

<https://doi.org/10.15407/mineraljournal.45.02.062>
УДК 550.4:[552.3 + 552.4] (477.46 + 477.65)

К.Є. Шнюкова, д-р геол. наук, зав. відділу
E-mail: shniukova@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-2945-9988>

Л.Л. Томурко, канд. геол.-мін. наук, старш. наук. співроб.
E-mail: tomurko_ll@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-5788-4033>

Н.М. Коновал, канд. геол. наук, наук. співроб.
E-mail: nasa246@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-5645-0110>
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03142, м. Київ, Україна, просп. Акад. Палладіна, 34

ГЕОХІМІЯ КСЕНОЛІТІВ У ГРАНІТАХ РАПАКІВІ КОРСУНЬ-НОВОМИРГОРОДСЬКОГО ПЛУТОНУ (УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ)

Рапаківі Корсунь-Новомиргородського плутону (КНП), найпізніші докембрійські граніти центральної частини Українського щита, містять як ксеноліти давніші кислі та середні породи, геохімічні особливості яких відображають ранньопротерозойську геодинамічну ситуацію. Для геохімічного вивчення у північно-західній частині КНП були відібрані граніти рапаківі, їхні диференціати та три типи ксенолітів у них, представлені плагіогнейсом, рожевим гранітом і чарнокітоїдом (мангеритом). Отримані дані зіставлено з геохімічними характеристиками аналогічних порід магматичних та метаморфічних докембрійських комплексів, які оточують КНП і могли стати джерелом ксенолітів. На підставі характеру розподілу рідкісноземельних елементів, співвідношення вмісту літофільних елементів та їх відношень у породах з урахуванням їхнього петрографічного складу встановлено, що плагіогнейс належить верхній частині інгуло-інгулецької серії, рожевий граніт — кіровоградському комплексу, а чарнокітоїд — середнім породам ташилицького комплексу. В останньому кислі чарнокітоїди (ендербіти), ймовірно, молодші за середні і формувались в іншій геодинамічній обстановці. Рожевий граніт, як і граніти кіровоградського комплексу, показує колізійні геохімічні риси, на відміну від гранітів рапаківі, що містять ці ксеноліти і мають переважно внутрішньоплитні геохімічні характеристики. Таким чином, у вигляді ксенолітів у рапаківі збереглись породи, які утворились до і під час колізії, що відбулась близько 2 млрд рр. тому і сформувала на місці Інгульського мегаблоку потовщення кори, у ході подальшого розтягування якої близько 1,75 млрд рр. тому вторгався КНП. Відсутні в ксенолітах кислі чарнокітоїди ташилицького комплексу та породи новоукраїнського комплексу утворились, імовірно, після колізії.

Ключові слова: геохімія, ксеноліти, граніти, рапаківі, Корсунь-Новомиргородський плутон, Український щит.

Цитування: Шнюкова К.Є., Томурко Л.Л., Коновал Н.М. Геохімія ксенолітів у гранітах рапаківі Корсунь-Новомиргородського плутону (Український щит). *Мінерал. журн.* 2023. 45, № 2. С. 62—82. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.45.02.062>

© Видавець ВД "Академперіодика" НАН України, 2023. Стаття опублікована на умовах відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Вступ. Корсунь-Новомиргородський плутон (КНП), як і Коростенський плутон (КП), є проявом у межах Українського щита (УЩ) анортозит-рапаківігранітних комплексів (АРГК), широко поширених у західній смузі Східноєвропейської платформи. КНП та КП — єдині великі плутони АРГК на території Сарматії, південної частини Східноєвропейського кратона. За масштабами прояву магматизму та за ступенем вивченості Корсунь-Новомиргородський плутон поступається Коростенському. Хоча останніми роками геохронологічні, мінералогічні і петрологічні дослідження КНП інтенсифікувались, однак, як і раніше, відчувається брак сучасної геохімічної інформації навіть про його головні породні складові, не кажучи вже про древніші ксеногенні утворення, що в них містяться, і близькоодносчасні виокремлені продукти власної диференціації. Щодо основних порід цю прогалину нещодавно частково заповнено [5, 9], тоді як кислі породи, попри їх переважання у складі КНП, залишаються практично невивченими в геохімічному плані, на відміну від своїх родичів у АРГК іншої частини Східноєвропейського кратона — Феноскандії. Тому **метою** цієї роботи було вивчення геохімічних особливостей самих гранітів рапаківі (і деяких їхніх диференціатів) КНП порівняно з такими КП та з'ясування, шляхом зіставлення геохімічних даних, породи яких саме магматичних і метаморфічних докембрійських комплексів, що оточують КНП, були захоплені в процесі становлення гранітних мас плутону і наявні нині у вигляді ксенолітів у рапаківі.

Стислий огляд геологічної будови. КНП вивчають уже понад 100 років, спочатку корифеї вітчизняної геології (В.С. Соболев, В.І. Лучицький, Н.І. Безбородько, Ю.Ір. Половінкіна), пізніше — відомі петрографи (Ю.В. Кононов, К.І. Свешніков, Г.А. Іванченко) та геофізики (Ю.П. Оровецький), а також геологи Черкаської експедиції. Останніми роками петрологією та геохронологією КНП займалися О.В. Митрохин, С.Г. Кривдік, О.В. Дубина, О.Є. Шестопалова та інші, отже, з цих поглядів плутон вивчений детально, тому тут коротко наводимо лише відомості, необхідні для розуміння геохімічних висновків.

