МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ
MINERALOGICAL JOURNAL
(UKRAINE)

https://doi.org/10.15407/mineraljournal.48.02.085
УДК 552.321.1 : 550.42 : 549.623.54(477)

О.В. Заяць [1], канд. геол. наук, наук. співроб.
E-mail: zaiatsolga7@gmail.com; https://orcid.org/0000-0001-5011-029X
О.М. Пономаренко [1], д-р геол. наук, проф., акад. НАН України, дир.
E-mail: pan.igmof@gmail.com; https://orcid.org/0000-0002-5179-6091
О.В. Дубина [1, 2], д-р геол. наук, доцент, пров. наук. співроб.
E-mail: dubyna_a@ukr.net; https://orcid.org/0000-0002-6003-4873
І.А. Швайка [1], канд. геол. наук, наук. співроб.
E-mail: ishvaika@gmail.com; https://orcid.org/0000-0001-9585-4380
І.Д. Швайка [1], мол. наук. співроб.
E-mail: igor.d.shvayka@gmail.com; https://orcid.org/0000-0002-1908-6639
Л.І. Проскурка [1], наук. співроб.
E-mail: igmrproskurko@gmail.com; https://orcid.org/0000-0001-5760-2000
Ю.О. Литвиненко [1], мол. наук. співроб.
E-mail: lisick8@gmail.com; https://orcid.org/0000-0001-6609-0000
С.В. Кушнір [1], наук. співроб.
E-mail: kushnir@nas.gov.ua; https://orcid.org/0000-0002-3449-1261
[1] Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03142, м. Київ, Україна, просп. Акад. Палладіна, 34
[2] Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Навчально-науковий інститут "Інститут геології"
03022, м. Київ, Україна, вул. Васильківська, 90

ГЕНЕЗИС ІСКРЕНСЬКИХ ГРАНІТІВ КОРСУНЬ-НОВОМИРГОРОДСЬКОГО ПЛУТОНУ (УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ)

Наведено результати петрографічних і геохімічних досліджень іскренських гранітів, що залягають у гранітах рапаківі в ендоконтакті Корсунь-Новомиргородського плутону. Це специфічні дрібнозернисті породи з такситовою текстурою. Їх особливістю є наявність темних "віспяних" плям — скупчень слюдистих мінералів розміром до 2 см. Граніти іскренського типу відомі також в екзоконтакті плутону в районі сіл Георгіївки та Сухолітівки. Їхній петрогенезис тривалий час залишався дискусійним: від належності до пізньої інтрузивної фази Корсунь-Новомиргородського плутону до трактування як ксенолітів давніших комплексів. Мета роботи — обґрунтування генезису іскренських гранітів на основі порівняльного аналізу їхніх геохімічних особливостей та хімізму біотитів з тими самими характеристиками гранітів рапаківі Корсунь-Новомиргородського плутону. За допомогою методів масспектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою та електронно-зондового рентгеноспектрального мікроаналізу виявлені відмінності між іскренськими гранітами та гранітами рапаківі. Визначено, що біотити перших, порівняно з біотитами А-гранітів рапаківі, є екстремально високоглиноземистими (Al_2O_3 = 20,68 %) зі зниженою залізистістю (f = 0,83), що властиво високоглиноземистим S-гранітам. Особливості хімічного складу біотитів та геохімічні харак-

Цитування: Заяць О.В., Пономаренко О.М., Дубина О.В., Швайка І.А., Швайка І.Д., Проскурка Л.І., Литвиненко Ю.О., Кушнір С.В. Генезис іскренських гранітів Корсунь-Новомиргородського плутону (Український щит). *Мінерал. журн.* 2026. **48**, № 2. С. 85—95. https://doi.org/10.15407/mineraljournal.48.02.085

© Видавець ВД "Академперіодика" НАН України, 2026. Стаття опублікована на умовах відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

теристики іскренських гранітів (сума Zr + Nb + Ce + Y < 350 г/т, глибокий європієвий мінімум — 0,19, дефіцит Sr, Ba, Ti) вказують на реститову природу цих порід. Обґрунтовано концепцію формування іскренських гранітів як продукту анатексису корового субстрату під термічним та флюїдним впливом магми рапаківі. Наявність темних "віспяних" плям є результатом неповного плавлення високоглиноземистого субстрату з утворенням реститових скупчень біотиту, які згодом зазнали інтенсивної автометасоматичної переробки (мусковітизації, хлоритизації) під дією насичених водою флюїдів.

Ключові слова: *іскренські граніти, граніти рапаківі, Корсунь-Новомиргородський плутон, хімічний склад біотиту, анатексис, рестит.*

Вступ. У центральній частині Українського щита (УЩ), в районі західного контакту порід інтрузивного комплексу Корсунь-Новомиргородського плутону (КНП) з вмісними гнейсами, мігматитами складчастої рами, залягають тіла своєрідних маловивчених сірих дрібнозернистих іскренських гранітів, відмінних від гранітів корсунь-новомиргородського комплексу.

Уперше іскренські граніти описала А.М. Козловська 1949 р. у долині р. Шполки у Шполянському масиві КНП. 1963 р. подібні граніти виявив Г.М. Карпов на р. Великій Висі біля с. Сухолітівки. Пізніше структурно-текстурні особливості іскренських гранітів, їх контакт із вмісними гранітами рапаківі дослідив О.В. Митрохин (Mytrokhyn, 2011).

На цьому етапі досліджень є декілька різних поглядів на петрогенезис іскренських гранітів. Одні дослідники розглядають їх як самостійну жильну фазу корсунь-новомиргородського комплексу (Bukharev, 1972; Shcherbakov, 2005). За петрохімічними та геолого-структурними особливостями ці породи подібні до острівських гранітів Коростенського плутону, які вважають молодшими за коростенські граніти (Bukharev, 1972). Іскренські граніти за мінеральним складом майже ідентичні жильним аплітоїдним гранітам, але відрізняються від останніх текстурно-структурними характеристиками (Poddubnyi, 1972). На думку інших, ураховуючи, що іскренські граніти межують із мігматитами і гнейсами, досліджені граніти є гібридними утвореннями, які виникли внаслідок асиміляції порід рами граніт-аплітами, що підкріплюється появою ксенолітів анортозитів серед гранітів с. Сухолітівки (Poddubnyi, 1972). Існує припущення (Mytrokhyn, 2011), що іскренські граніти є ксенолітами більш давніх гранітоїдів, імовірно, кіровоградського комплексу. Незвичайність речовинного складу іскренських гранітів (зокрема знижена, порівняно з рапаківі, залізистість біотиту, наявність мусковіту, відсутність ільменіту) ставить під сумнів їхню належність до корсунь-новомиргородського комплексу (Mytrokhyn, 2011).

