of the Soroky series; 5 — Shevchenko complex (a — plagiomygmatites, b — granodiorites); 6 — Novoselystke association; 7 — Obitochnoe complex (a — gabrodiorites, b — gabbro); 8 — Saltych complex; 9 — Kolarivka complex; 10 — faults (a — main, b — secondary); 11 — geological boundaries; 12 — sampling points and sample numbers

О.П. Виноградовим для ультраосновних порід [1]. Розподіл РЗЕ на графіку слабодиференційований — $(La/Yb)_N = 2,28-2,81$ за $Yb_N = 1,4-1,5$ (рис. 4).

Метаморфізовані перидотити (інтрузія у 500 м південніше від Камишувацької інтрузії, св. 502/1, зр. 8/221, св. 502/2, зр. 8/222) (рис. 1). За хімічним складом це ультраосновні породи: SiO_2 — 42,30—43,19 %; CaO — 5,31—6,96 %; $Na_2O + K_2O = 0,46-0,90$ %. На діаграмі А-S фігуративні точки їх складу розташовані на межі полів верлітів та лерцолітів (рис. 2, a). Вони є високомагнезійними ($\#mg = 0,74-0,80$), мають високий вміст TiO_2 (0,74—0,84 %) та низький літофільних елементів — Rb (2—11,6 ppm), Sr (43,9—44,6 ppm) (табл. 2). Уміст нікелю (Ni — 510—582 ppm) значно нижче кларкового для

ультраосновних порід, за Виноградовим [1], а вміст хрому (Cr — 1250—2260 ppm) на рівні кларкового та нижче. На мультиелементній діаграмі виділяються позитивні аномалії Ti, що вказують, ймовірно, на кумуляцію титановміщувальних мінералів (рис. 3). РЗЕ слабо диференційовані — $(La/Yb)_N = 1,99-2,16$, за $Yb_N = 3,0-3,5$ (рис. 4).

Метаморфізовані піроксеніти (Камишувацька інтрузія, зр. 20/14, 20/15). За хімічним складом це основна порода: SiO_2 — 48,55—49,98 %; CaO — 10,34—10,54 %; $Na_2O + K_2O = 0,70-0,77$ %, $\#mg = 0,76-0,78$ (табл. 1). На діаграмі А-S фігуративні точки їх складу розташовані в полі піроксенітів (рис. 2, b). Вони мають підвищений вміст титану (TiO_2 — 0,27—0,50 %) (табл. 1), низький вміст Rb (0,7—2,19 ppm),

Sr (17,4—31,21 ppm) (табл. 2). Розподіл РЗЕ на графіку диференційований — $(La/Yb)_N = 2,11—3,28$, за $Yb_N = 6,2—6,3$ (рис. 4). Позитивні європейські аномалії ($Eu/Eu^* = 1,08—1,32$) свідчать, ймовірно, про процеси фракціонування магми.

Метаморфізовані плагіоклазові піроксеніти (Новоселицька інтрузія, зр. 20/9, 20/10). За хімічним складом це основна порода: $SiO_2 —$

50,62—51,37 %; $CaO — 12,98—13,29$ %; $Na_2O + K_2O = 1,60—1,64$ %, $\#mg = 0,77$ (табл. 1). На діаграмі $A—S$ фігуративні точки їх складу розташовані у полі габро (рис. 2, *b*). Мають підвищений вміст титану ($TiO_2 — 0,42—0,43$ %). Порода характеризується високим умістом рідкісноземельних елементів ($\Sigma РЗЕ = 91,4—97,7$ ppm), збагачена легкими РЗЕ, це по-

Таблиця 1. Силікатні хімічні аналізи метаморфізованих ультрабазитів і базитів та середніх та кислих порід січних до них жил

Table 1. Silicate chemical analyzes of metamorphosed ultrabasites and basites and medium and acid rocks of cutting veins