КНП, розташований у північно-західній частині Інгульського мегаблоку УЩ, є палеопротерозойським складним багатофазним розшарованим інтрузивом (рис. 1). Більшу частину площі плутону (75 %) на сучасному ерозійному зрізі займають граніти рапаківі, які утворюють два рівновеликі масиви (Корсунь-Шевченківський на півночі і Шполянський на півдні). Між ними субширокою смугою простяглися дрібніші габро-анортозитові масиви (із заходу на схід: Городищенський, Носачівський і Смілянський). Такі ж габро-анортозитові масиви (Новомиргородський та Канізький) розташовані на південній околиці КНП, поблизу його контакту з Новоукраїнським масивом однойменного комплексу (див. детальний опис цих та ще дрібніших масивів КНП в [9]); цей південний контакт найменше вивчений.

У межах Інгульського мегаблоку зазвичай виділяють три великі райони: центральну осьову зону, Братський та Інгульський синклінорії (відповідно, із західної та східної сторін). Центральну осьову зону меридіонального простягання, де потужність земної кори є мінімальною, якраз і утворюють два великі плутони, що зчленовуються: КНП на півночі і Новоукраїнський масив на півдні. У прилеглій із південного заходу до району КНП Голованівській шовній зоні, яка вже належить до Дністровсько-Бузького мегаблоку, навпаки, фіксується потовщення кори. Таким чином, у південно-західній частині району КНП сходяться три мегаблоки УЩ: Інгульський, Росинсько-Тікицький і Дністровсько-Бузький. Характер взаємин на межах блоків з позиції тектоніки плит та роль шовних зон є предметами давніх дискусій.

Загалом традиційно вважається, що вмісними для КНП породами слугують гнейси інгуло-інгулецької серії та граніти кіровоградського комплексу — саме їх найчастіше вказують як ксеноліти в рапаківі. Відомі навіть великі останці кіровоградських гранітів, морфологію яких описано в [11]. Згадуються також ксеноліти чарнокітоїдів — припускалось, що гайворонського комплексу [22].

Вік рапаківі КНП, визначений за цирконом U-Pb методом, стійко варіює навколо 1,75 млрд рр. [20] (останнє визначення дало цифру 1748 млн рр. [19]), а кіровоградських

