

УДК 552.321 (477.65)

Шумлянський Л.В., Петренко О.В.

ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСЬКИЙ ГРАНІТОЇДНИЙ МАГМАТИЗМ ІНГУЛЬСЬКОГО РАЙОНУ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

Розглянуті геологічне положення, ізотопний вік, геохімічні та ізотопно-геохімічні особливості порід кіровоградського та новоукраїнського комплексів. Зроблені висновки про склад та походження вихідних розплавів.

Вступ. Інгульський район Українського щита є ділянкою, переважно, палеопротерозойської земної кори континентального типу, розташованою між Дністерсько-Бузьким і Середньопридніпровським архейськими кратонами. Інгульський район вирізняється складною тектонічною будовою ([9] та посилання цієї публікації). Його центральну (осьову) частину займають палеопротерозойські інтрузивні масиви – Корсунь-Новомиргородський анортозит-рапаківігранітний віком 1757-1740 млн. р. та Новоукраїнський, вік якого становить 2038-2028 млн. р. Разом із численними дайками основного та ультраосновного складу [10] та метасоматитами [8] ці породні комплекси належать до наймолодших геологічних утворень кристалічного фундаменту району.

Всі названі інтрузивні утворення мають переміщений (алохтонний) характер, формувались після завершення головних орогенних процесів у районі і, отже, є посторогенними. Породні комплекси, давніші за Новоукраїнський масив, мають явні ознаки деформацій та, зазвичай, регіонального метаморфізму. Для більшої частини Інгульського району домінуючими серед них є гранітоїди кіровоградського комплексу та метаморфічні породи інгуло-інгулецької серії. Типові гранітоїди кіровоградського комплексу формувались близько 2060 млн. р. тому і, вочевидь, належать до непереміщених (автохтонних) магматичних

утворень, які часто мають «поступові» контакти з породами інгуло-інгулецької серії. Втім, деякі з гранітоїдів, які відносять до кіровоградського комплексу, виявляються молодшими за породи новоукраїнського масиву [7, 11]. Вік формування супракрустальних порід інгуло-інгулецької серії достеменно не визначений [3]. Автори роботи [10] вказували на те, що в межах Інгульського району перехід від орогенного до посторогенного режимів розвитку відбувся дуже швидко. Проте, наявні геохронологічні дані вказують на співіснування «орогенних» та «посторогенних» гранітоїдів.

Метою роботи було дослідження геохронологічних, геохімічних та ізотопно-геохімічних особливостей порід кіровоградського та новоукраїнського комплексів задля встановлення їх походження та їх можливого зв'язку з орогенними процесами.

Геологічне положення. Гранітоїди кіровоградського комплексу утворюють у межах Інгульського району серію тіл, які часто мають поступові контакти з мігматитами та гнейсами інгуло-інгулецької серії. Загальна орієнтація контактів гранітоїдних масивів відповідає гнейсуватості порід, з якими вони межують. Ксеноліти порід, які присутні в гранітоїдах, зазвичай, мають згідне з директивністю гранітів простягання і поступові контакти [9]. Ці факти вказують на непереміщений характер

порід комплексу та на їх утворення завдяки анатексису вміщуючих гнейсів.

До кіровоградського комплексу належать два головних різновиди гранітів: (1) сірі та рожево-сірі порфірові біотитові, гранат-біотитові та роговообманко-біотитові граніти так званого «кіровоградського типу», та (2) рівномірнозернисті граніти того ж складу, які мають поступові контакти з порфіровими гранітами. До жильної фації кіровоградського комплексу належать апліти й апліт-пегматоїдні граніти.

Новоукраїнський масив являє собою поліфазовий плутон, займає площу близько 3500 км² у центральній частині Інгульського району. Він має овальну в плані форму, витягнутий з півночі на південь на 75 км, а з заходу на схід – на 63 км. Західний контакт Новоукраїнського масиву обмежений гнейсами, мігматитами кам'яно-костовацької та рошаківської світ, зі сходу – гранітоїдами Кіровоградського масиву, на півдні масив оконтурений Компаніївською підскидовою зоною, складеною гнейсами спасівської світи, а на півночі – гранітоїдами Корсунь-Новомиргородського аноксид-рапаківігранітного плутону. Автори робіт [2, 4] вказували на поступові контакти між новоукраїнськими та кіровоградськими гранітами, тоді як інші автори зазначають чіткі інтрузивні контакти порід Новоукраїнського масиву як з кіровоградськими гранітами, так і з мігматитами та гнейсами [9].