Компонент, %	1/ 8/221	2/ 8/222	3/ 8/223	4/ 8/224	5/ 20/3	6/ 20/4	7/ 20/5	8/ 20/6	9/ 20/7	10/ 20/8	11/ 20/9	12/ 20/10	13/ 20/12	14/ 20/13	15/ 20/14	16/ 20/15
SiO ₂	43,19	42,30	38,61	39,57	58,86	49,66	47,68	47,05	58,30	56,55	51,37	50,62	46,24	76,92	48,55	49,98
TiO ₂	0,84	0,74	0,18	0,15	0,04	0,25	0,19	0,19	0,09	0,04	0,42	0,43	0,69	0,02	0,50	0,27
Al ₂ O ₃	3,25	4,83	1,97	1,81	18,30	5,61	7,60	6,19	22,86	25,49	9,12	9,96	7,89	9,64	6,77	5,79
Fe ₂ O ₃	8,77	6,66	5,18	5,40	0,92	10,27	11,70	12,00	2,06	1,37	8,68	8,76	14,56	2,77	11,83	12,18
FeO	7,18	6,10	5,24	5,60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
MnO	0,24	0,16	0,12	0,14	0,01	0,16	0,19	0,16	0,02	0,01	0,14	0,14	0,28	0,05	0,18	0,23
MgO	23,60	26,93	34,88	34,96	—	20,42	20,32	19,38	0,84	0,26	14,49	14,87	16,07	3,02	21,40	19,07
CaO	6,96	5,31	0,70	0,59	0,33	11,27	9,81	10,10	5,97	7,15	12,97	13,29	12,84	2,34	10,34	10,54
Na ₂ O	0,54	0,44	0,10	0,10	4,38	0,06	0,52	0,21	6,55	6,74	1,36	1,38	1,02	3,17	0,68	0,61
K ₂ O	0,36	>0,02	>0,02	0,08	8,47	0,14	0,12	0,08	0,62	0,24	0,24	0,26	0,19	0,12	0,09	0,09
SO ₃	—	—	—	—	0,01	—	0,01	—	—	0,01	0,01	—	—	—	—	—
В. п. п.	4,63	5,36	12,00	10,76	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
P ₂ O ₅	0,12	0,07	0,06	0,07	0,03	—	—	—	—	0,07	0,12	—	0,05	—	—	—
H ₂ O ⁻	0,50	0,66	1,11	1,05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Σ	100,18	99,58	100,17	100,28	91,35	97,84	98,14	95,36	97,32	97,93	98,92	99,71	99,83	98,05	100,34	98,76
Cr ₂ O ₃	—	—	—	—	—	0,233	0,201	0,378	0,009	0,009	0,109	0,123	0,193	0,005	0,233	0,193
NiO	—	—	—	—	—	0,107	0,250	0,153	0,006	0,004	0,055	0,050	0,057	0,005	0,107	0,087
#mg	0,74	0,80	0,85	0,86	—	0,80	0,78	0,76	—	—	0,77	0,77	—	—	0,78	0,76
A	11,11	10,6	2,79	2,58	—	17,08	18,05	16,58	—	—	23,69	24,89	21,94	—	17,88	17,03
S	2,56	1,71	-6,99	-6,68	—	18,56	15,28	15,32	—	—	27,64	26,42	14,64	—	14,64	18,23

Примітка. 1 — метаморфізований перидотит, Камішуватська інтрузія, правий борт балки Водяна, св. 502/1, інт. 52,5—53,5 м (зр. 8/221); 2 — те саме, там само, св. 502/3 м, інт. 15,0—16,0 м (зр. 8/222); 3 — метаморфізований перидотит, правий берег р. Кільтичія, навпроти хут. Рева, св. 506/3 м, інт. 26,0—27,0 м (зр. 8/223); 4 — те саме, там само, св. 506/3 м, інт. 33,0—33,8 м (зр. 8/224); 5 — лужний сієніт балка Біла (зр. 20/3); 6 — горнблендит, кар'єр в б. Біла, 0,5 км на захід від с. Обіточне (зр. 20/4); 7 — горнблендит, там само (зр. 20/5); 8 — горнблендит, там само (зр. 20/6); 9 — сублужний кварцовий діорит, с. Новоселицьке, відслонення на правому березі р. Обіточна (зр. 20/7); 10 — те саме, там само (зр. 20/8); 11 — плагіоклазовий метапіроксеніт, там само (зр. 20/9); 12 — те саме, там само (20/10); 13 — метапіроксеніт, відслонення на правому березі б. Камішувата у 2 км на північний схід від с. Андріївка (зр. 20/12); 14 — жильний аплітоподібний граніт с прошарками агрегатів кварцу, там само (зр. 20/13); 15 — метапіроксеніт, там само (зр. 20/14); 16 — метапіроксеніт, там само (зр. 20/15). #mg = $MgO/(MgO + FeO)_t$. Аналізи 1—4 виконано за допомогою методу "микрої" хімії; ан. 5—16 — за допомогою методу РФА в ІГМР НАН України.

Note. 1 — metamorphosed peridotite, Kamyshuvatka intrusion, right slope beam of Vodyana, bh. 502/1, depth 52.5–53.5 m (smp. 8/221); 2 — the same, ibid, bh. 502/3 m, depth 15.0–16.0 m (smp. 8/222); 3 — metamorphosed peridotite, right bank of the Kiltychiya riv., opposite the farm Reva, bh. 506/3 m, int. 26.0–27.0 m (smp. 8/223); 4 — the same, ibid, bh. 506/3 m, int. 33.0–33.8 m (smp. 8/224); 5 — alkaline syenite, White beam (smp. 20/3); 6 — hornblende, quarry in White beam, 0.5 km west to the Obitochne vil. (smp. 20/4); 7 — hornblende, ibid (smp. 20/5); 8 — hornblende, ibid (smp. 20/6); 9 — subalkaline quartz diorite, Novoselytske vil., outcrop on the right bank of the Obitochna riv. (smp. 20/7); 10 — the same, ibid (smp. 20/8); 11 — metamorphosed plagioclase pyroxenites, ibid (smp. 20/9); 12 — the same, ibid (smp. 20/10); 13 — metapyroxenite, exposure on the right bank of Kamyshuvatka beam, 2 km northeast of the Andriyivka vil. (smp. 20/12); 14 — vein of aplite-like granite with layers of quartz aggregates, ibid (smp. 20/13); 15 — metapyroxenite, ibid (smp. 20/14); 16 — metapyroxenite, ibid (smp. 20/15). #mg = $MgO/(MgO + FeO)_t$. Analyzes 1–4 were performed by the method of "wet" chemistry; analyzes 5–16 by RFA method in IGMOF of NAS of Ukraine.