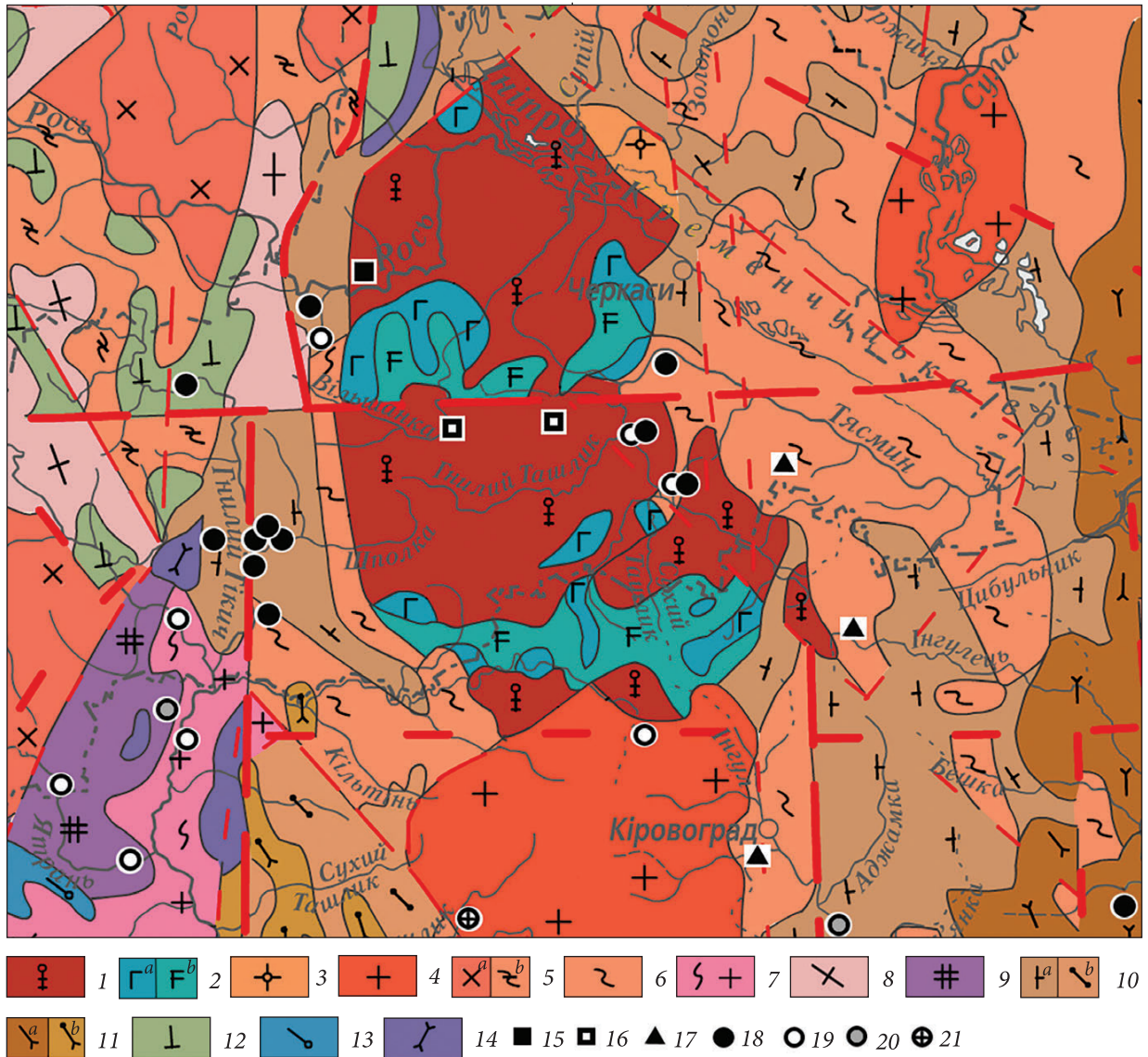


Рис. 1. Фрагмент геологічної карти Українського щита масштабу 1 : 2 500 000 (автори Л.С. Галецький, В.А. Колосовська, 2007) [12] із зазначенням місцезнаходження проб, використаних для геохімічного зіставлення. Ультраматаморфічні та інтрузивно-магматичні утворення (1—9) палеопротерозою-архею: 1—3 — породи корсунь-новомиргородського комплексу: 1 — граніти рапаківі та рапаківіподібні, 2а — габро, габро-норити, габро-монзоніти, 2б — анортозити, габро-анортозити, 3 — сублужні граніти Руськополянського масиву; 4 — інтрузивні граніти, монзоніти і чарнокіти новоукраїнського комплексу; 5а — інтрузивні граніти уманського комплексу; 5б — діорити, тоналіти і плагіограніти звенигородського комплексу; 6 — граніти та мігматити кіровоградського комплексу; 7 — граніти й мігматити побузького комплексу; 8 — граніти, плагіограніти та плагіомігматити тетіївського комплексу; 9 — ендербіти та чарнокітоїди ташлицького комплексу. Стратифіковані утворення (переважно гнейси, 10—14): 10, 11 — інгуло-інгулецької серії: 10а — чечеліївська світа, 10б — рошахівська світа, 11а — спасівська світа, 11б — кам'яно-костувацька світа; 12 — росинсько-тікицької серії; 13 — бузької серії; 14 — дністровсько-бузької серії. Проби порід: 15 — граніти рапаківі та ксеноліти в них, діючий кар'єр Сівач Корсунь-Шевченківського масиву (номери 20-300- ...); 16 — граніти серед анортозитів і габро-анортозитів зі свердловин 213 і 216 Смілянського та Городищенського масивів; 17 — граніти кіровоградського комплексу, закинуті Голоківський і Цибулівський та діючий Соколівський кар'єри (номери KB...); з відслонень за програмою "Полігон" (18—21): 18 — гнейси інгуло-інгулецької серії, 19 — чарнокітоїди ташлицького комплексу, 20 — те саме, найкраще проаналізовані (номери 4735, 4967), 21 — чарнокітоїд новоукраїнського комплексу

Fig. 1. Fragment of the Ukrainian Shield geological map of scale 1:2,500,000 (authors Haletskyi, L.S. and Kolosovska, V.A., 2007) [12] indicating the location of the samples used for geochemical comparison. Paleoproterozoic and

гранітів тим же методом — 2,03 млрд рр. (останнє визначення 2034 млн рр. [17]). Стратифіковані утворення (серед них переважають гнейси), що містять КНП, відносять до верхньої частини потужної інгуло-інгулецької серії (див. рис. 1); у безпосередній близькості від КНП зазвичай картують чечеліївську світу цієї серії, яка в сучасній хроностратиграфічній схемі раннього докембрію УЩ розташована на рівні 2100 млн рр. [8]. А ось ситуація з чарнокітоїдами (докладніше про це нижче) далеко не така однозначна. Вони є у складі новоукраїнського комплексу, вік якого практично ідентичний кіровоградському, але й складають давніші ташлицький (для Інгульського мегаблоку) та гайворонський (для сусіднього Росинсько-Тикицького мегаблоку) комплекси.

АРГК Східноєвропейського кратона, зокрема і КНП, є різновидом внутрішньоплитного магматизму, що проявився в умовах аномально потужної земної кори, яка утворилась на місці палеопротерозойських орогенів, що завершили свій розвиток [18]. Причому безпосередньо під АРГК спостерігається стоншення кори [13], зв'язуване з локальними мантійними плюмами. Обґрунтовується радикальна різниця в джерелі магми для кислих і основних порід АРГК: родоначальна магла гранітів рапаківі утворена за рахунок корового сіалічного матеріалу (це, власне, ніхто і не заперечує), а анортозитів — являла собою мантіїнні базальти, частково контаміновані коровим матеріалом. Принаймні, для КНП зараз припускають різні джерела магмоутворення, де кислі розплави не пов'язані з основними [9].

