УДК. 550.93
https://doi.org/10.15407/gof.2025.46.048

ПЕТРОГЕНЕЗИС ГРАНІТІВ КРОПИВНИЦЬКОГО КОМПЛЕКСУ

О.Б. Висоцький [1], https://orcid.org/0000-0002-3542-4685

Л.М. Степанюк [1], stepaniuk@nas.gov.ua, https://orcid.org/0000-0001-5591-5169

Л.В. Шумлянський [1–3], https://orcid.org/0000-0002-6775-4419

О.В. Ковтун [1], https://orcid.org/0000-0003-0475-8778

І.М. Котвіцька [1], https://orcid.org/0000-0002-2593-3953

[1] *Інститут геохімії мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України 03142, просп. Акад. Палладіна, 34, Київ, Україна*

[2] *Інститут геологічних наук Польської академії наук Краків, Польща*

[3] *Університет Кьортіна, Школа наук про Землю та планети, Університет Кертіна, Перт, Австралія*

Кропивницький (Кіровоградський) комплекс був виділений у ранзі самостійного із кіровоградсько-житомирського в Схемі НСК України 1993 р. Комплекс об'єднує сієніти, кварцові сієніти; граніти і мігматити біотитові, амфібол-біотитові порфіроподібні; граніти і мігматити двослюдяні; мігматити біотитові смугасті і тіньові; граніти апліто-пегматоїдні, пегматити, які крім ряду великих масивів (Кропивницько-Бобринецький, Чигиринський, Вознесенський, Долинський та ін.) складають невеликі масиви і тіла з нечіткими контактами, орієнтовані згідно з вмісними породами. Методом *ICP-MS* було визначено хімічний (петрогенні оксиди та рідкісні і розсіяні елементи) склад гранітів і ксенолітів плагіогнейсів Кропивницького масиву, гранітів і ксенолітів плагіогнейсів, розкритих Лозуватським кар'єром, а також ізотопний склад стронцію ($^{87}Sr/^{86}Sr$) в акцесорних апатитах. За результатами аналізу розподілу петрогенних, малих елементів і первинного ізотопного відношення $^{87}Sr/^{86}Sr$ в акцесорних апатитах, зроблено припущення, що граніти кропивницького комплексу сформувались у результаті ультраметаморфізму контрастної за складом товщі, в породах якої мали місце досить широкі варіації відношення Rb/Sr. Плагіогнейси, що як ксеноліти трапляються серед гранітів, є реліктами порід товщі, які не були асимільовані гранітним розплавом у ході ультраметаморфізму.

Ключові слова: *Кропивницький комплекс, граніти, плагіогнейси, ізотопне відношення $^{87}Sr/^{86}Sr$, Український щит.*

Вступ. Кропивницький (Кіровоградський) комплекс був виділений у ранзі самостійного із кіровоградсько-житомирського комплексу в Схемі НСК України (1993) [10]. Комплекс об'єднує сієніти, кварцові сієніти; граніти і мігматити біотитові, амфібол-біотитові порфіроподібні; граніти і мігматити двослюдяні; мігматити біотитові смугасті і тіньові; граніти апліто-пегматоїдні, пегматити. Найтиповішими представниками цього комплексу є світло-сірі, сірі та рожеві середньопорфіроподібні біотитові, амфібол-біотитові, зрідка гранат-біотитові граніти, які утворюють на території Інгульського мегаблоку декілька великих масивів. Найбільші з них: Долинський, Кропивницько-Бобринецький, Чигиринський, Вознесенський, Митрофанівський тощо. Окрім того, вони трапляються у вигляді невеликих масивів і тіл з нечіткими контактами, складаючи антиформні структури високих порядків. Як великі масиви, так і незначні за розміром

тіла, орієнтовані згідно з вмісними породами. Граніти комплексу переважно є однофазними середньотемпературними (амфіболітова фація) утвореннями з включеннями амфіболітів, гранодіоритів і плагіогранітів, конформними зі структурою товщ, що їх вміщують [4].

Контакти гранітів кропивницького комплексу з породами рами, як правило, нечіткі. Граніти зазвичай облямовані зонами мігматитів, ширина яких у деяких випадках досягає декількох кілометрів. Подеколи відмічається зрізання порфіроподібними гранітами структурних елементів мігматитів [3]. Субстратом для гранітоїдів комплексу здебільшого були породи інгуло-інгулецької серії, з якими вони є однофаціальними утвореннями. Тобто ці граніти розглядають як ультраметаморфічні (палінгенно-анатектичні) автохтонні та паравтохтонні утворення [4, 9, 14].

Мета: з'ясувати джерело родоначальних розплавів гранітів кропивницького комплексу за результатами геохімічних і ізотопно-геохімічних досліджень.