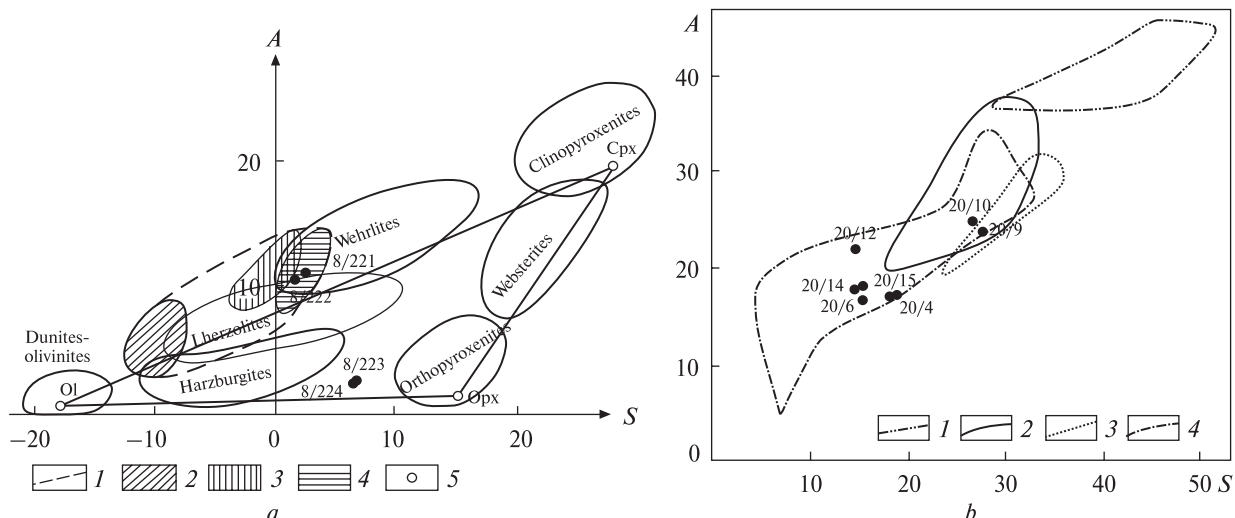
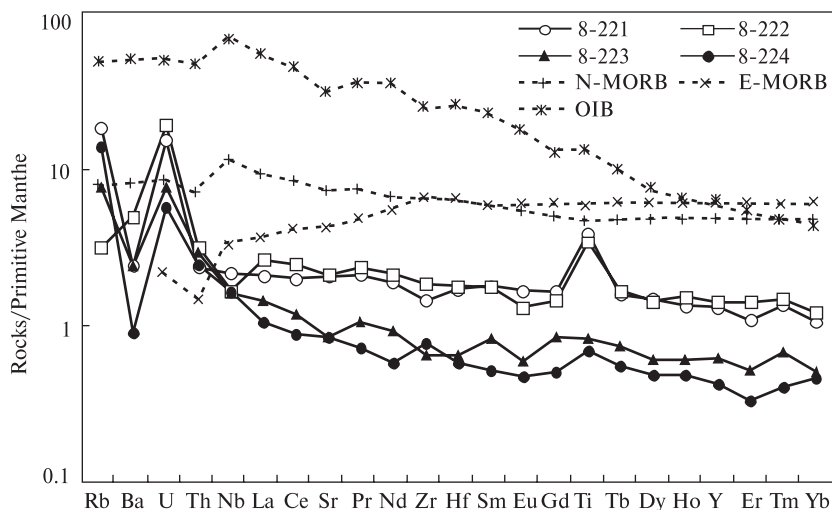


Рис. 2. Діаграма $A-S$ для інтрузивних порід ультраосновного складу новоселицької асоціації та коларівського комплексу [6] (а): 1 – поле складу вулканічних і гіпабісальних порід сімейства пікритів; 2 – меймечіти; 3 – пікрити; 4 – перидотитові коматііти. Фігуративні точки складу типоморфних породоутворювальних мінералів з ультраосновних порід, за П.М. Чирвинським: 5 – склад олівіну, ромбічного піроксену, діалага (Ol' , Opx' , Cpx'). $A = Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O$; $S = SiO_2 - (Fe_2O_3 + FeO + MgO + MnO + TiO_2)$. Діаграма $A-S$ для інтрузивних порід основного складу новоселицької асоціації та коларівського комплексу [6] (b). $A = Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O$; $S = SiO_2 - (Fe_2O_3 + FeO + MgO + MnO + TiO_2)$: 1 – анортозити (бітовніти і лабрадорити), 2 – габро, 3 – норити, 4 – піроксеніти

Fig. 2. $A-S$ diagram for intrusive rocks of the ultrabasic composition of the Novoselytske association and the Kolarivka complex [6] (a): 1 – field composition of volcanic and hypabissal rocks of the picrite family; 2 – meimechites; 3 – picrites; 4 – peridotitic komatiites. Figurative points of composition of typomorphic rock-forming minerals from ultrabasic rocks according to P.M. Chyrvynsky: 5 – composition of olivine, rhombic pyroxene, clinopyroxene (Ol' , Opx' , Cpx'). $A = Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O$; $S = SiO_2 - (Fe_2O_3 + FeO + MgO + MnO + TiO_2)$. $A-S$ diagram for intrusive rocks of the basic composition of the Novoselytske association and the Kolarivka complex [6] (b). $A = Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O$; $S = SiO_2 - (Fe_2O_3 + FeO + MgO + MnO + TiO_2)$: 1 – anorthosites (bitovnites and labradorites), 2 – gabbro, 3 – norites, 4 – pyroxenites