За геофізичними даними, безпосередньо під КНП товщина кори неоднорідна: під Корсунь-Шевченківським (північним) масивом кора аномально товста (глибина Мохо близько 45—50 км, а в північно-західній його частині навіть понад 50 км), а під Шполянським (південним) — тонша (близько 40—45 км). Це мало би призвести до певної різниці в геохімічних властивостях рапаківі того й іншого масивів, про що ми, на жаль, не в змозі судити — нам доступні лише дані щодо Корсунь-Шевченківського масиву.

Об'єкти та методи дослідження. Зразки для дослідження відібрано у північно-західній частині КНП у кар'єрі Сівач на лівому березі р. Рось поблизу м. Корсунь. Цей кар'єр, що розкриває овоїдні сірі або зеленувато-сірі біотит-амфіболові рапаківі, неодноразово вивчали; саме звідси було взято проби для згаданого вище останнього датування. У рапаківі відомі тіла рожевих аплітоподібних і апліто-пегматоїдних гранітів, для циркону яких була отримана важкозрозуміла дата 1835 млн рр. [20], і пізніше від ідеї їхнього датування відмовились через складну будову зерен циркону [19]. У цьому ж кар'єрі описана жила камерних пегматитів [6]. Дивно, що за такої широкої популярності породи, розкриті кар'єром Сівач, ніколи не вивчали за допомогою сучасних геохімічних методів. Окрім жильних тіл, кар'єр Сівач примітний наявністю ксенолітів чужорідних для рапаківі порід — рожевих гранітів (не плутати зі згаданими вище рожевими аплітоїдами!), гнейсів і ендербітів (або ортопіроксенових гнейсів), взаємини яких між собою і з рапаківі, що їх вміщують, не зовсім зрозумілі.

Archean ultrametamorphic and intrusive-magmatic formations (1—9): 1—3 — rocks of the Korsun-Novomyrhorod complex: 1 — rapakivi and rapakivi-like granites, 2a — gabbro, gabbro-norites, gabbro-monzonites, 2b — anorthosites, gabbro-anorthosites, 3 — subalkaline granites of the Ruskopolianskyi massif; 4 — intrusive granites, monzonites and charnockites of the Novoukrainian complex; 5a — intrusive granites of the Uman complex; 5b — diorites, tonalites and plagiogranites of the Zvenyhorodka complex; 6 — granites and migmatites of the Kirovohrad complex; 7 — granites and migmatites of the Buh complex; 8 — granites, plagiogranites and plagiomigmatites of the Tetiiv complex; 9 — enderbites and charnockitoids of the Tashlyk complex. Stratified formations (mostly gneisses, 10—14): 10, 11 — of the Inhul-Inhulets series: 10a — Checheliv suite, 10b — Roschakhivka suite, 11a — Spasove suite, 11b — Kamiano-Kostuvate suite; 12 — of the Ros-Tikych series; 13 — of the Buh series; 14 — of the Dnister-Buh series. Rock samples: 15 — rapakivi granites and xenolithes in them, active quarry Sivach of the Korsun-Shevchenkovskyi massif (numbers 20-300-...); 16 — granites among anorthosites and gabbro-anorthosites from boreholes 213 and 216 in the Smilianskyi and Horodyshche massifs; 17 — granites of the Kirovohrad complex, Holovkiivskyi and Tsybulivskyi abandoned quarries and active Sokolivskyi quarry (numbers KB...); from the outcrops by "Poligon" program (18—21): 18 — gneisses of the Inhul-Inhulets series, 19 — charnockitoids of the Tashlyk complex, 20 — the same, best analyzed (numbers 4735, 4967), 21 — charnockitoid of the Novoukrainian complex



Рис. 2. Фото штупів (a, c, e, g, i) та зрізів (b, d, f, h, j) геохімічно вивчених порід КНП (кар'єр Сівач): a, b — граніт рапаківі, пр. 20-300-02; c, d — рожевий граніт, пр. 20-300-3; e, f — чарнокітоїд, пр. 20-300-4; g, h — плагіогнейс, пр. 20-300-5; i, j — сірий граніт, пр. 20-300-6

Fig. 2. Piece (a, c, e, g, i) and section (b, d, f, h, j) photos of the KNP geochemically studied rocks (quarry Sivach): a, b — rapakivi granite, sample 20-300-02; c, d — pink granite, sample 20-300-3; e, f — charnockitoid, sample 20-300-4; g, h — plagiogneiss, sample 20-300-5; i, j — grey granite, sample 20-300-6

Саме такі ксеноліти стали об'єктами дослідження. Після подрібнювання і квартування було проаналізовано п'ять великих проб (рис. 2): самого граніту рапаківі (пр. 20-300-02) та чотирьох ймовірних ксенолітів — рожевого граніту (пр. 200-300-3), чарнокітоїду (пр. 200-300-4), плагіогнейсу (пр. 200-300-5) та сірого граніту (пр. 20-300-6). Вміст петрогенних елементів визначено на спектрометрі CRM-25 у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка (аналітик А.В. Віршило), а рідкісних елементів — методом ICP-MS в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення (ІГМР) ім. М.П. Семененка НАН України (таблиця) (аналітик Л.І. Проскурка).