Об'єкти та методи дослідження. Визначено хімічний (петрогенні оксиди, рідкісні і розсіяні елементи) склад гранітів, розкритих кар'єрами: Знам'янський (проба 4/23), Живанівський (пр. 7/23 і 8/23) та Соколівський (18/23 та 19/23), а також ксенолітів гнейсів із Знам'янського (3/23) та Лозуватського (16/23) кар'єрів. Хімічний аналіз виконано за допомогою методу *ICP-MS* у комерційній лабораторії *Bureau Veritas Commodities Canada Ltd*. Ізотопно-геохімічні дослідження, а саме визначення первинного відношення $^{87}Sr/^{86}Sr$ виконано у відділі радіогеохронології Інституту геохімії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України за методикою [5]. Ізотопний склад стронцію вивчили в апатитах із гранітів і ксенолітів гнейсів, розкритих Знам'янським (пр. 3/23, 4/23 та 5/23), Живанівським (7/23, 8/23 та 9/23), Бобринецьким (10/23 та 11/23), Лозуватським (16/23) та Соколівським (17/23 та 19/23) кар'єрами. Спайдерграми побудовано за допомогою макросу *Excel PetroGram* [17].

Результати. Отриманий авторами хімічний склад гранітів кропивницького комп-

Таблиця 1. **Хімічний склад гранітів Кропивницького масиву та ксенолітів гнейсів у них**

Компонент	3/23	4/23	7/23	8/23	16/23	18/23	19/23
SiO_2	66,52	72,84	71,83	70,89	67,05	69,00	70,69
TiO_2	0,48	0,12	0,23	0,34	0,46	0,56	0,50
Al_2O_3	14,37	13,29	13,93	14,13	12,46	14,60	13,75
Fe_2O_3	6,23	2,24	2,59	3,52	6,22	4,14	3,68
MnO	0,11	0,01	0,02	0,02	0,07	0,03	0,02
MgO	2,45	0,39	0,37	0,63	2,42	0,85	0,69
CaO	4,05	0,33	0,91	1,17	5,64	1,09	0,86
Na_2O	2,33	2,26	2,74	2,97	2,53	3,15	2,71
K_2O	1,98	7,28	6,30	5,49	1,23	4,81	5,90
P_2O_5	0,13	0,16	0,20	0,16	0,15	0,22	0,14
LOI	1,1	0,9	0,7	0,5	1,5	1,3	0,8
Sum	**99,75**	**99,82**	**99,82**	**99,82**	**99,73**	**99,75**	**99,74**
Ba	529	941	792	534	768	791	582
Ni	67	26	<20	<20	33	<20	<20
Sc	11	2	3	5	8	5	3
Be	2	1	2	2	1	2	<1
Co	14,5	2,5	3,4	3,9	12,2	5,3	4,2
Cs	54,4	9	4,5	3,8	1,9	1,4	1,6
Ga	16,7	13,8	17	18,6	12,9	18,7	16,7
Hf	4,2	2,6	4,2	5,9	5,4	10,4	9,6
Nb	7,4	4,8	9,7	12,3	6,5	15,6	16,6
Rb	144,6	238,2	285,2	273	50,5	262	287,1
Sr	231,1	150,4	176,9	134,4	476,6	153,3	115,8
Ta	0,4	0,8	1,0	0,8	0,1	0,4	0,7
Th	11,2	8,9	18,0	39,5	9,3	64,7	89,2
U	2,7	2,6	8,8	13,4	1,6	4,5	4,3
V	89	10	11	29	94	33	23
Zr	153,9	81,3	137,3	196,3	207,5	387,8	344,3
Y	15,9	3	6	14,7	11,5	19	14,1
La	30,0	11,9	29,1	52,7	29,6	81,2	78,2
Ce	56,6	25,0	56,5	109,2	54,8	175,7	176,1
Pr	6,37	3,00	6,49	12,58	6,21	20,89	21,17
Nd	22,7	10,8	23,1	43,4	22,3	75,4	77,9
Sm	4,01	2,58	3,67	8,19	3,64	12,43	13,9
Eu	0,88	0,76	0,87	0,63	1,02	0,80	0,62
Gd	3,59	2,18	2,44	5,94	3,03	8,29	8,70
Tb	0,50	0,23	0,26	0,72	0,4	0,96	0,94
Dy	2,77	0,8	1,28	3,35	2,32	4,51	3,96
Ho	0,56	0,10	0,21	0,55	0,43	0,73	0,56
Er	1,62	0,25	0,56	1,36	1,25	1,89	1,22
Tm	0,23	0,03	0,08	0,18	0,17	0,22	0,14
Yb	1,60	0,23	0,50	1,26	1,11	1,34	0,82
Lu	0,24	0,03	0,08	0,18	0,17	0,17	0,13
Rb/Sr	0,626	1,58	1,61	2,03	0,106	1,71	2,48
Th/U	4,15	3,42	2,05	2,95	5,81	14,4	20,7
Lu/Hf	0,057	0,012	0,019	0,031	0,032	0,016	0,014
Zr/Hf	36,6	31,3	32,7	33,3	38,4	37,3	35,9

Примітка: вміст оксидів, *LOI* (ВПП) та їх сума наведені у відсотках, вміст елементів — у ppm.