Рис. 3. Мультиелементна діаграма для метаморфізованих ультрабазитів і базитів новоселицької асоціації та коларівського комплексу. Нормовано на склад примітивної мантії [12]

Fig. 3. Multielement diagram for metamorphosed ultrabasites and basites of the Novoselytske association and the Kolarivka complex. Normalized to the composition of the primitive mantle [12]



в'язано з плагіоклазом (табл. 2). РЗЕ сильно диференційовані – $(La/Yb)_N = 9,8-11,3$ (рис. 4).

Горнблендити (інтрузія в балці Біла, зр. 20/4, 20/5, 20/6). За хімічним складом це основна порода: $SiO_2 = 47,05-49,66\%$; $CaO = 9,81-$

$11,27\%$; $Na_2O + K_2O = 0,20-0,64\%$ (табл. 1). На діаграмі $A-S$ їх фігуративні точки складу розташовані в полі піроксенітів (рис. 2, b). Вони є високомагнезійними ($\#mg = 0,76-0,80$), з невисоким вмістом $TiO_2 = 0,19-0,25\%$. У зразку 20/4 вміст калію переважає над нат-

рієм — $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 0,43$. Розподіл РЗЕ на графіку диференційований — $(\text{La}/\text{Yb})_N = 3,22$ — $3,44$ (рис. 4). У двох зразках спостерігається позитивна європейська аномалія — $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 1,28$ — $1,31$. Згідно з геохімічними характе-

ристиками, горнблендити — це піроксеніти, які були змінені в ході вкорінення лужних сієнітів.

Геохімія і генезис середніх та кислих порід січних жил. Лужні сієніти. Інтрузія горнблендитів

Таблиця 2. Вміст елементів у метаморфізованих ультрабазитах і базитах та середніх та кислих порід січних до них жил
Table 2. The content of elements in metamorphosed ultrabasites and basites and breaking their medium and acid rocks

Компонент, ppm	1/ 8/221	2/ 8/222	3/ 8/223	4/ 8/224	5/ 20/3	6/ 20/4	7/ 20/5	8/ 20/6	9/ 20/9	10/ 20/10	11/ 20/13	12/ 20/14	13/ 20/15	14/ 20/11
Rb	11,60	<2,00	4,81	8,76	284,64	2,91	1,26	0,95	4,04	4,59	5,52	2,19	0,7	8,58
Sr	43,90	44,6	17,9	17,90	208,83	36,54	60,32	45,9	232,44	280,91	197,31	31,21	17,4	549,5
Ba	16,90	34,7	16,7	6,36	1098,8	10,57	16,95	11,53	178,39	134,7	63,34	123,11	6,44	728,0
V	159	116	40,7	37,90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cr	2260	1250	1660	1720	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Co	108	96,2	117	118	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ni	510	582	808	826	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cu	74,80	37	12,70	18,70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Zn	77,50	55	48,30	51,40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ga	6,20	6,19	2,83	2,56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Y	5,98	6,42	2,85	1,94	4,77	6,17	4,43	4,30	10,72	10,13	1,22	8,06	7,66	0,86
Nb	1,55	1,19	1,16	1,18	1,53	0,61	0,24	0,16	1,67	1,23	0,65	1,46	2,01	0,98
Ta	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	0,11	0,07	0,07	0,04	0,14	0,08	0,13	0,13	0,16	0,08
Zr	16,30	20,8	7,24	8,72	52,65	11,67	7,74	8,14	24,76	19,33	21,78	23,35	19,23	19,89
Hf	0,53	0,55	0,20	0,18	2,16	0,43	0,31	0,26	0,79	0,83	0,81	0,87	0,71	0,52
U	0,32	0,40	0,16	0,12	0,25	0,39	0,22	0,08	0,12	0,26	0,28	0,07	0,34	0,13
Th	0,20	0,27	0,25	0,21	0,33	0,51	0,26	0,17	0,87	1,24	2,39	0,23	0,27	0,51
La	1,44	1,81	0,98	0,73	21,14	3,31	2,87	2,55	18,61	16,54	9,72	3,15	4,84	16,32
Ce	3,54	4,40	2,10	1,58	33,69	7,45	6,27	5,57	39,75	34,13	12,97	7,38	9,41	27,50
Pr	0,58	0,65	0,29	0,20	3,16	1,24	0,94	0,80	4,53	4,51	1,14	1,07	1,13	2,02
Nd	2,56	2,89	1,24	0,78	8,52	5,00	3,86	3,43	18,85	19,67	2,99	4,40	4,52	5,54
Sm	0,79	0,78	0,37	0,23	1,35	1,55	1,16	0,97	4,05	4,15	0,46	1,52	1,46	0,71
Eu	0,28	0,22	0,10	0,08	0,44	0,50	0,48	0,43	1,30	1,47	0,25	0,59	0,69	0,43
Gd	0,99	0,86	0,51	0,30	1,22	1,63	1,09	0,95	3,95	3,95	0,33	1,84	1,74	0,40
Tb	0,17	0,18	0,08	0,06	0,20	0,28	0,19	0,18	0,49	0,55	0,06	0,34	0,31	0,07
Dy	1,09	1,06	0,45	0,36	1,25	1,52	1,07	1,03	2,68	2,72	0,43	2,02	1,73	0,46
Ho	0,22	0,25	0,10	0,08	0,28	0,32	0,21	0,20	0,57	0,58	0,11	0,47	0,41	0,09
Er	0,52	0,68	0,25	0,16	0,78	0,78	0,60	0,61	1,38	1,53	0,30	1,22	1,05	0,22
Tm	0,10	0,11	0,05	0,03	0,12	0,12	0,09	0,08	0,20	0,23	0,05	0,18	0,16	0,04
Yb	0,52	0,60	0,25	0,23	0,81	0,71	0,64	0,56	1,18	1,21	0,32	1,07	1,06	0,23
Lu	0,08	0,10	0,05	0,04	0,12	0,11	0,09	0,08	0,16	0,17	0,05	0,16	0,15	0,03
Ge	1,57	1,05	0,64	1,40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mo	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sb	3,46	0,15	0,11	0,20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cs	4,68	0,51	2,53	3,98	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
W	0,56	<0,5	1,51	2,45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pb	1,90	1,89	<1,00	9,47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$(\text{La}/\text{Yb})_N$	1,99	2,16	2,81	2,28	18,72	3,34	3,22	3,27	11,31	9,81	21,79	2,11	3,28	50,9
Eu/Eu^*	0,97	0,82	0,70	0,93	1,05	0,96	1,31	1,28	0,99	1,11	1,96	1,08	1,32	2,47
$(\text{Nb}/\text{La})_N$	1,04	0,63	1,14	1,56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примітка. 14 — сублужний кварцовий діорит, с. Новоселицьке, відслонення на правому березі р. Обіточна (зр. 20/11). Аналізи 1—4 виконано за допомогою методу ICP-MS в ІПТМ РАН; ан. 5—14 — в ІГМР НАН України.