Формування масиву відбувалось впродовж чотирьох фаз [1, 9]. Породи першої фази належать до габро-монцонітової асоціації; друга фаза включає сублужні піроксенові гранітоїди, серед яких виділяються кварцові монцоніти, адамеліти, кварцові сієніти та граніти. Взаємовідносини між піроксеновими гранітоїдами та породами габро-монцонітової асоціації неоднозначні: поряд із поступовими переходами нерідко спостерігаються й різкі контакти. Гранітоїди третьої інтрузивної фази займають до 80% площі масиву на сучасному ерозійному зрізі. До них належать піроксен-вмісні і гранат-біотитові трахітоїдні граніти. Четверта фаза охоплює аплітоїдні граніти нормального ряду. Таким чином, спостерігається еволюція

від більш основних порід (габроїдів) ранніх фаз вкорінення до гранітів пізніх фаз.

За геофізичними даними, Новоукраїнський масив являє собою перекинута конус з горизонтальним розшаруванням до глибини 15 км [9]. В якості ксенолітів у породах масиву спостерігалися вапняно-силікатні кристалосланці, біотит-гранатові плагіогрануліти, графіт-гіперстен-кордієритові та біотит-гіперстенів гнейси, що, за [9] вказує на походження гранітів за рахунок матеріалу «верхньої» гранулітової фації. На відміну від порід кіровоградського комплексу, ксеноліти в породах Новоукраїнського масиву завжди мають чіткі різкі обриси і хаотичну орієнтацію.

Ізотопний вік порід кіровоградського комплексу та Новоукраїнського масиву досліджувався авторами робіт [5-7, 11], результати наведені в табл. 1. Нами було виконано ізотопне датування цирконів, виділених з двох проб гранітів, відібраних у кар'єрі в с. Суботці, та однієї проби граніту, відібраної в кар'єрі «Ергран», м. Кіровоград. Перша проба, відібрана в кар'єрі в с. Суботці (NU-13), репрезентує сірий дрібнокристалічний граніт, тоді як друга проба (NU-14) – рожевий дрібнокристалічний граніт; проба граніту з кар'єру «Ергран» представляє типовий середньо-крупнокристалічний рожево-сірий граніт кіровоградського типу.

Циркони проби NU-13 напівпрозорі, буруваті, діпірамідально-призматичні, розміром до 0,05×0,2 мм. Кристали проявляють чітку зональність, помітну як при оптичних, так і при катодолюмінесцентних дослідженнях. Оптична зональність проявлена наявністю тонких безбарвних або буруватих облямівок, що оточують крупні ядра, зазвичай, темніші, ніж оболонки. Катодолюмінесцентні дослідження також дозволяють виявити ядра, часто зональні, оточені більш темними незональними оболонками.

Циркони проби NU-14 світліші, буруваті до безбарвних, також зональні як на оптичних, так і на катодолюмінесцентних зображеннях. Кристали діпірамідально-призматичного габітусу, зазвичай, видовжені, розміром до 0,2 мм.

Нарешті, кристали циркону проби NU-15 напівпрозорі до непрозорих, зеленуваті, призматичні до видовжено-призматичних (тичку-

ватих), з погано сформованими заокругленими верхівками. Окремі кристали циркону містять численні дрібні чорні вclusions. За характе-

ром оптичної та катодолюмінесцентної зональності, циркони цієї проби відповідають таким пробам NU-13 та NU-14.

Таблиця 1.

Результати визначення віку порід кіровоградського комплексу та Новоукраїнського масиву