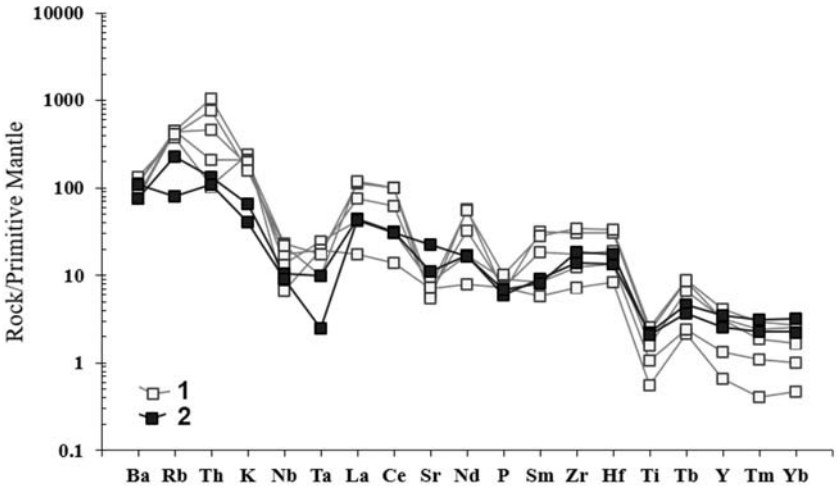

Рис. 1. Спайдерграми для *1* — гранітів та *2* — ксенолітів плагіогнейсів, за даними табл. 1

лексу та двох ксенолітів піроксенових плагіогнейсів наведено в табл. 1. У подальшому описі ми також використовуємо хімічний склад порід кропивницького комплексу, наведений у роботах [6, 16]. Всі досліджені нами зразки гранітів мають високий вміст SiO_2, що перевищує 70 %, хоча серед порід, досліджених іншими авторами, іноді трапляються зразки, в яких вміст SiO_2 опускається нижче 65 %, отже, вони класифікуються як середні породи. Всі породи, серед них і ксеноліти плагіогнейсів, належать до сублужної серії [18] переважно пералюмінієвих гранітоїдів [19]. За класифікаційною діаграмою [20] всі досліджені нами граніти потрапляють у поле залізистих порід, тоді як ксеноліти та значна частина гранітоїдів, досліджених іншими фахівцями, належать до магнезіальних порід. За класифікаційною діаграмою *FMA* [18] всі досліджені породи, зокрема ксеноліти, належать до вапняно-лужної серії. На класифікаційних діаграмах, побудованих для визначення тектонічного режиму утворення гранітоїдів [21], досліджені граніти потрапляють переважно в поле синколізійних гранітів, тоді як ксеноліти опиняються в полі магматитів вулканічних дуг. На діаграмах [22] досліджені породи потрапляють на дискримінаційні лінії між гранітами А-типу та «іншими гранітами» (S-, I- та M-типів). Ксеноліти пагіогнейсів, натомість, опиняються в полі «інших гранітів».

Загалом граніти, як порівняти з плагіогнейсами ксенолітів, збагачені на SiO_2, K_2O та Rb, і збіднілі на $FeO_{заг}$, MgO, CaO та Sr (табл. 1, рис. 1). Ще контрастнішим є склад плагіогнейсу (пр. 3/23) та граніту (4/23), що являють собою єдину асоціацію, розкриту Знам'янським кар'єром (див. табл. 1). Граніт, на відміну від плагіогнейсу, містить менше TiO_2 (0,12 проти 0,48 %), MnO (0,01 проти 0,11 %), Al_2O_3 (13,29 проти 14,37 %), має приблизно однаковий вміст Na_2O (2,26 і 2,33 %) і P_2O_5 (0,16 і 0,13 %), збіднілий на Th (8,9 проти 11,2 ppm) за практично рівної кількості U (2,6 і 2,7 ppm), меншої кількості Y (3 проти 15,9 ppm), Zr (81,3 проти 153,9 ppm), та Hf (2,6 проти 4,2 ppm). До того ж відношення Rb/Sr у гнейсі (0,626) зростає у граніті до 1,58, а відношення Lu/Hf у гнейсі з 0,057 зменшується до 0,012 у граніті.