Note. 14 — subalkaline quartz diorite, Novoselytske vil., outcrop on the right bank of the Obitochna riv. (smp. 20/11). Analyzes 1-4 were performed by the ICP-MS method at IPTM RAS; analyzes 5-14 in IGMOF NAS of Ukraine.

Рис. 4. Графіки розподілу РЗЕ для метаморфизованих ультрабазитів і базитів новоселицької асоціації та коларівського комплексу. Нормовано на хондрит [12]

Fig. 4. REE distribution for metamorphosed ultrabasites and basites of the Novoselytske association and the Kolarivka complex. Normalized to chondrite [12]

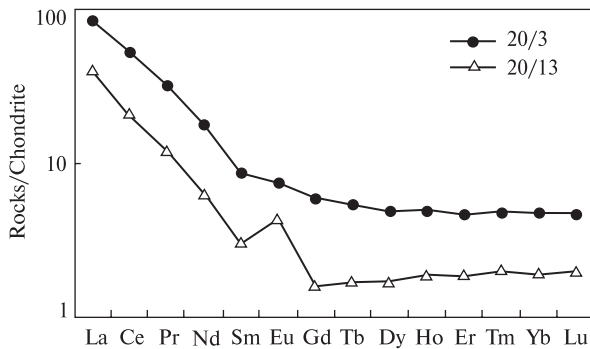
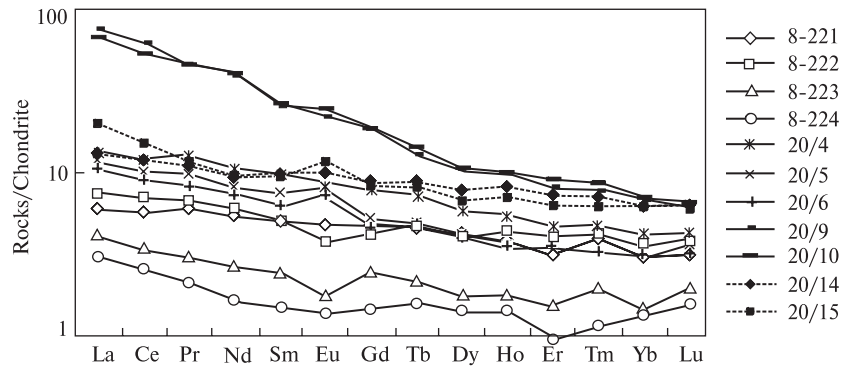


Рис. 5. Графіки розподілу РЗЕ для лужних сієнітів (зр. 20/3) та жил аплітоподібних гранітів (зр. 20/13), які проривають інтрузії ультрабазит-базитового складу новоселицької асоціації та коларівського комплексу. Нормовано на хондрит [12]

Fig. 5. REE distribution for alkaline syenites (smp. 20/3) and veins of aplite-like granites (smp. 20/13), which break through the intrusions of the ultrabasite-basite composition of the Novoselytske association and the Kolarivka complex. Normalized to chondrite [12]

на ділянці балка Біла проривається лужними сієнітами (зр. 20/3): SiO_2 — 58,86 %; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 12,85$ %; $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 0,52$ (табл. 1). У них високий вміст Rb (284 ppm), Ba (1098 ppm) (табл. 2) та високочарядних елементів — Y (4,77 ppm), Nb (1,53 ppm). Рідкісноземельні елементи сильно диференційовані — $(\text{La}/\text{Yb})_N = 18,7$ за $\text{Yb}_N = 4,8$ (рис. 5).