Отримані геохімічні дані зіставлено з нечисленними сучасними даними ICP-MS: щодо гранітів серед анортозитів КНП — зі свердловин Городищенського та Смілянського масивів КНП [9]; кіровоградських гранітів — із кар'єрів на схід від КНП [7]; чарнокітоїдів — з відслонень на південний схід і південний захід від КНП (див. рис. 1); окрім того, для порівняння залучено дані щодо гранітів рапаківі КНП [11]. Виявилось, що аналогічні сучасні дані стосовно гнейсів інгуло-інгулецької серії, Новоукраїнського масиву та взагалі інших гранітних комплексів і стратифікованих

утворень цього району відсутні. Ці породи вивчали давно, коли приблизні геохімічні характеристики отримували з напівкількісного спектрального аналізу. Єдиним джерелом надійнішої геохімічної інформації може бути масштабна програма "Полігон", здійснена в 1980-х рр. в ІГМР ім. М.П. Семененка НАН України (тоді Інститут геохімії і фізики мінералів) спільно з виробничниками. Тоді масово відбирали й аналізували методами нейтронно-активаційного та рентгенофлуоресцентного аналізів проби різних докембрійських утворень Інгульського та Росинсько-Тікицького мегаблоків УЩ (включаючи і прилеглу до КНП територію) з відслонень по берегах річок Рось, Синюха, Гнилий Тікич, Гнилий Ташлик, Тясмин, Шполка, Інгул, Велика Вись, Ятрань. Визначали тоді більшість рідкісних (включаючи рідкісноземельні) літофільних елементів, що дало змогу залучити ці дані для зіставлення з ксенолітами КНП. Після ретельного відбракування з програми "Полігон" було відібрано середні та кислі породи: 13 проб гнейсів інгуло-інгулецької серії та 12 проб чарнокітоїдів (з них лише одна належала до новоукраїнського комплексу, решта — до ташлицького).

Петрографія гранітів рапаківі та ксенолітів у них. Петрографічний склад відібраних

Хімічний склад порід ксенолітів у гранітах рапаківі КНП

Chemical composition of the rocks from xenoliths in the KNP rapakivi granites

Номер проби	20-300-02	20-300-3	20-300-4	20-300-5	20-300-6
Порода	граніт рапаківі	рожевий граніт	чарнокітоїд	плагіогнейс	сірий граніт
%					
SiO ₂	67,79	71,95	57,90	66,68	72,41
TiO ₂	0,47	0,18	0,75	0,49	0,19
Al ₂ O ₃	14,05	13,94	18,58	15,24	13,70
Fe ₂ O ₃ ^{total}	6,27	2,18	9,80	5,18	2,89
MnO	0,07	0,02	0,08	0,10	0,03
MgO	0,18	0,34	2,86	1,37	0,25
CaO	2,35	0,74	1,20	8,14	1,98
Na ₂ O	3,24	3,01	3,89	1,54	3,47
K ₂ O	5,28	7,13	4,70	0,23	4,40
P ₂ O ₅	0,12	0,19	0,12	0,38	0,17
S	0,04	0,02	0,21	0,05	0,01
Cl	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02
LOI	-0,19	0,19	-0,26	0,49	0,33
H ₂ O ⁻	0,12	0,07	0,17	0,17	0,07
SUM	99,80	99,97	100,01	100,08	99,92
ppm					
Th	24,44	14,21	6,28	6,46	7,68
U	4,66	10,61	3,01	6,69	3,78
Rb	195,64	268,40	90,70	5,55	167,52
Sr	149,09	72,43	210,34	299,76	87,99
Cs	4,26	6,14	5,08	2,24	5,72
Ba	1402,50	293,89	622,09	46,12	492,54
Pb	31,24	26,41	21,54	12,81	27,44
Zr	537,42	121,43	158,84	174,21	414,23
Nb	27,35	13,50	11,63	11,02	13,42
Hf	12,43	3,73	4,29	4,14	9,72
Ta	1,65	1,45	0,90	0,73	1,00
Sc	11,51	2,97	18,94	10,30	2,56
Y	61,79	11,24	15,11	19,69	42,33
La	129,47	23,93	25,75	28,22	47,79
Ce	249,67	55,61	65,00	58,78	101,84
Pr	25,36	5,70	5,87	6,31	11,27
Nd	90,84	21,60	21,60	23,72	44,60
Sm	15,35	4,03	3,63	4,06	8,86
Eu	1,97	0,34	1,01	0,91	1,11
Gd	13,02	2,95	3,01	3,30	8,01
Tb	1,89	0,36	0,43	0,49	1,22
Dy	11,94	1,92	2,75	3,31	7,63
Ho	2,23	0,39	0,53	0,61	1,52
Er	6,55	1,05	1,61	1,85	4,46
Tm	0,96	0,14	0,26	0,29	0,57
Yb	6,18	0,99	1,70	1,92	4,03
Lu	0,92	0,14	0,25	0,28	0,51

в кар'єрі Сівач для геохімічного вивчення порід визначено в шліфах.