Проби	Гірські породи	Місце відбору	Вік, млн. років	Автори
Кіровоградський комплекс				
740	граніт гранат-біотитовий трахітовий	Бобринецький масив, Бобринецький кар'єр	2025±16	[11]*
757	граніт біотитовий сірий крупнозернистий порфіроподібний	Долинський масив	2065±24	[11]*
	граніт біотитовий порфіроподібний	Долинський масив, кар'єр с. Марфівка	2021,9±1,5 (монацит)	[7]
ЛС-1/11, ЛС-2/11	гранодіорит порфіробластичний та граніт апліт-пегматоїдний	Лисогірський масив**	2030,2±0,8 (монацит)	[6]
ЛС-3/11	граніт апліт-пегматоїдний	Лисогірський масив**	2028,8±3,3 (монацит)	[6]
	граніт гранат-біотитовий	кар'єр с. Смолине	2038,7±0,7 (монацит)	[7]
	граніт гранат-біотитовий порфіроподібний	Вознесенський масив, кар'єр с. Трикрати	2034±6,6 (монацит)	[7]
NU-13	граніт сірий	кар'єр с. Суботці	2062±11	ця робота
NU-14	граніт рожевий	там же	2056±11	ця робота
Новоукраїнський масив				
К-4	граніт пегматоїдний	Капустянський кар'єр	2038,5±6	[11]
К-2	граніт сублужний гранат-гіперстен-біотитовий порфіроподібний	там же	2034,8±0,6 (монацит)	[5]
К-1	граніт крупнозернистий трахітоїдний	там же	2027,9±7,9	[11]*
557	граніт крупнозернистий трахітоїдний	там же	2029,5±6,3	[11]*
Пл-4	монцогабро	лівий берег р. Плетений Ташлик, нижче греблі водосховища	2037,4±0,6	[5]
НА-1	сієніт кварцовий	Новоолександрівський кар'єр	2034,8±0,6	[5]
А-5	граніт гранат-біотитовий трахітоїдний	кар'єр Адабаш, с. Воїнівка	2036,7±0,8 (монацит)	[5]

* – вік, перерахований нами згідно з даними, наведеними в роботі [11].

** – належність Лисогірського масиву до кіровоградського комплексу не встановлена.

Циркони всіх трьох проб датувались методом LA-ICP-MS. Всі продатовані 4 кристали проби NU-13 дали субконкордантні результати: три точки мають вік 2062±11 млн. р., тоді як одна точка (ядро одного з кристалів) дала конкордантний вік 2787±24 млн. р. Оболонка цього кристалу має вік близько 2060 млн. р.

Були також продатовані 4 кристали циркону проби NU-14, які дали конкордантні та субконкордантні результати з віком 2056±11 млн. р.

Нарешті, були продатовані 5 точок, дві з яких являють собою ядерну (2717±18 млн. р.)

та крайову (2267±20 млн. р.) частини зонального кристалу проби NU-15. Більшість з отриманих результатів по цій пробі різко дискордантні, і варіюють за $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ віком від 2077±42 до 2717±18 млн. р., що не дозволяє визначити вік кристалізації цієї породи.

Згідно з даними U-Pb ізотопних датувань, виконаних упродовж останніх років (табл. 1), гранітоїди кіровоградського комплексу кристалізувались у віковому інтервалі 2065-2022 млн. р., тоді як вік порід Новоукраїнського масиву становить 2038-2028 млн. р.

Палеопротерозойський гранітоїдний магматизм Інгульського району Українського щита