Сублужні кварцові діорити. Породи, які проривають Новоселицьку інтрузію (зр. 20/7, 20/8), за хімічним складом відповідають сублужним кварцовим діоритам — SiO_2 — 56,55–58,30 %; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 6,98$ –7,17 %; $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 10,57$ –28,08 (табл. 1) [7]. Вони мають низький вміст Rb (8,58 ppm), високий — Sr (549,54 ppm),

Ba (728,03 ppm) та високочарядних елементів — Y (0,86 ppm) і Nb (0,98 ppm) (табл. 2).

Аплітоподібні граніти. Метапіроксеніти Камішувацької інтрузії прориваються жилами світло-сірих аплітоподібних гранітів (зр. 20/13). У крайовій частині інтрузії вони деформовані та утворюють ізоклінальні складки, що вказує на пізніші тектонічні рухи в Сорокинській зоні.

Це світло-сіра порода з неоднорідною будовою. У аплітоподібній основній масі спостерігаються прошарки, складені лінзоподібними агрегатами кварцу розміром до 1,5 см, які орієнтовані згідно із сланцюватістю. Мінеральний склад: клінопіроксен — до 5 %, кварц — 20 %, плагіоклаз 75 %, рудний пил — частки

Таблиця 3. Результати U-Pb ізотопних досліджень монациту з аплітоподібних гранітів (пр. 20/13)

Table 3. The results of U-Pb isotope studies of monazite from aplite-like granites (sample 20/13)

Фракція	U	Pb	Ізотопні співвідношення					Вік, млн рр.		
	ppm		$\frac{206\text{Pb}}{204\text{Pb}}$	$\frac{206\text{Pb}}{207\text{Pb}}$	$\frac{206\text{Pb}}{208\text{Pb}}$	$\frac{206\text{Pb}_f}{238\text{U}}$	$\frac{207\text{Pb}_f}{235\text{U}}$	$\frac{206\text{Pb}_f}{238\text{U}}$	$\frac{207\text{Pb}_f}{235\text{U}}$	$\frac{207\text{Pb}}{206\text{Pb}}$
2767	1596,75	7465,7	10950	7,8376	0,079517	0,39237	6,8441	2133,81	2091,45	2050,01
2768	1693,8	7220,13	9950	7,8351	0,088137	0,392976	6,85029	2136,62	2092,25	2048,88
2769	1007,3	3803,19	7770	7,8003	0,099790	0,389301	6,7968	2119,59	2085,31	2051,63
2770	1825,29	6511,57	6970	7,7803	0,10317	0,378907	6,62239	2071,18	2062,33	2053,51

Примітка. Фракції монациту 1, 2, 3, 4 — мультизернові наважки розмірних фракцій світло-жовтих водяно-прозорих кристалів, отримано за допомогою методу скочування похилою площиною.

Note. Fraction for monazite 1, 2, 3, 4 — multi-grain piles of small fractions of light-water-penetrating crystals, which are obtained by rolling on an inclined plane.

відсотків, циркон, монацит і апатит — у поодиноких зернах. Плагіоклаз заміщується вторинними мінералами. Двійникова будова спостерігається у незначній кількості кристалів плагіоклазу.

У породі дуже низький вміст Rb (5,57 ppm), невеликий вміст Sr — 197,31 ppm (табл. 2). Вони відрізняються низьким вмістом таких високозарядних елементів — Nb (0,65 ppm), Ta (0,13 ppm), Y (1,22 ppm), Zr (21,78 ppm), Hf (0,81 ppm). Рідкісноземельні елементи диференційовані — $(La/Yb)_N = 21,79$ за $Yb_N = 1,9$ (рис. 5). Виділяється позитивна європейська аномалія — $Eu/Eu^* = 1,96$.

Результати геохронологічних досліджень. Проби відбирались з жил середніх і кислих порід, які проривають інтрузії ультраосновного та основного складу, для виділення акцесорних мінералів — циркону та монациту.

У лужних сієнітах (балка Біла) та сублужних кварцових діоритах (Новоселицька ділянка) з акцесорних мінералів виявили лише циркон. За мінералогічними характеристиками він неоднорідний і, ймовірно, є реліктовим.

З жил аплітоподібних гранітів, які проривають метапіроксеніти Камишувацької інтрузії (пр. 20/13), виділено монацит і циркон. Циркон представлений коричневими неметаміктними і жовтувато-рожевими метаміктними (переважають) кристалами. Грані кристалів циркону заокруглені, ймовірно, унаслідок розчинення у магматичному розплаві. Цей циркон, швидше за все, є реліктовим. Монацит представлений округлими прозорими та на-

півпрозорими зернами світло-жовтого кольору, який є сингенетичним породи.

Монофракцію монациту розділили на чотири фракції. За цими фракціями отримано близькі значення ізотопного віку (табл. 3). U-Pb вік монациту становить $2051,8 \pm 3,8$ млн рр.