Актуальність роботи зумовлена відсутністю єдиного погляду на петрогенезис іскренських гранітів. Наявність суперечливих гіпотез щодо їхнього походження потребує залучення нових петролого-геохімічних даних, отриманих із застосуванням сучасних методів аналізу (масспектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою (*ICP-MS*) та електронно-зондового рентгеноспектрального мікроаналізу (EPMA)).

Мета роботи полягає в обґрунтуванні генезису іскренських гранітів шляхом порівняння їхнього геохімічного складу та хімізму біотитів з тими самими характеристиками вмісних гранітів рапаківі. Об'єкт дослідження — іскренські граніти та граніти рапаківі КНП. Предмет дослідження — геохімічні особливості цих порід та хімічного складу їхніх біотитів.

Матеріали та методи. Для проведення досліджень із природного відслонення на західній околиці с. Іскреного (координати: 48°59′29″ пн. ш., 31°12′23″ сх. д.) відібрано п'ять зразків іскренських гранітів та чотири зразки вмісних гранітів рапаківі.

Для досягнення мети провели петрографічні дослідження гранітів, визначили хімічний склад біотитів із гранітів та концентрації і характер розподілу елементів-домішок у породах.

Петрографічні дослідження включали вивчення мінерального складу іскренських гранітів під оптичним мікроскопом, їхніх структурних особливостей, аналіз вторинних перетворень.

Вміст рідкісноземельних елементів (*REE*) та мікроелементів у пробах визначали методом масспектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою (*ICP-MS*) із використанням

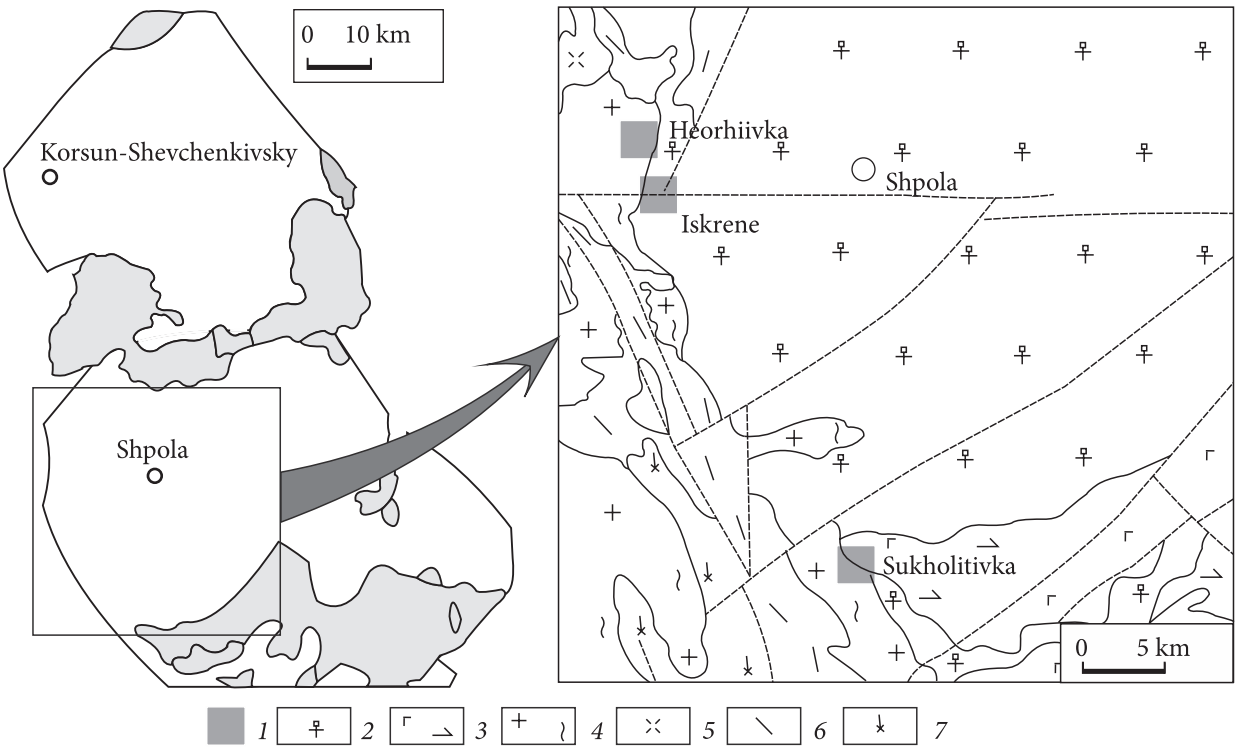

Рис. 1. Схема розташування гранітів іскренського типу в межах Корсунь-Новомиргородського плутону (за (Bezvynnyi, 2007; Hurskyi and Kruhlova, 2007), з авторськими доповненнями): *1* — граніти іскренського типу; *2* — рапаківі, рапаківіподібні, порфіроподібні та інші граніти корсунь-новомиргородського комплексу; *3* — анортозити, габро-анортозити, габро, габронорити, норити та інші основні породи корсунь-новомиргородського комплексу; *4* — граніти й мігматити кіровоградського комплексу; *5* — плагіограніти й плагіомігматити тетіївського комплексу; *6* — гнейси біотитові, графіт-біотитові з прошарками кристалосланців рощахівської світи; *7* — плагіогнейси біотит-амфіболові, графіт-біотитові з тонкими прошарками плагіогнейсів діопсидових спасівської світи

Fig. 1. Location of the Iskrene-type granites on the layout of the Korsun-Novomyrhorod pluton (adapted from (Bezvynnyi, 2007; Hurskyi and Kruhlova, 2007) with authors' additions): *1* — Iskrene-type granites; *2* — rapakivi, rapakivi-like, porphyritic, and other granites of the Korsun-Novomyrhorod complex; *3* — anorthosites, gabbro-anorthosites, gabbro, gabbronorites, norites, and other mafic rocks of the Korsun-Novomyrhorod complex; *4* — granites and migmatites of the Kirovohrad complex; *5* — plagiogranites and plagiomigmatites of the Tetiiv complex; *6* — biotite and graphite-biotite gneisses with layers of crystalline schists of the Roshchakhivka suite; *7* — biotite-amphibole and graphite-biotite plagiogneisses with thin interlayers of diopside plagiogneisses of the Spasivska suite

високороздільного масспектрометра *Thermo Element* 2 (*Thermo Scientific*, Німеччина). Аналітичні дослідження виконували в лабораторії мікроелементного та ізотопного аналізу Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка (ІГМР) НАН України (м. Київ).