Розподіл рідкісноземельних елементів (РЗЕ) є дещо парадоксальним. Так, у плагіогнейсі (пр. 3/23) і граніті (4/23), розкритих Знам'янським кар'єром, сумарна їх кількість відповідно 145,57 та 57,89 ppm, водночас граніт містить майже вдвічі менше легких РЗЕ, за близького вмісту важких. Окрім того, у плагіогнейсі спостерігається від'ємна європієва аномалія, відсутня в граніті (рис. 2, *а*). Характерно, що обидва плагіогнейси ксенолітів Знам'янського кар'єра (пр. 3/23) та Лозуватського (пр. 16/23) за незначної різниці у вмісті РЗЕ (145,57 та 126,45 ppm відповідно) мають майже од-

накові криві їх розподілу (рис. 2, *б*). Такий самий характер розподілу РЗЕ властивий лейкократовій відміні граніту (пр. 7/23), розкритого Живанівським кар'єром (див. рис. 2, *б* та табл. 1). Для решти гранітів (пр. 8/23, 18/23 та 19/23) за деякої різниці в сумарному вмісті РЗЕ (240,24, 384,53 та 384,36 ppm відповідно) характер кривих розподілу практично тотожний (рис. 2, *в*).

Ізотопний склад апатиту визначали в очищених наважках. Оскільки в пробах плагіогнейсів і гранітів Живанівського кар'єра (пр. 8/23) частина кристалів апатиту була вкрита гідроксидами заліза, ми виконали повторний аналіз апатитів із цих порід, але перед розчиненням наважки апатиту промили слабким розчином соляної кислоти. Як видно із табл. 2, обидва виміри ізотопного відношення $^{87}Sr/^{86}Sr$ в наважках апатиту із плагіогнейсу Знам'янського кар'єра (пр. 3/23) у межах похибок вимірювання практично тотожні. Значимо меншими виявились ці відношення у промитих наважках апатиту із граніту Живанівського (пр. 8/23) і плагіогнейсу Лозуватського (пр. 16/23) кар'єрів, що, на нашу думку, зумовлено сорбцією гідроксидами заліза стронцію з дещо вищим ізотопним відношенням $^{87}Sr/^{86}Sr$, наприклад, стронці-

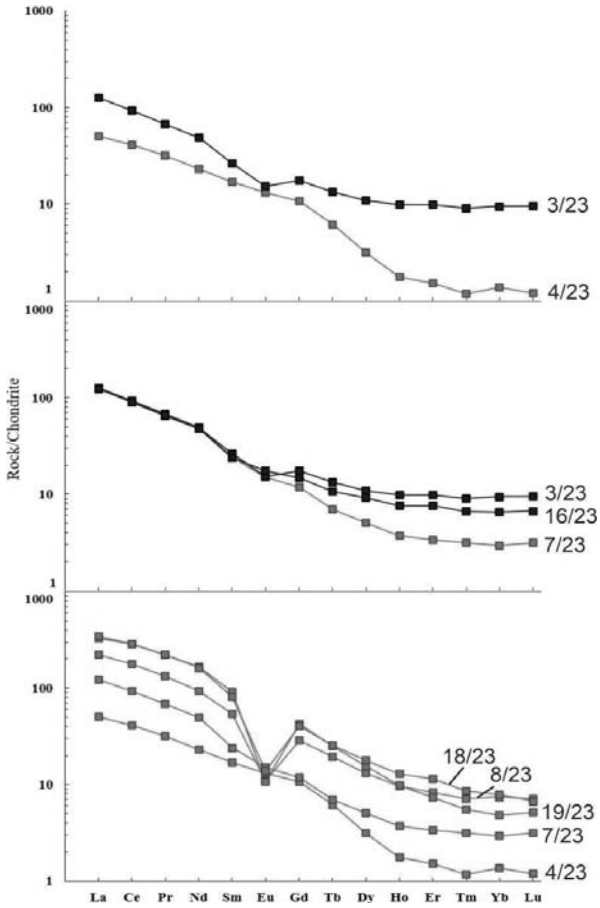

Рис. 2. Хондрит-нормований розподіл рідкісноземельних елементів в гранітах кропивницького комплексу та ксенолітах плагіогнейсів: *а* — плагіогнейсі (пр. 3/23) та граніті (4/23); *б* — у плагіогнейсах (3/23 та 16/23) та граніті (7/23), *в* — у гранітах (4/23, 7/23, 8/23, 18/23 і 19/23)

Таблиця 2. **Результати визначення ізотопного складу стронцію в апатитах із гранітів Кропивницького масиву та ксеноліті гнейсів**

Номер проби	Порода	Географічна прив'язка	$^{87}Sr/^{86}Sr$	σ	ε_{Sr}
3/23	Гнейс Бі	Кар'єр в с. Суботці	0,71172	±0,00005	134,1
3/23*	Гнейс Бі	Кар'єр в с. Суботці	0,71175	±0,00006	134,6
4/23	Граніт	Кар'єр в с. Суботці	0,72562	±0,00012	332,1
5/23	Граніт пегматоїдний	Кар'єр в с. Суботці	0,71641	±0,00004	200,9
7/23	Граніт лейкократовий	Живанівський к-р	0,71318	±0,00004	154,9
8/23	Граніт меланократовий	Живанівський к-р	0,71700	±0,00006	209,3
8/23*	Граніт меланократовий	Живанівський к-р	0,71426	±0,00006	170,3
9/23	Граніт пегматоїдний	Живанівський к-р	0,70866	±0,00006	90,6
10/23	Граніт рівномірнозернистий	Бобринецький к-р	0,85015	±0,00010	2105,2
11/23	Граніт лейкократовий	Бобринецький к-р	0,74611	±0,00006	623,8
16/23	Гнейс Бі	Лозуватка	0,70958	±0,00004	103,7
16/23*	Гнейс Бі граніт сірий	Лозуватка	0,70703	±0,00004	67,4
17/23	Порфіроподібний	Кропивницький	0,71723	±0,00006	212,6
19/23	Граніт рівномірнозернистий	Кропивницький	0,71879	±0,00007	234,8