Висновки. Згідно з отриманими геохімічними та мінералогічними даними, жильні породи середнього та кислого складу, які проривають інтрузії ультрабазит-базитового складу Новоселицької асоціації та коларівського комплексу на Салтичанському антиклінорії, мають коровий генезис. Циркон у них є реліктовим, а сингенетичний монацит виявлено тільки у жилах, які проривають метапіроксеніти Камишувацької інтрузії. За датуванням цього монациту визначено верхню вікову межу утворення інтрузій ультрабазит-базитового складу Новоселицької асоціації та коларівського комплексу — $2051,8 \pm 3,8$ млн рр. Перидотити та піроксеніти цих інтрузій могли утворитися з розплавів деплетованої верхньої мантії, що зазнали фракціонування у проміжних магматичних камерах. У перидотитах ($\#mg = 0,74-0,86$) Камишувацької інтрузії та з інтрузії біля хутора Рева вміст нікелю (Ni — 510—826 ppm) нижче кларкового для ультраосновних порід, а вміст хрому (Cr — 1250—2260 ppm) на рівні кларку і нижче. Позитивні аномалії Ti та Eu свідчать про процеси фракціонування вихідної магми піроксенітів. Формування інтрузій пов'язано, ймовірно, з часом активізації мантії Землі близько 2050 млн рр. тому.

ЛІТЕРАТУРА

1. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных пород земной коры. *Геохимия*. 1962. № 7. С. 555.
2. Геологічна карта та карта корисних копалин кристалічного фундаменту. 1:200 000, Центральноукраїнська серія. L-37-VII (Бердянськ). Склав Б.В. Бородиня. Під ред. Є.Б. Глеваського. Київ: Держ. геол. служба України, М-во екології та природ. ресурсів України, 1998.
3. Кравченко Г.Л., Довгань Р.Н. Материали к государственной геологической карте СССР. Листы L-37-VII и L-37-VIII. 1:200 000. Киев: УТГФ, 1962.
4. Кравченко Г.Л., Русаков Н.Ф. О Камышеватском массиве метаультрабазитов (Западное Приазовье). *Геохимия та рудоутворення*. 2016. Вип. 37. С. 22—42. <https://doi.org/10.15407/gof.2016.37.022>
5. Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита (схема та поясн. зап.). К.Ю. Єсипчук, О.Б. Бобров, Л.М. Степанюк, М.П. Щербак, Є.Б. Глеваський, В.М. Скобелев, А.С. Дранник, М.В. Гейченко. Київ: УкрДГРІ, НСК України, 2004. 30 с.
6. Магматические горные породы: классификация, номенклатура, петрография. Гл. ред. О.А. Богатиков. Москва: Наука, 1983. Т. 1, ч. 1. 365 с.
7. Магматические горные породы: классификация, номенклатура, петрография. Гл. ред. О.А. Богатиков. Москва: Наука, 1983. Т. 1, ч. 2. С. 371—767.
8. Усенко И.С. Основные и ультраосновные породы Западного Приазовья. Киев: Изд-во АН УССР, 1960. 177 с.
9. Эйно О.Л., Єсипчук К.Е., Цуканов В.А. Докембрий Западного Приазовья. Киев: Изд-во Киев. ун-та, 1971. 184 с.

10. Ludwig K.R. ISOPLOT for MS-DOS. A Plotting and Regression Program for Radiogenic-Isotope data. Berkeley Geochronology Center: revision of *U.S. Geological Survey Open-File Report*. 1991. **557**, № 88, 39 p.
11. Ludwig K.R. PBDAT Computer Program for Processing Pb-U-Th Isotope Data. Version 1.24. Berkeley Geochronology Center: revision of *U.S. Geological Survey Open-File Report*. 1993. **542**, № 88, 33 p.
12. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Saunders A.D. & Norry M.J. *Magmatism in the Ocean Basins*, *Geol. Soc. Special Publ.* 1989. № 42. P. 313–345.

Надійшла 02.09.2021

REFERENCES

1. Vinogradov, A.P. (1962), *Geokhimiya*, No. 7, p. 555 [in Russian].
2. Borodynya, B.V. (compiler) (1998), *Geological map and map of the minerals of the crystalline basement - 1:200 000*, Central Ukrainian Series, L-37-VII (Berdyansk), in Glevassky, Ye.B. (ed.), State Geological Survey of Ukraine, Ministry of Ecology and Nature resources of Ukraine, Kyiv, UA [in Ukrainian].
3. Kravchenko, G.L. and Dovgan, R.N. (1962), *Materials for the state geological map of the USSR*, scale 1:200 000, map sheets: L-37-VII and L-37-VIII, UTGF, Kyiv, UA [in Russian].
4. Kravchenko, G.L. and Rusakov, N.F. (2016), *Geochemistry and Ore formation*, Vol. 37, pp. 22-42 [in Russian]. <https://doi.org/10.15407/gof.2016.37.022>
5. Yesipchuk, K.Yu., Bobrov, O.B., Stepanyuk, L.M., Shcherbak, M.P., Glevaskiy, Ye.B., Skobeliev, V.M., Drannik, V.S. and Geichenko, M.V. (2004), *Correlated Chronostratigraphic Chart of Early Precambrian of the Ukrainian Shield (chart and explanatory note)*, UkrDGRI publ., Kyiv, UA, 30 p. [in Ukrainian].
6. Bogatikov, O.A. (ch. ed.) (1983), *Igneous rocks: classification, nomenclature, petrography*, Vol. 1, Iss. 1, Nauka, Moscow, 365 p. [in Russian].
7. Bogatikov, O.A. (ch. ed.) (1983), *Igneous rocks: classification, nomenclature, petrography*, Vol. 1, Iss. 2, Nauka, Moscow, pp. 371-767 [in Russian].
8. Usenko, I.S. (1960), *Basic and ultrabasic rocks of the West Azov region*, Publ. house Acad. Sci. UkrSSR, Kyiv, UA, 177 p. [in Russian].
9. Eynor, O.L., Esipchuk, K.E. and Tsukanov, V.A. (1971), *Precambrian of the West Azov region*, Publ. house Kyiv University, Kyiv, UA, 184 p. [in Russian].
10. Ludwig, K.R. (1991), ISOPLOT for MS-DOS. A Plotting and Regression Program for Radiogenic-Isotope data. Berkeley Geochronology Center: revision of *U.S. Geological Survey Open-File Report*, Vol. 557, No. 88, 39 p.
11. Ludwig, K.R. (1993), PBDAT Computer Program for Processing Pb-U-Th Isotope Data. Version 1.24. Berkeley Geochronology Center: revision of *U.S. Geological Survey Open-File Report*, Vol. 542, No. 88, 33 p.
12. Sun, S.S. and McDonough, W.F. (1989), *Magmatism in the Ocean Basins*, in Saunders A.D. & Norry M.J. *Geol. Soc. Special Publ.*, No. 42, pp. 313-345.