Підготовку зразків здійснювали шляхом кислотного розкладання, оптимізованого з урахуванням мінерального складу досліджуваних порід та необхідності повного розчинення тугоплавких фаз. Розкладання проводили у мікрохвильовій системі *ETNOS* (*Milestone*, Італія) із застосуванням суміші концентрованих кислот HNO_3 та HF у співвідношенні 1 : 3 (об.). Підвищений уміст HF забезпечував ефективне руйнування силікатної матриці та розчинення стійких мінералів, зокрема циркону. Калібрування приладу здійснювали з використанням багатокомпонентних стандартних розчинів *Inorganic Ventures IV-ICPMS*-71*A*, *IV-ICPMS*-71*B* та *CMS*-1. Для корекції інструментального дрейфу та матричних ефектів до всіх зразків додавали внутрішній стандарт — індій (In) у концентрації 10 ppb. Контроль якості аналітичних результатів забезпечували шляхом аналізу сертифікованого стандартного зразка складу *JG*-1*a*. Отримані значення узгоджувалися з атестованими даними в межах

допустимих похибок, що підтверджує надійність і точність проведених вимірювань.

Мікрозондовий аналіз хімічного складу біотиту для 16 зерен пр. 6-21 (іскренські граніти) та 8 зерен пр. 4-21 (граніти рапаківі) виконано в ІГМР НАН України за допомогою сканувального електронного мікроскопа *JSM*-6700, оснащеного енергодисперсійною системою для мікроаналізу *JED*-2300 (*JEOL*, Японія). Умови аналізу: прискорювальна напруга — 15 кВ, струм зонда — 10 нА, діаметр зонда — 1 мкм, час набору спектра характеристичного рентгенівського випромінювання у кожній точці — 60 с. Для калібрування використовували стандарти чистих металів та синтетичні MgO, CaF_2, Na_3AlF_6, KCl.

Для класифікації та визначення генетичної належності вивчених біотитів використовували дискримінаційні діаграми Дж. Спіра (Speer, 1984) та А. Абдель-Рахмана (Abdel-Rahman, 1994). Для побудови спайдер-діаграм уміст елементів-домішок та *REE* нормували до примітивної мантії (Wood, Joron and Treuil, 1979) та хондриту *CI* (Anders and Grevesse, 1989) відповідно. Аналітичну обробку та візуалізацію даних проводили за допомогою програмного забезпечення *GCDKit* 6.2.0.

Геологічна характеристика району. Граніти іскренського типу розташовані в екзо- та ендоконтакті порід КНП (рис. 1). У зоні екзоконтакту біля с. Георгіївки вони межують із біотитовими порфіроподібними гранітами кіровоградського комплексу, на півдні та сході — біотитовими, амфібол-біотитовими гнейсами росинсько-тікицької серії (лисянська товща). В ендоконтакті іскренські граніти оточені дрібно-середньоовоїдними біотит-роговообманковими гранітами рапаківі, які у північній частині контактують із гранітоїдами кіровоградського комплексу.

Граніти с. Іскреного представлені дрібнозернистими світло-, жовтувато- та рожево-сірими мусковіт-біотитовими відмінами з округлими скупченнями слюд розміром до 2 см. Подібні граніти без характерних скупчень мінералів трапляються у південній час-

Таблиця 1. **Хімічний склад біотитів із іскренських гранітів, пр. 6-21 (нормовано до 100 мас. %)**
Table 1. **Chemical composition of biotites from the Iskrene granites, sample #6-21 (normalized to 100 wt. %)**

Component	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
									Weight percent, wt. %			
SiO_2	36.47	34.57	34.39	31.82	34.02	34.02	35.12	33.85	34.07	34.89	33.83	35.54
TiO_2	3.56	4.01	3.82	2.25	1.61	1.89	—	—	3.29	3.61	2.46	—
Al_2O_3	19.70	19.17	18.02	20.06	20.64	21.53	21.87	23.05	20.74	19.81	20.43	21.51
FeO	27.60	28.73	29.85	35.91	30.11	28.04	28.22	27.90	28.46	28.14	29.86	28.96
MnO	—	—	—	—	—	1.07	—	1.68	—	—	—	—
MgO	3.36	3.37	3.46	4.42	2.79	2.67	3.80	2.83	2.97	3.23	3.05	3.38
K_2O	9.30	10.14	10.46	5.53	10.83	10.19	10.98	10.70	10.46	10.31	10.37	10.60
									Crystallochemical parameters (22 O)			
Si	5.45	5.26	5.28	4.91	5.23	5.21	5.32	5.16	5.18	5.29	5.18	5.39
Al_{IV}	2.55	2.74	2.72	3.09	2.77	2.79	2.68	2.84	2.82	2.71	2.82	2.61
Al_{VI}	0.92	0.70	0.55	0.55	0.96	1.09	1.23	1.31	0.90	0.83	0.87	1.23
Ti	0.40	0.46	0.44	0.26	0.19	0.22	—	—	0.38	0.41	0.28	—
Fe	3.45	3.66	3.84	4.63	3.87	3.59	3.58	3.56	3.62	3.57	3.83	3.67
Mn	—	—	—	—	—	0.14	—	0.22	—	—	—	—
Mg	0.75	0.76	0.79	1.02	0.64	0.61	0.86	0.64	0.67	0.73	0.70	0.76
K	1.77	1.97	2.05	1.09	2.12	1.99	2.12	2.08	2.03	1.99	2.03	2.05
Σ	19.30	19.55	19.67	19.55	19.78	19.63	19.79	19.81	19.60	19.53	19.70	19.72
Al_{total}	3.47	3.44	3.26	3.65	3.74	3.88	3.91	4.14	3.72	3.54	3.69	3.84
f = Fe/(Fe + Mg)	0.82	0.83	0.83	0.82	0.86	0.85	0.81	0.85	0.84	0.83	0.85	0.83

Примітка. Прочерк — не виявлено.
Note. Dash — not detected.

тині Шполянського масиву (біля сс. Вітязевого, Сухолітівки, по берегах р. Великої Висі) (Poddubnyi, 1972). Іскренські граніти утворюють у гранітах рапаківі тіла неправильної, витягнутої форми з різкими контактами і розміром до 1 м.

Результати дослідження. *Петрографія іскренських гранітів*. Іскренські граніти локалізовані серед ендоконтактових рапаківі КНП. Останні представлені сірими, рожево-сірими середньозернистими гранітами з великими овоїдами калієвих польових шпатів (розміром 2—4 см) без плагіоклазових оболонок.