Примітка. ε_{Sr} розраховано на вік 2030 млн років; * — наважки апатитів, що перед розчиненням були промиті в слабкому розчині соляної кислоти.

єм, збагаченим на радіогенний ізотоп ^{87}Sr із біотиту, що розклався в зоні гіпергенезу. Враховуючи таку можливість, за первинне значення ізотопного відношення $^{87}Sr/^{86}Sr$ в апатитах цих двох порід ми беремо відношення, отримані для промитих соляною кислотою наважок.

Як показує аналіз даних ізотопного складу стронцію в апатитах із гранітів і плагіогнейсів, у останніх ізотопне відношення $^{87}Sr/^{86}Sr$ є досить високим (0,707—0,7117), характерним для корових порід. Водночас воно в цілому значимо нижче за таке ж апатитах із гранітів (0,709—0,850). Очевидніше ця тенденція простежується в породах із однієї асоціації (Знам'янський кар'єр), де це відношення в плагіогнейсі (3/23) — 0,7117, а в граніті (4/23) — 0,726 (див. табл. 2).

Обговорення. Збагаченість гранітів літофільними елементами (як порівняти з ксенолітами плагіогнейсів) можна пояснити, якщо припустити, що субстратом для гранітів були плагіогнейси, а в процесі плавлення розплав збагачувався на легкоплавкі компоненти, тоді як тугоплавкі залишались переважно у ретиті. Також цілком доречним може бути припущення, що ксеноліти плагіогнейсів є реліктами гнейсової товщі, основна частина якої була переплавлена і мала дещо інший, ближчий до гранітів склад.

Визначення ізотопного складу (відношення $^{87}Sr/^{86}Sr$) стронцію в апатиті із гранітів і ксенолітів плагіогнейсів дає змогу уточнити умови петрогенезису і звузити коло можливих припущень. Більш радіогенний ізотопний склад стронцію в гранітах, на наш погляд, можна пояснити формуванням гранітів по кислішій товщі, що в своєму складі мала породи (гнейси) з вищим відношенням Rb/Sr, ніж у досліджених ксенолітах плагіогнейсів. Іншим можливим поясненням є селективне плавлення плагіогнейсів, за якого плавились першими слюди, кварц та польові шпати, тоді як апатит — головний концентратор стронцію та РЗЕ в породах гранітного складу, лишався переважно у ретиті. Завдяки цьому стронцій у розплаві мав більш радіогенний ізотопний склад, ніж у ретиті. Ця модель також пояснює вищий вміст РЗЕ в плагіогнейсі зі Знам'янського кар'єру, ніж у граніті, що його містить.

Слід зазначити, що в різних за складом гранітах, поширених у межах одного кар'єра, спостерігаються досить широкі варіації ізотопного складу стронцію ($^{87}Sr/^{86}Sr$) в апатиті. Це може свідчити про те, що в процесі ультраметаморфізму (часткового переплавлення) не відбулось повної гомогенізації силікатного розплаву ані на рівні ізотопного складу стронцію, ані навіть на рівні хімічного складу. Наприклад, у гранітах Бобринецького кар'єра відношення $^{87}Sr/^{86}Sr$ набуває аномально високих значень — 0,850 (пр. 10/23) та 0,746 (11/23). Нижчі і менш варіативні значення цього відношення отримано для гранітів Соколівського кар'єра 0,717 (пр. 17/23) і 0,719 (пр. 19/23). Отже, з великою часткою ймовірності можна припустити, що граніти кропивницького комплексу сформувались по товщі контрастного складу, у розрізі якої переважали гнейси, кисліші за плагіогнейси, що як ксеноліти трапляються в цих гранітах.

Досить цікава ситуація з варіацією величини відношення $^{87}Sr/^{86}Sr$ в апатитах із гранітів Живанівського кар'єра: 0,713 (пр. 7/23) і 0,714 (8/23), оскільки в апатитах із пегматоїдного граніту, що складає січну розгалужену жилу, це відношення набагато менше 0,709 (пр. 9/23) (див. табл. 2). Останнє однозначно вказує на формування цього жильного граніту із іншого гранітного розплаву з нижчим ізотопним відношенням $^{87}Sr/^{86}Sr$, ніж основна маса гранітів, розкритих цим кар'єром.