Граніт рапаківі (пр. 20-300-02) належить до виборгітового типу за [11]. У штуфі це порода світло-сірого, зеленуватого кольору з масивною текстурою (рис. 2, *a, b*). У шліфах структура середньо-, крупноовоїдна. Овоїди розміром 1—3 см здебільшого овальної, рідше таблитчастої форми світлого сіро-зеленого кольору, в них чітко простежуються маргінаційні оболонки плагіоклазу навколо мікрокліну. Міжовоїдна маса породи, від дрібно- до крупнозернистої, складається з польового шпату, кварцу та скупчень темно-колірних мінералів. Мінеральний склад породи, %: калієвий польовий шпат (КПШ) — 50, плагіоклаз — 10, кварц — 25, амфібол — 7, біотит — 2—5, мікроскопічні включення олівину (фаяліту) і, можливо, клінопіроксену. Акцесорні мінерали: циркон, апатит, флюорит, ортит. Вторинні мінерали: ідингсит, грюнерит, серицит, хлорит.

КПШ переважає як в овоїдах, так і в міжовоїдній основній масі. В овоїдах це ідіоморфні зерна мікроклін-пертиту з досить рівномірною системою гіллястих і гіллясто-плямистих пертитів; у центрі ділянок між "плямами", де є чітка мікроклінова ґратка, наявні криптопертити. В мікрокліні овоїдів зафіксовані: включення "зовнішньовигнутого" та ланцюжкового кварцу, орієнтовані уздовж подовження зерна; агрегатні скупчення вторинних мінералів, іноді з реліктами фаяліту; ідіоморфні зерна циркону та ільменіту. Зерна КПШ основної маси — неправильні, іноді таблитчасті; часто складаються з двох простих двійників без ґратки. В аналогічних овоїдах гіллястих пертитах проявлені тонкі поперечні полісинтетичні двійники, як це має місце в коростенських рапаківі [11].

Плагіоклаз як в оболонці овоїдів, так і в таблитчастих зернах міжовоїдної маси характеризується тонкими полісинтетичними двійниками. В плагіоклазі оболонки (її ширина близько 2 мм) спостерігаються включення ідіоморфних кристалів кварцу, піриту, амфіболу (з реліктами фаяліту в оточенні вторинних ідингситу та блакитно-зеленого амфіболу) і дрібні ксеноморфні включення калішпату.

У міжовоїдних ділянках породи кварц утворює ідіоморфні зерна з нормальним згасанням, а темноколірні мінерали — ксеноморфні агрегатні скупчення. Зовнішню суцільну оболонку таких агрегатів формує рогова обманка у вигляді неправильних брудно-буро-зелених зерен із ледь помітним плеохроїзмом, а внутрішню частину складено ідингситовою масою з пойкилітовими включеннями фаяліту, можливо, клінопіроксену, поодиноких лейст біотиту та акцесорних мінералів.

Граніт рожевий (пр. 20-300-3) — лейкократова порода рожевого кольору і масивної текстури (рис. 2, *c*). У штуфі нечисленні темноколірні мінерали здаються досить рівномірно розповсюдженими в породі. У зрізах штуфів (рис. 2, *d*) виявлено невеликі ізометричні (розміром від 3 мм до 5—6 см) та прожилкоподібні виокремлення (потужністю до 1 см і довжиною 5—6 см і більше) зі звивистими краями значно світлішого рожевого кольору, в центральній частині яких знаходяться сегрегації сірого кварцу та біотиту з рудним мінералом. Під мікроскопом структура породи типова гранітна (рис. 3, *a*). Мінеральний склад породи, %: КПШ — 50, плагіоклаз — 10, кварц — до 40, біотит — 3, гранат відсутній. Акцесорні мінерали: апатит, рудний.

КПШ представлений неправильними зернами з чіткою мікрокліновою ґраткою і нерівномірним розподілом пертитів (їх до 15—20 %), а плагіоклаз — ідіоморфними або неправильними зернами з кородованими гранями і тонкими полісинтетичними двійниками. Кварц має вигляд ксеноморфних зерен розміром до 1,4 мм з хвилястим погасанням.

У шліфах породи є схожі на шлірові утворення (швидше за все, мікроксеноліти гнейсів) розміром від 8 до 11 мм за довгою віссю, які утворюють лінзоподібні чи трикутні тіла з гострокутними кінцями, іноді хвилясті, можливо за рахунок деформацій, або розділені на менші лінзи, зорієнтовані згідно з первісною сланцюватістю у вихідній породі. У складі таких шлірів плагіоклаз, кварц, новоутворені зелена шпінель (герцинит?) та біотит. Структура шлірів мікрогранобластова. У схрещених ніколях (рис. 3, *b*) вони мають