Макроскопічно іскренські граніти — сірі, бурувато-сірі дрібнозернисті породи з розміром зерен близько 1 мм. Їхньою особливістю є наявність темних "віспяних" плям — скупчень слюдистих мінералів розміром 0,5—2 см із розмитими (нерізкими) контактами. Мінеральний склад основної маси іскренського граніту, %: калієвий польовий шпат (КПШ) — 40—50, плагіоклаз — 15—20, кварц — 20—25, біотит — 5—7, мусковіт — менше 3. Акцесорні мінерали представлені цирконом, апатитом, монацитом, ільменітом. Структура граніту аплітова, зерна мінералів часто ізометричні. На окремих ділянках спостерігають ідіоморфні зерна породоутворювальних мінералів. Широко проявлені пойкілітова та гранофірова структури. Перша зумовлена взаємним проростанням кварцу в КПШ і останнього — в кварці. Гранофірова структура характеризується наявністю округлих, краплеподібних вростків кварцу в КПШ, які в схрещених ніколях виявляють групове згасання. Іноді у великих кристалах мінералу розташування зерен кварцу повторює контури зон росту польового шпату, що є характерним для гранітів рапаківі. КПШ представлений мікрокліном, має вигляд ідіоморфних та гіпідіоморфних зерен (0,3—0,5 мм), нерідко з тонкоґратчастою двійниковою структурою. У більших (1—1,5 мм) таблитчастих кристалах наявні прості двійники, пертитові вростки. Плагіоклаз переважно представлений альбітом, утворює таблитчасті ізометричні зерна (0,2—0,5 мм), які часто мають зональну будову і рідко — тонкі полісинтетичні двійники. Центральні частини зерен значною мірою серицитизовані. Кварц повсюдно утворює ізометричні ксено- та ідіоморфні зерна розміром 0,1—0,5 мм та пойкілітові включення в інших мінералах. Біотит (0,1—0,5 мм) трапляється у вигляді ксеноморфних лусок з нерівними краями. Він плеохроює від темно-бурого до блідо-жовто-бурого. По ньому розвиваються вторинний мусковіт і меншою мірою хлорит. "Очкові" скупчення в граніті складені переважно з тих самих мінералів, що і загальна маса іскренського граніту, але в іншій пропорції. Мінеральний склад скупчень характеризується високим умістом кварцу (40—45 %) та значною часткою слюдистого агрегату (30—35 %), в якому зафіксовано майже повне заміщення біотиту мусковітом (90—95 % від загального вмісту слюд). Вміст плагіоклазу та КПШ складає приблизно по 10 %. Кварц утворює структури проростання у слюдах та польових шпатах. Він представлений краплеподібними, видовженими зернами у вигляді вростків, що згасають групами. Крім того, у цих скупченнях мікрозондовим аналізом ідентифіковано мінерал пірофілітового складу.

13	14	15	16	Average
34.55	35.32	33.91	34.82	34.45
3.66	1.79	—	3.29	—
19.93	21.18	22.60	20.65	20.68
28.49	28.21	28.49	27.46	29.03
—	—	1.14	—	—
3.26	3.49	4.10	3.32	3.34
10.11	10.00	9.75	10.45	10.01
5.24	5.32	5.15	5.26	5.24
2.76	2.68	2.85	2.74	2.76
0.81	1.09	1.19	0.93	0.95
0.42	0.20	—	0.37	—
3.62	3.56	3.62	3.47	3.70
—	—	0.15	—	—
0.74	0.78	0.93	0.75	0.76
1.96	1.92	1.89	2.01	1.94
19.54	19.55	19.77	19.54	19.63
3.56	3.76	4.04	3.68	3.71
0.83	0.82	0.80	0.82	0.83

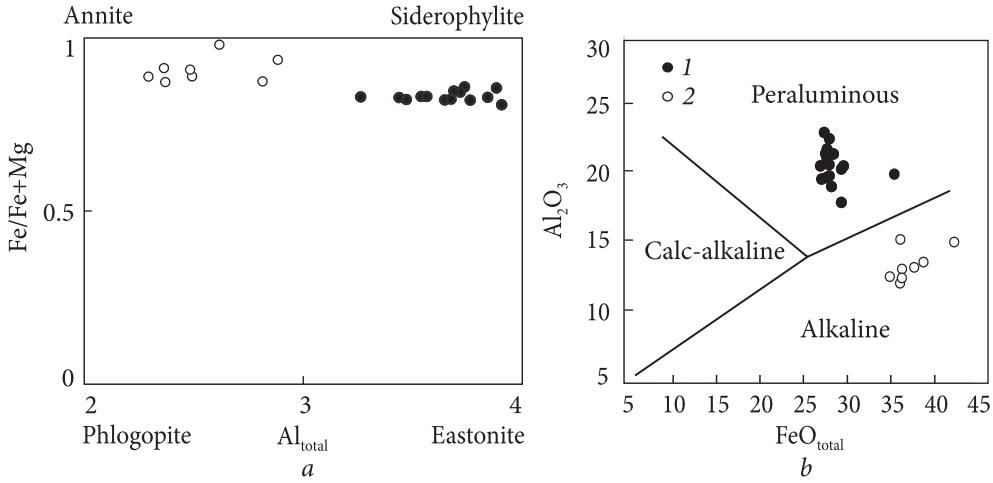

Рис. 2. Класифікаційна (*a*) (Speer, 1984) та дискримінаційна (*b*) (Abdel-Rahman, 1994) діаграми складу біотитів: *1* — з іскренських гранітів (пр. 6-21); *2* — з гранітів рапаківі (пр. 4-21)

Fig. 2. Compositional variation (*a*) (Speer, 1984) and tectonic discrimination diagram (*b*) (Abdel-Rahman, 1994) for biotites: *1* — from the Iskrene granites (sample #6-21); *2* — from the rapakivi granites (sample #4-21)

Таблиця 2. **Хімічний склад біотитів із гранітів рапаківі, пр. 4-21 (нормовано до 100 мас. %)**

Table 2. **Chemical composition of biotites from rapakivi granites, sample #4-21 (normalized to 100 wt. %)**

Component	1	2	3	4	5	6	7	8	Average
Weight percent, wt. %									
SiO_2	34.03	34.43	34.58	34.92	33.75	34.50	31.75	33.93	33.99
TiO_2	4.34	4.58	4.56	3.48	4.86	4.58	2.68	3.10	4.02
Al_2O_3	13.35	12.20	12.68	15.36	13.22	12.58	15.17	13.73	13.54
FeO	38.18	36.56	35.39	36.59	36.79	36.77	42.75	39.25	37.79
MgO	2.69	2.60	2.92	2.96	2.10	1.98	1.63	0.01	2.11
K_2O	7.42	9.63	9.88	6.69	9.28	9.61	6.02	9.98	8.56
Crystallochemical parameters (22 O)									
Si	5.39	5.49	5.49	5.43	5.38	5.50	5.12	5.49	5.41
Al^{IV}	2.49	2.29	2.37	2.57	2.48	2.36	2.88	2.51	2.49
Al^{VI}	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.01	0.11	0.05
Ti	0.52	0.55	0.54	0.41	0.58	0.55	0.33	0.38	0.48
Fe	5.06	4.88	4.70	4.76	4.91	4.90	5.77	5.31	5.04
Mg	0.64	0.62	0.69	0.69	0.50	0.47	0.39	0.00	0.50
K	1.50	1.96	2.00	1.33	1.89	1.95	1.24	2.06	1.74
Σ	19.59	19.79	19.78	19.42	19.74	19.74	19.73	19.85	19.71
Al_{total}	2.49	2.29	2.37	2.81	2.48	2.36	2.88	2.62	2.54
f = Fe/(Fe + Mg)	0.89	0.89	0.87	0.87	0.91	0.91	0.94	1.00	0.91