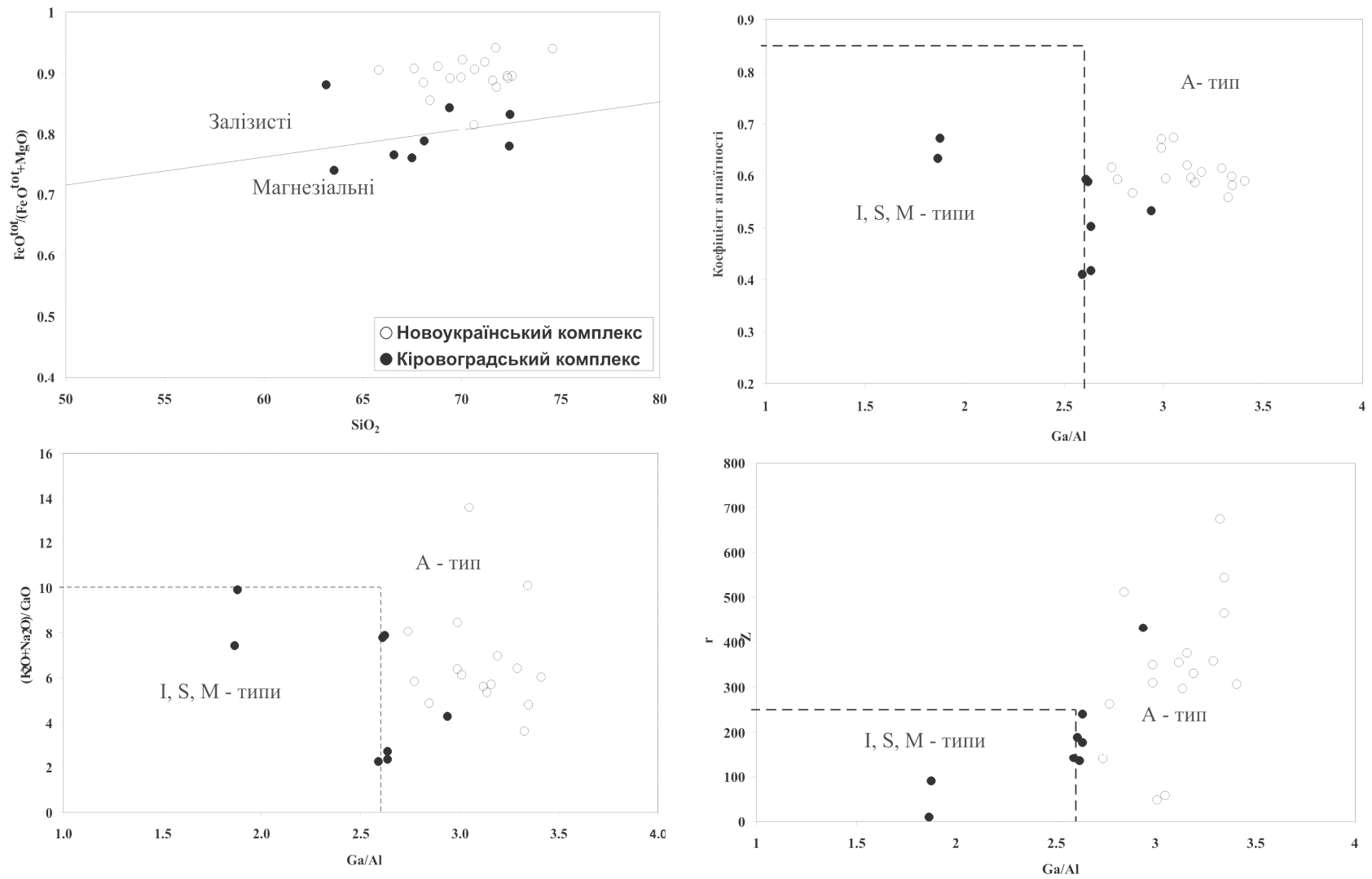


Рис. 1. Класифікаційні діаграми для порід кіровоградського та новоукраїнського комплексів.

Геохімічні особливості. За вмістом головних петрогенних компонентів гранітоїди кіровоградського та новоукраїнського комплексів мало відрізняються. Головною відмінністю між ними є більш висока залізистість $[FeO/(FeO+MgO)]$ гранітоїдів Новоукраїнського масиву, яка дозволяє чітко класифікувати їх як залізисті гранітоїди А-типу [12]. На відміну від них, поле фігуративних точок складу гранітів кіровоградського комплексу розташоване поблизу поля магнезіальних гранітоїдів. Згідно ж з класифікаційними діаграмами, запропонованими [13], гранітоїди Новоукраїнського масиву потрапляють до поля гранітів А-типу, тоді як граніти кіровоградського ком-

плексу класифікуються як породи S-типу (рис. 1).

Ізотопний склад стронцію та неодиму був визначений нами для матеріалу 4 проб порід кіровоградського комплексу та 6 проб порід Новоукраїнського масиву. Ізотопний склад обох елементів, перерахований на час кристалізації (2060 млн. р. для порід кіровоградського комплексу та 2040 млн. р. для порід Новоукраїнського масиву) характеризується значними варіаціями: $^{87}Sr/^{86}Sr = 0,70631-0,71037$ та $0,70079-0,71008$, $\epsilon Nd = -6,4...0,1$ та $-0,2...2,6$ для порід кіровоградського комплексу і Новоукраїнського масиву, відповідно (рис. 2).