Received 02.09.2021

- G.V. Artemenko*, DrSc (Geology), Prof., Head of Department
M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142
E-mail: regulgeo@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-4528-6853>
- L.M. Stepanyuk*, DrSc (Geology), Corresponding member of NAS of Ukraine, Prof., Deputy director
M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142
E-mail: stepaniuk@nas.gov.ua; <https://orcid.org/0000-0001-5591-5169>
- I.A. Samborska*, PhD (Geology), Senior Researcher
M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142
E-mail: irena.samborska@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-4298-969X>
- B.V. Borodynya*, Leading Engineer
State commercial enterprise "Pivdenukrgeologiya"
11, Chernyshevsky Str., Dnipro, Ukraine, 49000
E-mail: boris.priazov@gmail.com
- I.A. Shvaika*, PhD (Geology), Research Fellow
M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142
E-mail: ishvaika@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-9585-4380>
- K.I. Gogolev*, PhD (Geology), Researcher
M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142
E-mail: superiorIF@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7727-9965>
- L.I. Proskurka*, Junior Research Fellow
M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142
E-mail: igmrproskurko@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5760-2000>

AGE AND GEOCHEMISTRY OF BASITE-ULTRABASITE INTRUSIONS OF SALTCHYCH ANTICLINORIUM (WEST AZOV)

In the Saltych anticlinorium of the West Azov, small intrusions of rocks of basic and ultrabasic composition are known in the middle reaches of the Obitochna, Kiltychiya and Burtychiya rivers and in the upper reaches of the Obitochna river. They are composed from amphibolized peridotites, pyroxenites, actinolites, tremolites, hornblendites, amphibole and other shales. These intrusions are considered "fractured intrusions", which are rooted in the already deployed rocks of the Archean age. In the stratigraphic scheme they are referred to the Novoselytske association. Intrusions break through the veins of syenites, pegmatites and aplite-like granites. Metaultrabasites, according to I.S. Usenko and G.L. Kravchenko, these are ultrabasic rocks of the normal series, which were formed, probably, because of differentiation of basaltic magma. The main and ultrabasic rocks of these intrusions have not been studied enough yet — their age, geodynamic conditions of formation have not been determined, the potential for minerals has not been fully revealed. For this purpose, we determined the microelement composition of meta-ultrabasites, metabasites and acid rocks by the ICP MS method and determined the age of monazite from veins of aplite-like granites that break through the metapyroxenites of the Kamyshuvatka intrusion. According to the obtained geochemical and mineralogical data, the vein rocks of medium and acid composition, which break through the intrusions of the ultrabasic-basite composition at the Saltych anticlinorium, have a core genesis. Zircon in them is relict, and syngenetic monazite was found only in the veins of aplite-like granites that break through the metapyroxenites of the Kamyshuvatka intrusion. According to the dating of this monazite, it has been determined that the upper age limit for the formation of intrusions of the ultrabasic-basite composition of the Novoselytske association is 2051.8 ± 3.8 Ma. Peridotites and pyroxenites of these intrusions could be formed from melts of the depleted upper mantle, which were fractionated in intermediate magmatic chambers. In peridotites ($\#mg = 0.74-0.86$) of the Kamyshuvatka intrusion and intrusion near the Reva farm, the Ni content (510-826 ppm) is lower than that of Clark for ultrabasic rocks, and the chromium content at the level of Clark and below it is Cr — 1250-2260 ppm. Positive anomalies of Ti and Eu indicate the processes of fractionation of the original magma of pyroxenites. The formation of intrusions of the ultrabasic-basite composition of the Saltych anticlinorium of the Azov megablock is probably connected with the activation of the Earth's mantle about 2050 million years ago.

Keywords: Kamyshuvatka intrusion, Novoselytske association, peridotites, pyroxenites, alkaline syenites, monazite, U-Pb age, Saltych anticlinorium, West Azov region.