Хімічний склад біотитів. Результати хімічного аналізу біотитів із іскренських гранітів та гранітів рапаківі зведені в табл. 1 та 2. На відміну від біотитів з гранітів рапаківі, біотити з іскренських гранітів характеризуються підвищеним умістом K_2O, MgO, Al_2O_3 та зниженим — TiO_2, вміст останнього іноді нижче межі виявлення. Середнє значення залізистості біотитів із іскренських гранітів становить 0,83, тоді як біотитів із гранітів рапаківі — 0,91. На діаграмі хімічного складу (рис. 2, *a*) перші потрапляють у поле сидерофіліту, водночас крайні точки на діаграмі займають біотити із скупчень, а біотити гранітів рапаківі розташовуються у полі аніту. На діаграмі Абдель-Рахмана точки складу біотитів також чітко розділяються (рис. 2, *b*). Згідно з класифікацією, іскренські біотити

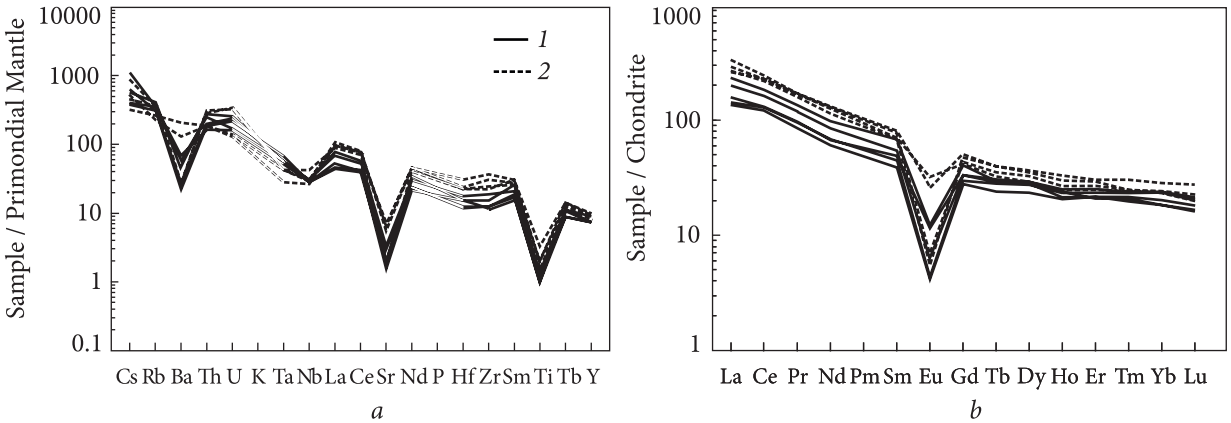

Рис. 3. Спайдер-діаграми розподілу мікроелементів (*a*), та рідкісноземельних елементів (*b*), нормовані відповідно до примітивної мантії (Wood, Joron and Treuil, 1979) та хондриту (Anders and Grevesse, 1989): *1* — іскренські граніти; *2* — граніти рапаківі. Дані для K та P відсутні

Fig. 3. Primordial mantle-normalized multi-element diagram (*a*) (Wood, Joron and Treuil, 1979) and chondrite-normalized REE patterns (*b*) (Anders and Grevesse, 1989) for granites: *1* — the Iskrene granites; *2* — the rapakivi granites. Data for K and P are missing

потрапляють у поле перглиноземистих гранітів (*S*-граніти), а граніти рапаківі, маючи вищий уміст FeO та нижчий Al_2O_3, — лужних (*A*-граніти).

Геохімічні особливості гранітів. Спайдер-діаграми іскренських гранітів, нормалізовані до примітивної мантії, демонструють схожість з аналогічними графіками гранітів рапаківі, за винятком лише деяких відмінностей (рис. 3, *a*). В іскренських гранітах зафіксовано нижчий уміст Sr, Ba, Zr, Y, Ti за вищих концентрацій Rb. За вмістом Th, U, Pb, Nb обидва типи гранітів практично ідентичні. Мікроелементний склад іскренських гранітів та гранітів рапаківі наведений у табл. 3. Середній уміст рідкісних елементів у іскренських гранітах складає, г/т: Rb — 304, Sr — 54, Ba — 334, Zr — 155, Y — 38, Nb — 18; у гранітах рапаківі: Rb — 258, Sr — 93, Ba — 752, Zr — 312, Y — 45, Nb — 20. Графіки розподілу *REE* (рис. 3, *b*) для обох типів гранітів подібні, але мають деякі відмінності. На діаграмі іскренські граніти розміщені переважно нижче рапаківі, для обох гранітів характерний глибокий Eu мінімум. Середній сумарний уміст *REE* в іскренських гранітах становить 204, а в гранітах рапаківі — 318,5 г/т, а середні значення негативної Eu аномалії (Eu/Eu^*) — 0,19 та 0,30 відповідно. Спектри *REE* іскренських гранітів (рис. 3, *b*) мають ледь помітний більш пологий нахил порівняно з гранітами рапаківі. Середнє значення відношення La/Yb_N в іскренських гранітах (8,34) нижче, ніж у гранітах рапаківі (11,32).

Обговорення результатів. *Петрографія іскренських гранітів*. Структурні особливості (наявність простих двійників КПШ, проростання кварцу в КПШ) є доказами магматичного походження іскренського граніту, який утворився шляхом кристалізації з розплаву. Дрібнозернистість, аплітова структура, а також наявність пойкілітових вростків та закономірних мікрографічних проростань кварцу в КПШ свідчать про їхню спільну евтектичну кристалізацію в умовах швидкого охолодження розплаву.

Хімічний склад біотиту є одним із головних індикаторів петрогенетичних умов формування гранітоїдів. Порівняльний аналіз цих даних (табл. 1 та 2) свідчить про суттєві відмінності між іскренськими гранітами та гранітами рапаківі. Біотит іскренських гранітів характеризуються екстремально високим умістом глинозему (20,68 %), що значно перевищує аналогічний показник у гранітах рапаківі (13,54 %). Такі значення властиві високоглиноземистим породам *S*-типу. Натомість за вмістом алюмінію біотит з гранітів рапаківі відповідає типовим магматичним фазам *A*-гранітів, що кристалізувалися з метаалюмінієвого або слабо перглиноземистого розплаву (рис. 2, *b*). Залізистість (*f*) біотиту з іскренських гранітів (0,83) є дещо нижчою порівняно з цим показником біоти-

ту з рапаківі (0,91), що суперечить припущенню про формування іскренських гранітів як пізньої фази фракціонування розплаву рапаківі, оскільки в такому разі залізистість мала б зростати. Поєднання екстремальної перглиноземистості та зниженої залізистості вказує на ймовірну реститову природу біотиту іскренських гранітів, який може бути продуктом неповного плавлення високоглиноземистого субстрату, що зберігся у розплаві як тугоплавка фаза, успадкувавши геохімічні риси протоліту. Значні варіації вмісту титану в біотитах з іскренських гранітів (аж до значень нижче межі виявлення) свідчать про інтенсивні процеси вторинних перетворень — мусковітизацію та хлоритизацію. З цими процесами також корелює підвищений уміст калію в іскренських біотитах порівняно з біотитами гранітів рапаківі.