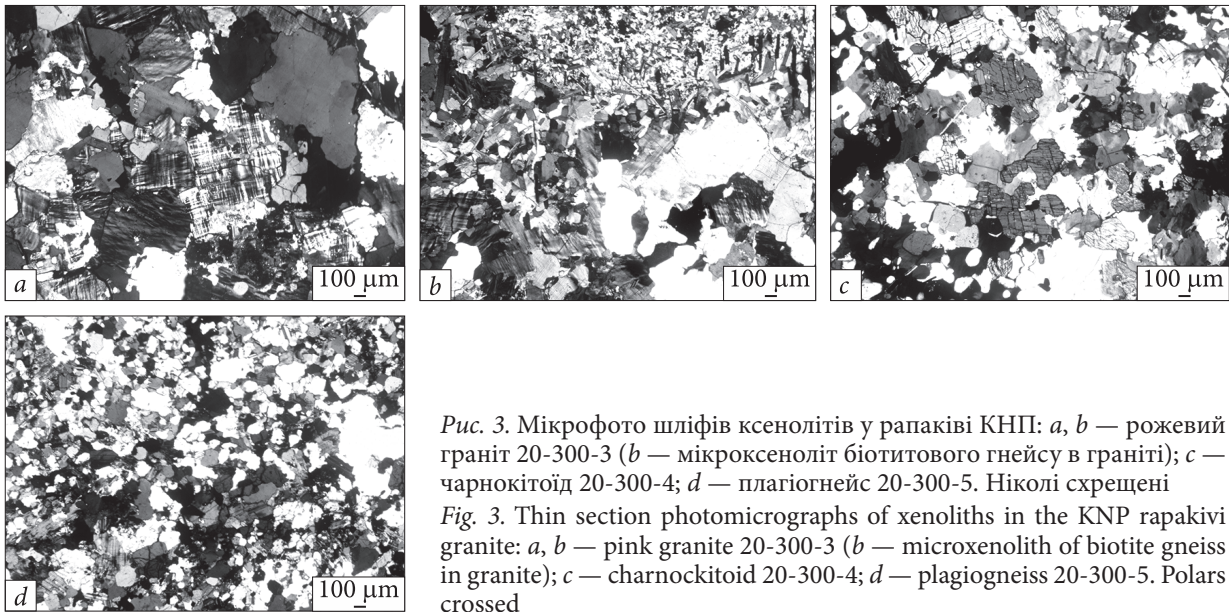


Рис. 3. Мікрофото шліфів ксенолітів у рапаківі КНП: *a, b* — рожевий граніт 20-300-3 (*b* — мікроксеноліт біотитового гнейсу в граніті); *c* — чарнокітоїд 20-300-4; *d* — плагіогнейс 20-300-5. Ніколі схрещені

Fig. 3. Thin section photomicrographs of xenoliths in the KNP rapakivi granite: *a, b* — pink granite 20-300-3 (*b* — microxenolith of biotite gneiss in granite); *c* — charnockitoid 20-300-4; *d* — plagiogneiss 20-300-5. Polars crossed

чіткі контури за рахунок зміни зернистості від мікроксеноліту (0,04—0,06 мм) через перехідну зону (0,3—0,7 мм) власне до граніту (1—3 мм).

Біотит утворює два типи виділень: ксеноморфні зерна в породі (розміром від 0,2 до 1,7 мм) і тонкі паралельні лейсти в шлірових утвореннях (до 0,1 × 0,5 мм). В обох випадках біотит має однакове забарвлення і схему плеохроїзму від коричневого до бежевого. Відмінність полягає в тому, що в породі біотит, окремі зерна якого або їхні скупчення розташовані в міжзернових ділянках в асоціації з апатитом, утворює з кварцом пойкилітові зростання і збагачений на включення акцесорних мінералів у плеохроїчних оболонках, які відсутні в лейстах біотиту в шлірах. Тонкі лейсти новоствореного біотиту формують своєрідний "паркан" по периферії шліру, розташовуючись перпендикулярно до його контуру.

Чарнокітоїд (пр. 20-300-4) в штудії — зеленувато-сіра, місцями жовтувата порода (рис. 2, *e, f*). Текстура гнейсоподібна, директивна, шарувата за рахунок чергування тонких (1—3 мм) сірих і зеленуватих прошарків; стрічкова — за рахунок орієнтованого розташування зерен ортопіроксену. В зрізах гнейсоподібність підкреслюється субпаралельно орієнтованими сегрегаціями темноколірних мінералів. У шліфах директивність майже не простежується: структура гранобластова,

локально нематобластова (рис. 3, *c*). Мінеральний склад породи, %: ортопіроксен — 20, плагіоклаз — 35, КПШ — 15 (можливо, 20 з урахуванням речовини антипертитів), кварц — 15, біотит — 3—5, графіт — 1—2, ільменіт — 2.

КПШ представлений високотемпературним ортоклазом, що формує ксеноморфні зерна та плівкові утворення в міжзернових ділянках; в обох випадках присутні лінзоподібні пертитові вrostки. Плагіоклаз кислий, у вигляді неправильних зерен із нерівномірно розподіленими антипертитовими вrostками. Кварц наявний в ізометричних близькоїдоморфних зернах, часто з мірмекітовими структурами.