Отримані нові дані цілком узгоджуються з даними щодо ізотопного складу стронцію та неодиму у валових пробах порід кропивницького комплексу [12]: величина Nd варіює від –2 до –5, а значення $^{87}Sr/^{86}Sr$ — від 0,70631 до 0,71037, вказуючи на негомогенність вихідного матеріалу для плавлення. Очевидно, що вихідний матеріал також мав неоднорідний ізотопний склад, і, ймовірно, вік. Хоча в чинній Хроностратиграфічній схемі [7] інгуло-інгулецька серія віднесена до палеопротерозою, існують численні свідчення, що принаймні частина порід, віднe-

сених до інгуло-інгулецької серії, має мезо-неоархейський вік [1, 2, 8, 13, 15]. Про це ж свідчать і успадковані циркони віком приблизно 2,8 млрд рр., виявлені в гранітах кропивницького комплексу [11].

Висновки. 1. Граніти кропивницького комплексу сформувались у результаті ультраметаморфізму контрастної за складом товщі, в породах якої мали місце досить широкі варіації відношення Rb/Sr.

2. Плагіогнейси, що як ксеноліти трапляються серед гранітів, є реліктами порід товщі, які не були асимільовані гранітним розплавом у ході ультраметаморфізму.

Література

1. Артеменко Г.В., Шумлянский Л.В., Хоффманн А., Беккер А.Ю. Возраст пород области сноса для кварцитов родионовской свиты ингуло-ингулецкой серии (Желтянский участок Правобежного района). *Доповіді НАН України*. 2019. № 12. С. 65—74.
2. Бєлєвцев Я.М., Рудницький П.М., Сухинін О.М., Єгоров Ю.П., Олейник О.А. Про стратиграфію та структуру центральної частини Українського щита. *Геол. журн*. 1971. Т. 31, № 1. С. 114—128.
3. Гранитоидные формации Украинского щита. Щербаков И.Б., Есипчук К.Е., Орса В.И. и др. Киев: Наук. думка, 1984. 192 с.
4. Гранитоиды Украинского щита петрохимия, геохимия, рудоносность / К.Е.Есипчук., В.И Орса, И.Б.Щербаков и др. Киев: Наук. думка, 1993. 231 с.
5. Довбуш Т.І., Скобелєв В.М., Степанюк Л.М. Методичні рекомендації з уран-свинцевого, рубідій-стронцієвого та самарій-неодимового ізотопного датування геологічних об'єктів при ГРР. Методичні рекомендації. Київ: УкрДГРІ, 2008. 77 с.
6. Коновал Н.М. Петрологія гранітоїдів кіровоградського та новоукраїнського комплексів (центральна частина Українського щита): автореф. дис. ... канд. геол. наук: 04.00.08. Київ, 2012. 20 с.
7. Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита (пояснювальна записка). Єсипчук К.Ю., Бобров О.Б., Степанюк Л.М., Щербак М.П., Глеваський Є.Б., Скобелєв В.М., Дранник А.С., Гейченко М.В. Київ: УкрДГРІ, 2004. 30 с.
8. Пономаренко О.М., Лісна І.М., Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В., Мінєєва В.М., Заяць О.В., Сьомка Л.В., Гулько В.В., Коваленко О.О. До питання про вік чарнокітоїдів ташлицького комплексу (Інгульський мегаблок Українського щита). *Мінерал. журн*. 2021. Т. 43, № 3. С. 73—84. https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.03.073
9. Свешников К.И., Гасанов Ю.М., Гожик А.П., Соловьев И.В., Санин Е.В., Толстой М.И. Объемы и возрастная последовательность гранитоидных формаций южной части Ингуло-Ингулецкого района. *Геол. журн*. 1991. № 1. С. 84—92.
10. Стратиграфические схемы фанерозоя и докембрия Украины. Отв. ред. Д.Ф. Володин. Киев. 1993. 60 с.
11. Шумлянський Л.В., Петренко О.В. Палеопротерозойський гранітоїдний магматизм Інгульського району Українського щита. *Геолого-мінералогічний вісник Криворізького національного університету*. 2015. № 1 (33). С. 80—87.
12. Шумлянський Л.В. Мантійне джерело флюїдів урановосних Na-метасоматитів Центральноукраїнської уранової провінції, за даними щодо ізотопного складу Pb, Sr та Nd. *Геохімія та рудоутворення*. 2022. 43. С. 20—30. https://doi.org/10.15407/gof.2022.43.020
13. Щербак Д.Н., Пономаренко А.Н., Макаренко И.Д. Геохронология гранитоидов Ингуло-Ингулецкого мегаблока Украинского щита. *Геохимия и рудообразование*. 1995. Вып. 21. С. 74—88.
14. Щербаков И.Б. Петрология Украинского щита. Львов: ЗУКЦ, 2005. 366 с.
15. Яценко Г.М. Нижний докембрий центральной части Украинского щита. Львов: Вища школа, 1980. 139 с.
16. Cuney M., Emetz O., Mercadier J., Mykchaylov V., Shunko V., Yuslenko A. Uranium deposits associated with Na-metasomatism from central Ukraine: A review of some of the major deposits and genetic constraints. *Ore Geology Reviews*. 2012. 44. P. 82–106. https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2011.09.007
17. Gündüz M., Asan K. PetroGram: An Excel-based petrology program for modeling of magmatic processes. *Geoscience Frontiers*. 2021. 12(1). P. 81—92.
18. Irvine, T.N., Baragar, W.R.A. A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. *Canadian Journal of Earth Science*. 1971. **8**. P. 523—548.
19. Maniar, P.D. and Piccoli, P.M. Tectonic Discrimination of Granitoids. *Geological Society of America Bulletin*, 1989, 101, P. 635—643.
20. Frost B.R., Frost C.D. A geochemical classification for feldspathic igneous rocks. *Journal of Petrology*. 49. 1955–1969. https://doi.org/10.1093/petrology/egn054
21. Pearce, J.A., Harris, N.B.W., Tindle, A.G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*. 1984. 25. P. 956–983. https://doi.org/10.1093/petrology/25.4.956
22. Whalen, J.B., Currie, K.L., Chappell, B.W. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contrib Mineral Petrol*. 1987. 95. P. 407–419. https://doi.org/10.1007/BF00402202