Геохімічні особливості. Деякі анорогенні граніти можуть мати пералюмінієвий склад, реститовий біотит, але відсутність флюориту вказує саме на анатектичну природу іскренських гранітів. Геохімічна спадковість іскренських гранітів від гранітів перглиноземистого *S*-типу підтверджується не лише специфікою складу біотитів, а й геохімічними особливостями породи в цілому. Зокрема,

Таблиця 3. **Вміст мікроелементів у іскренських гранітах та гранітах рапаківі, ppm**
Table 3. **Trace element content in Iskrene granites and rapakivi granites, ppm**

Component	Iskrene granites						Rapakivi granites				
	6-21	7-21	8-21-1	9-21	10-21	Average	3-21	4-21	4-2-21	5-2-21	Average
Rb	351	283	312	301	271	304	285	194	325	227	258
Sr	77	47	45	68	35	54	42	127	41	161	93
Cs	11	7	21	7	12	12	9	10	17	6	11
Ba	349	443	204	503	169	334	227	987	220	1572	752
Th	27	24	19	16	18	21	29	17	27	18	23
U	7	5	6	4	6	6	9	4	9	4	6
Ti	2118	1815	1493	1745	1677	1770	2273	5036	2212	3047	3142
Zr	208	169	135	137	126	155	249	397	268	332	312
Nb	19	19	17	18	17	18	20	26	18	16	20
Hf	6.30	5.30	4.40	4.30	5.50	5.16	7.70	10.60	7.70	8.30	8.58
Ta	2.50	2.40	2.50	2.30	2.90	2.52	2.10	1.90	1.80	1.20	1.75
Y	44	37	37	35.00	37	38	48	47	44	39	45
La	47.12	54.39	33.53	37.21	31.76	40.80	67.86	61.41	62.88	77.72	67.47
Ce	97.87	111.03	78.47	79.32	73.74	88.09	136.80	137.27	130.70	147.87	138.16
Pr	10.64	12.06	8.64	8.70	7.55	9.52	14.82	15.23	14.15	15.34	14.89
Nd	38.39	44.37	30.61	30.64	27.29	34.26	59.64	58.81	51.70	56.54	56.67
Sm	8.04	9.89	6.55	7.24	5.75	7.49	11.33	11.91	10.01	10.35	10.90
Eu	0.35	0.69	0.25	0.64	0.25	0.44	0.32	1.45	0.37	1.78	0.98
Gd	6.53	8.00	5.79	6.59	5.47	6.48	9.31	9.97	8.52	8.23	9.01
Tb	1.09	1.07	1.02	1.05	0.87	1.02	1.42	1.44	1.29	1.18	1.33
Dy	6.88	7.11	6.70	6.75	5.70	6.63	8.58	8.89	7.85	7.01	8.08
Ho	1.40	1.33	1.29	1.19	1.17	1.28	1.66	1.84	1.47	1.36	1.58
Er	3.97	3.32	3.71	3.47	3.42	3.58	4.65	4.87	4.25	3.92	4.42
Tm	0.59	0.50	0.56	0.48	0.52	0.53	0.59	0.73	0.61	0.58	0.63
Yb	3.79	2.95	3.91	2.95	3.28	3.38	3.87	4.58	3.78	3.99	4.06
Lu	0.50	0.40	0.52	0.39	0.44	0.45	0.52	0.67	0.49	0.55	0.56
Parameters											
Rb/Sr	4.55	6.07	6.90	4.42	7.68	5.92	6.83	1.53	7.84	1.41	4.40
ΣREE (ppm)	227	257	182	187	167	204	321	319	298	336	318.5
Eu/Eu^*	0.15	0.24	0.12	0.28	0.14	0.19	0.09	0.41	0.12	0.59	0.30
$(La/Yb)_N$	8.40	12.46	5.80	8.51	6.54	8.34	11.84	9.06	11.23	13.16	11.32

сумарний вміст рідкісних елементів Zr, Nb, Ce, Y в іскренських гранітах менше 350 г/т (у рапаківі, які належить до *A*-типу, — значно перевищує це значення), що є діагностичною ознакою для цього генетичного типу (Whalen, Currie and Chappell, 1987) та узгоджується із петрохімічними характеристиками іскренських гранітів (рис. 4). Згідно з літературними даними щодо хімічного складу іскренських гранітів (Esypchuk et al., 1993), на класифікаційній діаграмі вони потрапляють у пералюмінієве поле гранітів *S*-типу. Вміст MgO у двох пробах іскренських гранітів (0,81 та 1,09 %, за даними (Esypchuk et al., 1993)) є дещо вищим порівняно з його вмістом у гранітах рапаківі КНП, що є додатковим аргументом на користь залучення корового субстрату до процесів магмоутворення.

На перший погляд, за дефіцитом Ba, Sr (*LILE*), Zr, Ti (*HFSE*) та глибоким Eu мінімумом іскренські граніти, порівняно з гранітами рапаківі, нагадують більш диференційовані породи (табл. 3). Однак, дефіцит Ba, Sr в іскренських гранітах може бути пов'язаний зі стабільністю польових шпатів у ретиті або особливостями вихідного субстрату, який був збіднений на ці хімічні елементи ще на стадії вивітрювання. Понижений уміст Zr, Ti та *REE* пояснюють тим, що іскренська магма була "холоднішою" та водонасиченою (*S*-тип), тому акцесорні мінерали, що вміщували ці хімічні елементи (циркон, ільменіт, апатит, монацит) не розчинялись у ній так ефективно, як у "гарячих" *A*-гранітах рапаківі.

Більш виражений мінімум Eu в іскренських гранітах свідчить про накопичувальний ефект: до дефіциту Eu у рапаківігранітному розплаві додався вплив асиміляції глиноземистого субстрату. В останньому випадку додаткове збіднення розплаву на Eu відбувалося внаслідок утримання плагіоклазу в ретиті. Слабке зниження фракціонування легких і важких лантаноїдів, що виражається у зменшенні відношення La/Yb_N в іскренських гранітах, також може вказувати на геохімічну спадковість від високоглиноземистого субстрату.