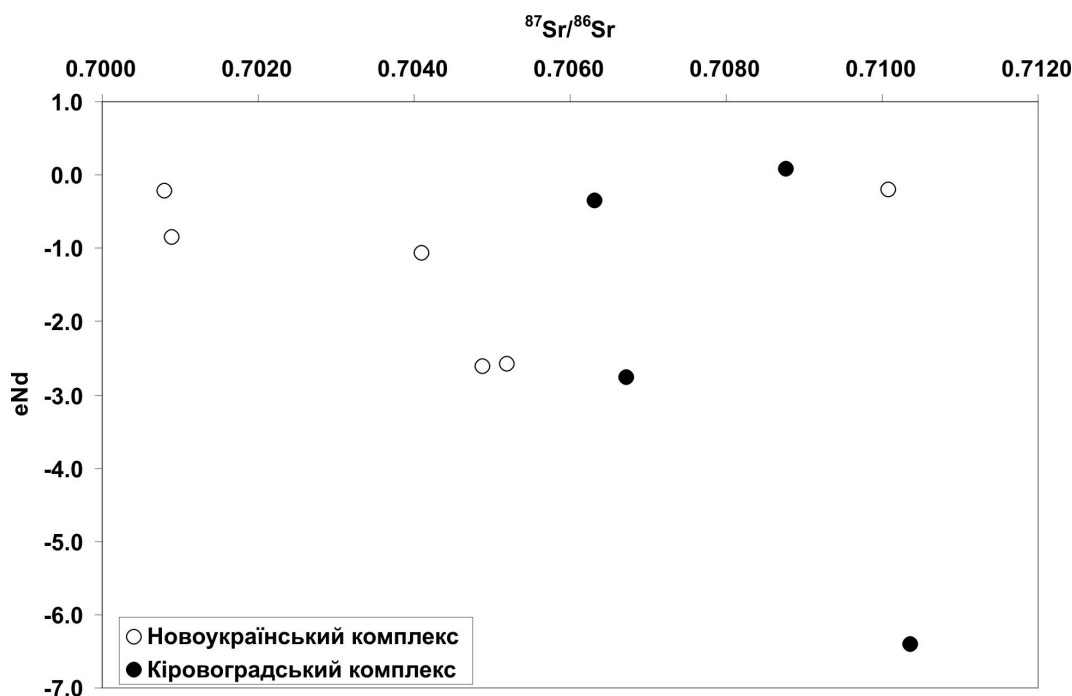


Рис. 2. Варіації ізотопного складу стронцію та неодиму в породах кіровоградського та новоукраїнського комплексів.

Очевидно, що ізотопний склад обох елементів значною мірою перекривається, що свідчить про вірогідне походження вихідних розплавів обох комплексів завдяки плавленню єдиного корового джерела.

Обговорення та висновки. Породи кіровоградського та новоукраїнського комплексів

чітко розрізняються за своїм геологічним положенням: перші є автохтонними (або ж параавтохтонними) утвореннями, що виникли, вірогідно, завдяки парціальному плавленню супракрystalних порід, ксеноліти яких вони місять у значній кількості, тоді як другі складають типові алохтонні масиви.

Граніти обох комплексів чітко відрізняються за багатьма ознаками: породними асоціаціями, мінеральним складом, співвідношенням з породами, що їх вміщують, набором ксенолітів та співвідношеннями з ними. Немає жодних причин відносити їх до одного комплексу, як пропонувалося деякими дослідниками [5]. Втім, згідно з результатами геохронологічних досліджень, породні асоціації обох комплексів формувались практично одночасно. На думку І.Б.Щербакова [9], вихідні розплави Новоукраїнського масиву утворювались завдяки плавленню порід гранулітової фації, тоді як вихідні розплави кіровоградського комплексу – завдяки плавленню більш молодих і менш глибинних порід амфіболітової фації. Отримані нами дані щодо ізотопного складу стронцію та не одимому в породах обох комплексів вказують на відсутність принципової відмінності в ізотопному складі їх джерел. Породи різної глибини (і, відповідно, різного ступеню метаморфізму) можуть мати однакові вихідні ізотопні характеристики, якщо вони походять з одного джерела і утворились одночасно. Доволі низьке значення величини ϵNd_{2060} (-6,4) матеріалу однієї з проб порід кіровоградського комплексу свідчить про можливість деякої домішки архейського матеріалу у складі джерела. Про таку ж домішку свідчить і наявність успадкованих цирконів з віком 2700-2800 млн. р., виявлених нами в матеріалі проб гранітів кіровоградського комплексу. Але на загал, вихідні розплави кіровоградського та новоукраїнського комплексів утворювались за рахунок плавлення корового джерела палеопротерозойського віку.