Надійшла 14.04.2025

References

1. Artemenko, G.V., Shumlyanskyi, L.V., Hoffmann, A., Becker, A.Yu. (2019). The age of the rocks of the landslide region for the quartzites of the Rodionovskoye formation of the Ingul-Ingulets series (Zheltyansky utchastok of Pravobezhny district). Reports of the National Academy of Sciences. No. 12, pp. 65-74 [in Ukrainian].
2. Belevtsev, Ya.M., Rudnytskyi, P.M., Sukhynin, O.M., Egorov, Yu.P., Oleynyk, O.A. (1971). On the stratigraphy and structure of the central part of the Ukrainian shield. *Geol. journ.* **31**, No. 1. pp. 114-128 [in Russian].
3. Granitoid formations of the Ukrainian shield. Shcherbakov, I.B., Esypchuk, K.E., Orsa, V.Y. et al. (1984). Kyiv: Nauk. dumka. 192 p. [in Russian].
4. Granitoids of the Ukrainian shield, petrochemistry, geochemistry, ore bearing (1993). K.E. Esypchuk., V. Orsa, I.B. Shcherbakov et al. Kyiv: Nauk. dumka. 231 p. [in Russian].
5. Dovbush, T.I., Skobelev, V.M., Stepaniuk, L.M. (2008). Methodological recommendations for uranium-lead, rubidium-strontium and samarium-neodymium isotope dating of geological objects during geological exploration" Methodological recommendations. Kyiv.: UkrDGRI. 77 p. [in Ukrainian].
6. Konoval, N.M. (2012). Petrology of granitoids of the Kirovograd and Novoukrainsk complexes (central part of the Ukrainian shield): author's abstract of dissertation ... candidate of geological sciences: 04.00.08. Kyiv. 20 p. [in Ukrainian].
7. Yesypchuk, K.Yu., Bobrov, O.B., Stepaniuk, L.M., Shcherbak, M.P., Hlevasky, E.B., Skobelev, V.M., Drannyk, A.S, Geychenko, M.V. (2004). Correlation chronostratigraphic scheme of the early Precambrian of the Ukrainian shield (explanatory note). Kyiv: UkrDGRI. 30 p. [in Ukrainian].
8. Ponomarenko, O.M., Lisna, I.M., Stepanyuk, L.M., Shumlyansky, L.V., Mineeva, V.M., Zayats, O.V., Syomka. L.V., Gulko, V.V., Kovalenko, O.O. (2021). On the age of charnockiteoids of the Tashlyk complex (Ingul megablock of the Ukrainian shield). *Mineral. Journal.* **43**. No. 3. pp. 73-84. https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.03.073 [in Ukrainian].
9. Sveshnikov, K.I., Hasanov, Yu.M., Gozhik, A.P., Solovyov, I.V., Sanyn, E.V., Tolstoy, M.I (1991). Volumes and age sequence of granitoid formations of the southern part of the Ingulo-Inguletsky district. *Geol. Journal.* No. 1. pp. 84-92. [in Russian].
10. Volodin, D.F. (Ed.) (1993). Stratigraphic schemes of the Phanerozoic and Precambrian of Ukraine. Kyiv. 60 p. [in Russian].
11. Shumlyansky, L.V., Petrenko, O.V. (2015). Paleoproterozoic granitoid magmatism of the Ingul region of the Ukrainian shield. *Geological and mineralogical bulletin of the Kryvyi Rih National University*. No. 1 (33), pp. 80-87 [in Ukrainian].
12. Shumlyansky, L.V. (2022). Mantle source of fluids of uranium-bearing Na-metasomatites of the Central Ukrainian uranium province, according to data on the isotopic composition of Pb, Sr and Nd. *Geochemistry and Ore Formation*. **43**, P. 20-30. https://doi.org/10.15407/gof.2022.43.020 [in Ukrainian].
13. Shcherbak, D.N., Ponomarenko, A.N., Makarenko, I.D. (1995). Geochronology of granitoids of the Ingulo-Ingulet megablock of the Ukrainian shield. Geochemistry and ore formation. Iss. 21. pp. 74-88. [in Russian].
14. Shcherbakov, I.B. (2005). Petrology of the Ukrainian shield. Lviv: ZUKTS. 366 p.
15. Yatsenko, H.M. (1980). Lower Precambrian of the central part of the Ukrainian shield. Lviv: Higher School. 139 p. [in Russian].
16. Cuney, M., Emetz, O., Mercadier, J., Mykchaylov, V., Shunko, V., Yuslenko, A. (2012). Uranium deposits associated with Na-metasomatism from central Ukraine: A review of some of the major deposits and genetic constraints Ore Geology Reviews. **44**. pp. 82–106 https://doi:10.1016/j.oregeorev.2011.09.007
17. Gündüz, M., Asan, K. (2021). PetroGram: An Excel-based petrology program for modeling of magmatic processes. Geoscience Frontiers. 12(1). pp. 81-92.
18. Irvine, T.N., Baragar, W.R.A. (1971). A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. *Canadian Journal of Earth Science*. **8**. pp. 523-548.
19. Maniar, P.D. and Piccoli, P.M. (1989). Tectonic Discrimination of Granitoids. Geological Society of America Bulletin. **101**, pp. 635-643.
20. Frost, B.R., Frost, C.D. (1955–1969). A geochemical classification for feldspathic igneous rocks. *Journal of Petrology*. **49**. https://doi.org/10.1093/petrology/egn054
21. Pearce, J.A., Harris, N.B.W., Tindle, A.G. (1984). Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology.* **25**. pp. 956–983, https://doi.org/10.1093/petrology/25.4.956
22. Whalen, J.B., Currie, K.L., Chappell, B.W. (1987). A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contrib Mineral.* **95**. pp. 407–419 https://doi.org/10.1007/BF00402202