Генезис іскренських гранітів. Формування іскренських гранітів є результатом анатексису високоглиноземистого корового субстрату під дією гранітів рапаківі, які виступили

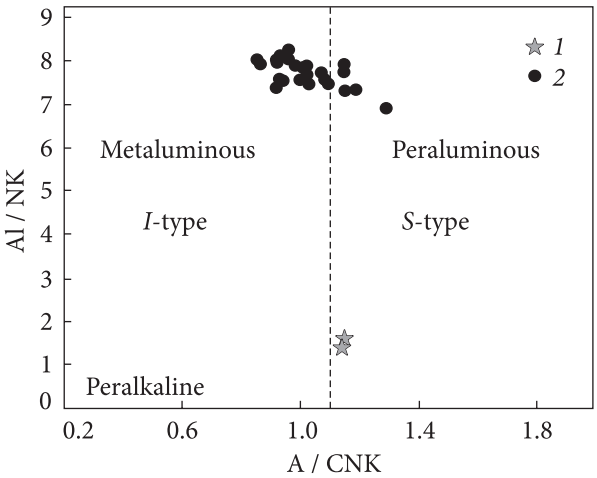

Рис. 4. Класифікаційна діаграма алюмінієвої насиченості, за (Shand, 1943; Maniar and Piccoli, 1989). Пунктирною лінією позначено межу полів гранітоїдів *I*- та *S*-типів, за (Chappell and White, 1974): *1* — іскренські граніти; *2* — граніти рапаківі. У діаграмі використано дані з роботи (Esypchuk et al., 1993)

Fig. 4. A/CNK vs. A/NK discrimination diagram for granitic rocks (after Shand, 1943; Maniar and Piccoli, 1989). The dashed line at A/CNK = 1.1 represents the boundary between *I*-type and *S*-type granites (Chappell and White, 1974): *1* — the Iskrene granites; *2* — the rapakivi granites. The diagram incorporates data compiled from (Esypchuk et al., 1993)

одночасно джерелом тепла для плавлення та джерелом речовини. Рухливі флюїдні розплави рапаківі проникали в зону плавлення, внаслідок чого іскренський розплав успадкував геохімічну специфіку рапаківі. За неповного плавлення біотит не встиг повністю розчинитися і залишився у вигляді гніздоподібних скупчень. Іскренська магма, на відміну від високотемпературних "сухих" розплавів рапаківі, ймовірно, була насичена водою та іншими флюїдними компонентами, що викликало інтенсивну автометасоматичну переробку реститового біотиту та плагіоклазу. Відсутність в іскренських гранітах характерного для рапаківі флюориту є наслідком розбавлення магми бідним на фтор коровим матеріалом. На момент укорінення іскренських розплавів основна маса рапаківі закристалізувалась, про що свідчать чіткі контакти іскренських гранітів з масивом рапаківі. Наявність іскренських гранітів як в ендо-, так і в екзоконтакті плутону вказує на ін'єкцію анатектичної магми в тріщини рами під тиском масиву рапаківі.

Висновок. На основі петрографічного й геохімічного вивчення іскренських гранітів Корсунь-Новомиргородського плутону обґрунтовано концепцію їхнього формування. Іскренські граніти мають палінгенно-анатектичне походження. Вони утворилися внаслідок плавлення глиноземистого корового субстрату під впливом гранітів рапаківі Корсунь-Новомиргородського плутону, які виступили для іскренських гранітів одночасно джерелом енергії та речовини.

Для остаточного підтвердження генетичної належності іскренських гранітів та розмежування внеску корового субстрату та мантійної речовини плутону подальші дослідження мають базуватися на методах ізотопної геохімії, що уможливить кількісно оцінити частку корового та мантійного компонентів у їхньому складі.

Автори висловлюють щиру вдячність д-ру геол.-мін. наук, проф. Степану Григоровичу Кривдіку за наданий кам'яний матеріал та цінні поради, а також анонімним рецензентам за фахові зауваження, що сприяли покращенню статті.

REFERENCES / ЛІТЕРАТУРА

Abdel-Rahman, A.-F.M. (1994), Nature of Biotites from Alkaline, Calc-alkaline, and Peraluminous Magmas, *J. Petrology*, Vol. 35, Iss. 2, pp. 525-541. https://doi.org/10.1093/petrology/35.2.525

Anders, E. and Grevesse, N. (1989), Abundances of the elements: Meteoritic and solar, *Geochim. et Cosmochim. Acta*, Vol. 53, Iss. 1, pp. 197-214. https://doi.org/10.1016/0016-7037(89)90286-X

Bezvynnyi, V.P. (2007), Heolohichni karty i karty korysnykh kopalyn krystalichnoho fundamentu, M 1 : 50 000 (Vatutinska hrupa arkushiv M-36-99-A, M-36-99-V, M-36-111-A), UkrDHRI, Kyiv [in Ukrainian].

[Безвинний, В.П. (2007), Геологічні карти і карти корисних копалин кристалічного фундаменту, м-б 1 : 50 000 (Ватутінська група аркушів M-36-99-A, M-36-99-B, M-36-111-A). Київ: УкрДГРІ.]

Bukharev, V.P. (1972), On the position of the Ostriv granites in the Stratigraphic scheme of the Ukrainian Shield, *Geol. Journ.*, Vol. 32, No. 2, Kyiv, pp. 137-143 [in Russian].

[Бухарев, В.П. (1972), К вопросу о положении остривских гранитов в стратиграфической схеме Украинского щита. *Геол. журн.* **32**, № 2. С. 137—143.]

Chappell, B.W. and White, A.J.R. (1974), Two Contrasting Granite Types, *Pacific Geology*, Vol. 8, pp. 173-174.

Esypchuk, K.E., Orsa, V.I., Shcherbakov, I.B., Sheremet, E.M., Skobelev, V.M., Ryabokon, V.V., Galetskiy, L.S., Panov, B.S., Yushin, A.A., Bochay, L.V., Golub, E.N., Demyanenko, V.V., Buchinskaya, K.M., Sveshnikov, K.I., Sukhorukov, Yu.T., Shcherbak, D.N., Osadchiy, V.K., Piyyar, Yu.K., Samchuk, A.I., Kushnir, A.S., Andreev, A.V. and Cheburkin, A.K. (1993), *Hranitoyidy Ukrainskoho Shchyta. Petrokhimiya, heokhimiya, rudonosnist.* Spravochnik, Nauk. dumka, Kyiv [in Russian].

[Есипчук, К.Е., Орса, В.И., Щербаков, И.Б., Шеремет, Е.М., Скобелев, В.М., Рябоконь, В.В., Галецкий, Л.С., Панов, Б.С., Юшин, А.А., Бочай, Л.В., Голуб, Е.Н., Демяненко, В.В., Бучинская, К.М., Свешников, К.И., Сухоруков, Ю.Т., Щербак, Д.Н., Осадчий, В.К., Пийяр, Ю.К., Самчук, А.И, Кушнир, А.С., Андреев, А.В., Чебуркин, А.К. (1993), *Гранитоиды Украинского щита. Петрохимия, геохимия, рудоносность.* Справочник. Киев: Наук. думка. 232 с.]