Граніти кіровоградського й новоукраїнського комплексів чітко розрізняються за геохімічними характеристиками, а також за відносною залізистістю. На більшості класифікаційних діаграм гранітоїди Новоукраїнського масиву потрапляють до поля гранітів А-типу (анорогенних), тоді як граніти кіровоградського комплексу класифікуються або як граніти S-типу, або потрапляють на дискримінаційні криві між гранітами А- та S-типів. Отже, згідно із їх геологічним положенням та геохімічними особливостями, породи кіровоградського і новоукраїнського комплексів, незважаючи на

близькість їх ізотопного віку, формувались у різних тектонічних умовах (орогенних – породи кіровоградського комплексу, та посторогенних – новоукраїнського комплексу). Вихідні розплави утворювались, вірогідно, на різних рівнях земної кори (середня кора – для порід кіровоградського комплексу, та нижня – для новоукраїнського), але походження джерела в обох випадках було однаковим.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Есипчук К.Е., Шеремет Е.М., Зинченко О.В. и др.** *Петрология, геохимия и рудоносность интрузивных гранитоидов Украинского щита* // Киев: Наукова думка, 1990.– 236 с.
2. **Кононов Ю.В.** *Трахітоїдні граніти і монзоніти м. Новоукраїнки / Стратиграфія УРСР в 11 томах. Т. 1. Докембрії* // Київ: Наукова думка, 1972.– С. 250-252.
3. **Пономаренко А.Н., Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В.** *Геохронологія і геодинаміка палеопротерозоя Українського щита* // *Мінералогічний журнал.* – 2014.– №2.– С. 48-60.
4. **Сवेशников К.И., Гасанов Ю.Л., Гожик А.П. и др.** *Объемы и возрастная последовательность гранитоидных формаций южной части Ингуло-Ингулецкого района* // *Геологический журнал.* – 1991.– №1.– С. 84-92.
5. **Степанюк Л.М., Андрієнко О.М., Довбуш Т.І., Бондаренко В.К.** *Вік формування порід Новоукраїнського масиву* // *Мінералогічний журнал.* – 2005.– № 1.– С. 44-50.
6. **Степанюк Л.М., Довбуш Т.І., Бондаренко С.М. та ін.** *Уран-свинцева геохронологія порід калій-уранової формації Інгульського мегаблоку Українського щита* // *Мінералогічний журнал.* – 2012.– №3.– С. 55-63.
7. **Шестопалова Е.Е., Степанюк Л.М., Довбуш Т.И. и др.** *Палеопротерозойский гранитоидный магматизм Ингульского мегаблока УЩ / Гранитоиды: условия формирования и рудоносность. Труды научной конференции* // Киев: Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П.Семеновко, 2013.– С. 152-154.
8. **Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М. и др.** *Геохронологія раннього докембрія Українського щита. Протерозой* // Киев: Наукова думка, 2008.– 240 с.

9. Щербаков И.Б. Петрология Украинского щита // Львов: ЗУКЦ, 2005.– 366 с.

10. Bogdanova S.V., Gintov O.B., Kurlovich D., et al. Late Palaeoproterozoic mafic dyking in the Ukrainian Shield (Volgo-Sarmatia) caused by rotations during the assembly of supercontinent Columbia // *Lithos.*– 2013.– 174.– P. 196-216.

11. Cuney M., Scherbak M.P., Emetz A.V., et al. Petrological and geochronological peculiarities of Novoukrainka massif rocks and age prob-

lem of uranium mineralization of the Kirovograd megablock of the Ukrainian Shield // *Мінералогічний журнал.*– 2008.– №2.– С. 5-16.

12. Frost B.R., Barnes C.G., Collins W.J., et al. A geochemical classification of granitic rocks // *J. Petrology.*– 2001.– V. 42.– P. 2033-2048.

13. Whalen J.B., Currie K.L., Chappell B.W. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis // *Contrib. Mineral. Petrol.*– 1987.– V. 95.– P. 407-419.

ШУМЛЯНСЬКИЙ Л.В., ПЕТРЕНКО О.В. Палеопротерозойський гранітоїдний магматизм Інгульського району Українського щита.