Received 14.04.2025

O.B. Vysotsky [1], https://orcid.org/0000-0002-3542-4685

L.M. Stepaniuk [1], stepaniuk@nas.gov.ua, https://orcid.org/0000-0001-5591-5169

L.V. Shumlyanskyy [1–3], https://orcid.org/0000-0002-6775-4419

O.V. Kovtun [1], https://orcid.org/0000-0003-0475-8778

I.M. Kotvitska [1], https://orcid.org/0000-0002-2593-3953

[1] M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine, 34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142

[2] Institute of Geological Sciences, Polish Academy of Sciences, Research Centre in Kraków, Senacka 1, PL-31002 Kraków, Poland

[3] Curtin University, School of Earth and Planetary Sciences, Perth, Australia

PETROGENESIS GRANITES OF THE KROPYVNYTSKY COMPLEX

The Kropyvnytskyi (Kirovohrad) complex was separated, as an independent one, from the Kirovohrad-Zhytomyr complex in the 1993 Scheme of the National Geographic Society of Ukraine. The complex includes syenites, quartz syenites; biotite granites and migmatites, amphibole-biotite porphyry-like; two-mica granites and migmatites; banded and shadowy biotite migmatites; aplite-pegmatoid granites, pegmatites, which, in addition to a number of large massifs (Kropyvnytskyi-Bobrynetskyi, Chyhyrynskyi, Voznesenskyi, Dolynskyi, etc.), form small massifs and bodies with indistinct contacts, oriented according to the rocks that contain them. The chemical composition (petrogenic oxides and rare and scattered elements) of granites and plagiogneiss xenoliths of the Kropyvnytskyi massif and granites and plagiogneiss xenoliths exposed by the Lozuvatskyi quarry was determined by ICP-MS, as well as the isotopic composition of strontium ($^{87}Sr/^{86}Sr$) in accessory apatites. Based on the results of the analysis of the distribution of petrogenic, minor elements and the primary isotopic ratio $^{87}Sr/^{86}Sr$ in accessory apatites, it was assumed that the granites of the Kropyvnytskyi complex were formed as a result of ultrametamorphism of a contrasting compositional sequence, in the rocks of which there were quite wide variations in the Rb/Sr ratio. Plagiogneiss, which occur as xenoliths among granites, are relics of rocks of the sequence that were not assimilated by the granite melt during ultrametamorphism.

Keywords: *Kropyvnytskyi complex, granites, plagiogneisses, isotopic ratio $^{87}Sr/^{86}Sr$, Ukrainian Shield.*