Hurskyi, D.S. and Kruhlova, S.S. (2007), *Tektonichna karta Ukrainy,* 1 : 1000 000. Poiasniuvalna zapyska, UkrDHRI, Kyiv, 132 p. [in Ukrainian].

[Гурський, Д.С., Круглова, С.С. (2007), *Тектонічна карта України,* 1 : 1000 000. Пояснюв. зап. Київ: Вид-во УкрДГРІ. 132 с.]

Maniar, P.D. and Piccoli, P.M. (1989), Tectonic discrimination of granitoids, *Geol. Soc. America Bull.,* Vol. 101, No. 5, pp. 635-643. https://doi.org/10.1130/0016-7606(1989)101<0635:TDOG>2.3.CO;2

Mytrokhyn, O.V. (2011), *Anorthosite-rapakivi-granite formation of the Ukrainian Shield (geology, material composition and formation conditions),* Abstr. diss. Dr. geol. sci., Kyiv, 36 p. [in Ukrainian].

[Митрохин, О.В. (2011), *Анортозит-рапаківігранітна формація Українського щита (геологія, речовинний склад та умови формування*): автореф. дис. … д-ра геол. наук. Київ. 36 с.]

Poddubnyi, N.F. (1972), *Heolohycheskaia karta SSSR,* M 1:200000. Seryia Tsentralnoukraynskaia. Lyst M-36-XXVI, Obiasnitelnaia zapiska, Nedra, Moscow [in Russian].

[Поддубный, Н.Ф. (1972), *Геологическая карта СССР*, М-б 1 : 200 000. Сер. Центральноукраинская. Лист M-36-XXVI. Объяснит. зап. Москва: Недра.]

Shand, S.J. (1943), *Eruptive Rocks: Their Genesis, Composition, Classification, and Their Relation to Ore-deposits*, John Wiley and Sons, New York, 444 p.

Shcherbakov, I.B. (2005), *Petrology of the Ukrainian Shield,* Publ. House "Western Ukr. Consulting Center", Lviv, 366 p. [in Russian].

[Щербаков, И.Б. (2005), *Петрология Украинского щита.* Львов: Изд-во "Западн. Укр. консалт. центр". 366 с.]
Speer, J.A. (1984), Micas in igneous rocks, *Revs Mineral. and Geochem.*, Vol. 13, Iss. 1, pp. 299-356. https://doi.org/10.1515/9781501508820-013
Whalen, J.B., Currie, K.L. and Chappell, B.W. (1987), A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis, *Contr. Mineral. and Petrol.*, Vol. 95, Iss. 4, pp. 407-419. https://doi.org/10.1007/BF00402202
Wood, D.A., Joron, J.L. and Treuil, M. (1979), A re-appraisal of the use of trace elements to classify and discriminate between magma series erupted in different tectonic settings, *Earth and Planet. Sci. Lett.*, Vol. 45, Iss. 2, pp. 326-336. https://doi.org/10.1016/0012-821X(79)90133-X

Received 17.03.2026

O.V. Zaiats [1], PhD (Geology), Research Fellow
E-mail: zaiatsolga7@gmail.com; https://orcid.org/0000-0001-5011-029X
O.M. Ponomarenko [1], DrSc (Geology), Academician of NAS of Ukraine, Director
E-mail: pan.igmof@gmail.com; https://orcid.org/0000-0002-5179-6091
O.V. Dubyna [1, 2], DrSc (Geology), Associate Professor
E-mail: dubyna_a@ukr.net; https://orcid.org/0000-0002-6003-4873
I.A. Shvaika [1], PhD (Geology), Research Fellow
E-mail: ishvaika@gmail.com; https://orcid.org/0000-0001-9585-4380
I.D. Shvaika [1], Junior Research Fellow
E-mail: igor.d.shvayka@gmail.com; https://orcid.org/0000-0002-1908-6639
L.I. Proskurka [1], Research Fellow
E-mail: igmrproskurko@gmail.com; https://orcid.org/0000-0001-5760-2000
Yu.O. Lytvynenko [1], Junior Research Fellow
E-mail: lisick8@gmail.com; https://orcid.org/0000-0001-6609-0000
S.V. Kushnir [1], Research Fellow
E-mail: kushnir@nas.gov.ua; https://orcid.org/0000-0002-3449-1261
[1] M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142
[2] Taras Shevchenko National University of Kyiv, Institute of Geology
90, Vasylkivska Str., Kyiv, Ukraine, 03022

GENESIS OF THE ISKRENE GRANITES OF THE KORSUN-NOVOMYRHOROD PLUTON (UKRAINIAN SHIELD)

The Iskrene granites are unique fine-grained rocks located at the contact zone between the Korsun-Novomyrhorod Pluton and its host rocks. Their petrogenesis has long been a subject of debate, with hypotheses ranging from a late-stage intrusive phase of the Korsun-Novomyrhorod Pluton to xenoliths of older complexes or hybrid formations. The lack of consensus necessitates a detailed study using modern analytical methods. The study aims to constrain the genesis of the Iskrene granites by comparing their geochemical signatures and biotite chemistry with those of the surrounding rapakivi granites of the Korsun-Novomyrhorod Pluton. Petrographic analysis was combined with inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) for trace element determination and electron probe microanalysis (EPMA) to establish the chemical composition of biotites. Petrographic analysis reveals that Iskrene granites are fine-grained rocks with a characteristic taxitic structure formed by mica clusters (0.5-2 cm). The groundmass consists of K-feldspar (40-50%), plagioclase (15-20%), quartz (20-25%), and biotite (5-7%). The presence of aplitic, poikilitic, and micrographic textures indicates rapid eutectic crystallization. A comparative study of biotite chemistry shows that Iskrene biotites are extremely peraluminous (Al_2O_3 = 20.68%) and have a lower iron-to-magnesium ratio (f = 0.83) than rapakivi biotites (f = 0.91), plotting in the siderophyllite and *S*-type granite fields. Geochemically, Iskrene granites are depleted in Sr, Ba, Zr, Ti and REE compared to rapakivi granites. The total REE content is 204 ppm with a significantly deep negative europium anomaly (Eu/Eu^* = 0.19). These geochemical signatures, along with reduced La/Yb_N ratios, indicate inheritance from a high-alumina crustal protolith. The Iskrene granites originated from the anatexis of peraluminous crustal rocks triggered by the heat and fluid influx from the Korsun-Novomyrhorod Pluton's rapakivi magma. The taxitic structure and biotite chemistry confirm their restite nature, representing products of incomplete melting. Unlike the "dry" rapakivi melt, the Iskrene magma was fluid-saturated, leading to intensive autometasomatic muscovitization and chloritization. The Iskrene granites are hybrid formations where the crustal melt underwent "geochemical dilution" by the rapakivi-forming magma while retaining the signature of the host rocks.

Keywords: Iskrene granites, rapakivi granites, Korsun-Novomyrhorod pluton, biotite chemical composition of biotite, anatexis, restite.