Резюме. За результатами вивчення геологічної позиції, ізотопного віку, геохімічних, ізотопно-геохімічних особливостей гірських порід кіровоградського та новоукраїнського комплексів, зроблений висновок, що перші є автохтонними (або параавтохтонними) утвореннями, які виникли внаслідок парціального плавлення супракрустальних порід, ксеноліти яких вони містять у значній кількості; другі складають типові алохтонні масиви. Згідно з результатами геохронологічних досліджень, породні асоціації обох комплексів формувались практично одночасно. Дані щодо ізотопного складу стронцію та неодиму в породах обох комплексів вказують на відсутність принципової відмінності в ізотопному складі їх джерел: вони утворились за рахунок плавлення корового джерела палеопротерозойського віку. На більшості класифікаційних діаграм фігуративні точки гранітоїдів Новоукраїнського масиву потрапляють до поля гранітів А-типу (анорогенних), тоді як граніти кіровоградського комплексу класифікуються або як граніти S-типу, або точки їх складу потрапляють на дискримінаційні криві між гранітами А- та S-типів. Вихідні розплави формувались, вірогідно, на різних рівнях земної кори: середня кора – для порід кіровоградського комплексу, нижня – для новоукраїнського; походження джерела в обох випадках було однаковим.

Ключові слова: Український щит, Кіровоградський мегаблок, граніти, генезис гранітів, геохімія ізотопів, геохронологія.

ШУМЛЯНСКИЙ Л.В., ПЕТРЕНКО О.В. Палеопротерозойский гранитоидный магматизм Ингульского района Украинского щита.

Резюме. По результатам изучения геологической позиции, изотопного возраста, геохимических, изотопно-геохимических особенностей горных пород кировоградского и новоукраинского комплексов, сделан вывод, что первые являются автохтонными (или параавтохтонными) образованиями, возникшими вследствие парциального плавления супракрустальных пород, ксенолиты которых они содержат в значительном количестве; другие слагают типичные алохтонные массивы. Согласно результатам геохронологических исследований, породные ассоциации обоих комплексов формировались практически одновременно. Данные об изотопном составе стронция и неодима в породах обоих комплексов указывают на отсутствие принципиального различия в изотопном составе их источников: они образовались за счет плавления корового источника палеопротерозойского возраста. На большинстве классификационных диаграмм фигуративные точки гранитоидов Новоукраинского массива попадают в поле гранитов А-типа (анорогенных), тогда как граниты кировоградского комплекса классифицируются или как граниты S-типа, или точки их состава попадают на дискриминационные кривые между гранита-

ми А- и S-типов. Исходные расплавы формировались, вероятно, на разных уровнях земной коры: средняя кора – для пород кировоградского комплекса, нижняя – для новоукраинского; происхождение источников в обоих случаях было одинаковым.

Ключевые слова: Украинский щит, Кировоградский мегаблок, граниты, генезис гранитов, геохимия изотопов, геохронология.

SHUMLYANSKYI L.V., PETRENKO O.V. Palaeoproterozoic granitoid magmatism of the Ingul terrain, Ukrainian Shield.

Summary. After the results of studying geological setting, isotope age, geochemical, and isotopic-geochemical peculiarities of the rocks that constitute Kirovograd and Novoukrainka Complexes, the conclusion has been made about the fact that the former are autochthonous (or paraautochthonous) formations resulted from partial melting of supracrustal rocks and contain a big amount of their xenolithes; the latter form typical allochthonous massifs. According to geochronological data, rock associations of both Complexes were formed simultaneously. Data on Sr and Nd isotope compositions in rocks of both Complexes indicate similarity of isotope compositions of their sources: initial melts in both cases occurred due to melting of the Palaeoproterozoic crustal source. On most of the classification plots imaging points of granitoids of the Novoukrainka massif fall into the field of the A-type (anorogenic) granites whereas granites of the Kirovograd Complex can be either classified as granites of S-type or their imaging points fall onto the discrimination curve between A- and S-types granite fields. Initial melts were formed at different levels of the crust: at the middle crust in the case of the Kirovograd Complex, and at the lower crust in the case of Novoukrainka Complex. However, origin of source rocks in both cases was very similar.

Key words: Ukrainian Shield, Kirovograd megablock, granites, genesis of granites, geochemistry of isotopes, geochronology.

*Надійшла до редакції 17 грудня 2014 р.
Представив до публікації проф. В.Д.Светхов.*