На високотемпературність породи (як і на її приналежність до чарнокітоїдів) вказує і присутність ортопіроксену. Він представлений ідіоморфними резорбованими по краях зернами, з чітким дихроїзмом в рожево-зелених тонах, з прямим згасанням. Досить часто трапляються полісинтетичні двійники (рис. 4, *a, b*). Біотит має плеохроїзм від коричнево-червоного до бежевого, навіть безбарвного; утворює слабо хлоритизовані окремі лейсти та гніздоподібні сегрегації з ортопіроксеном та ільменітом. В останніх біотит розвивається по ортопіроксену і вміщує його релікти, а також несе включення акцесорних мінералів, оточених щільними плеохроїчними оболонками. Графіту в поро-

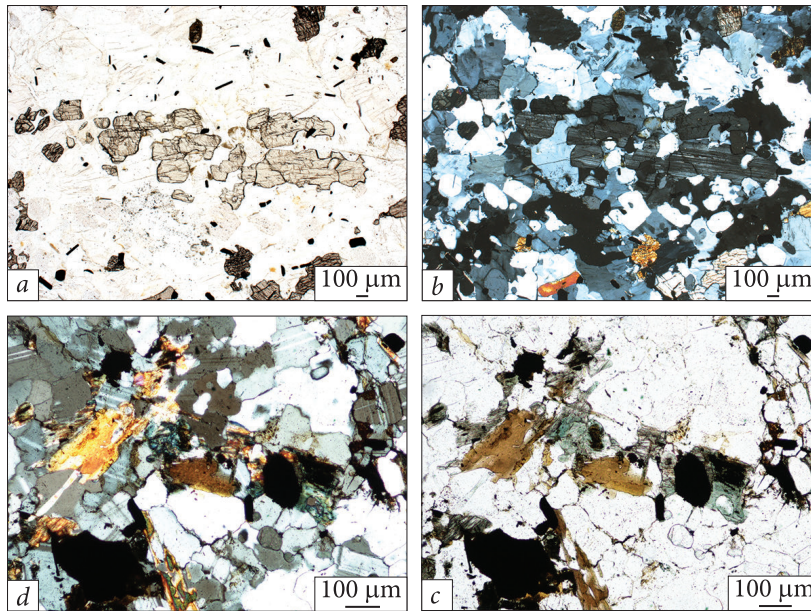


Рис. 4. Мікрофото темноколірних мінералів у шліфах порід ксенолітів у рапаківі КНП: *a, b* — орієнтоване розташування полісинтетично здвійникованого ортопіроксену в чарнокітоїді 20-300-4; *c, d* — сегрегації клінопіроксену (який заміщується амфіболом), біотиту, рудного мінералу та апатиту в плагіогнейсі 20-300-5. Ніколі: *a, c* — паралельні; *b, d* — схрещені

Fig. 4. Photomicrographs of mafic minerals in the rock thin sections of xenoliths in the KNP rapakivi: *a, b* — oriented arrangement of polysynthetically twinned orthopyroxene in charnockitoid 20-300-4; *c, d* — segregations of clinopyroxene replaced by amphibole with biotite, ore mineral and apatite in plagiogneiss 20-300-5. Polars: *a, c* — parallel; *b, d* — crossed

ді досить багато у вигляді окремих лусочок, іноді розеток. Ільменіт або створює окремі ідіоморфні зерна, розташовані директивно в основній масі породи, або, частіше, присутній як включення в зернах ортопіроксену чи біотиту.

Плагіогнейс (пр. 20-300-5) — у штуфі сіра однорідна із зеленуватим відтінком порода (рис. 2, *g, h*), лише на сколі простежується слабка гнейсоподібність. У шліфі (рис. 3, *d*) порода неоднорідна, темноколірні мінерали і зерна апатиту розташовані орієнтовано; структура лепідогранобластова дрібнозерниста, місцями порфіробластова. Мінеральний склад породи, %: плагіоклаз — 35, кварц — до 40, клінопіроксен — 5, біотит — 7, апатит — 6, графіт — до 1, рудний мінерал — 3, циркон — поодинокі зерна. Є скупчення вторинних мінералів, розвинутих по якомусь магнезально-залізистому силікату — до 2. Гранат відсутній.

Плагіоклаз представлений двома генераціями: перша — дрібні (близько 0,1 мм) чисті ксеноморфні зерна, друга — окремі великі зерна (до 0,8 мм) з численними мізерними пойкилітовими включеннями кварцу і проявами вторинних процесів. Зерна мінералу обох генерацій полісинтетично здвійниковані і корошовані по периферії. КППШ наявний тільки в антипертитових вrostках у плагіоклазі другої генерації. Кварц також має дві генерації: перша — ізометричні полігональні

зерна, друга — крупні нечисленні ксеноморфні виділення (порфіробласти) з корошованими краями, орієнтовані уздовж гнейсоподібності. Обидва прояви мінералу мають хвилясте згасання.

Клінопіроксен у ксеноморфних, скелетних, реліктових зернах заміщується зеленим амфіболом (?) і біотитом. В основній масі породи хлоритизований біотит утворює окремі лейсти довжиною ~0,1 мм і разом з піроксеном, рудним мінералом і апатитом формує своєрідні сегрегації (рис. 4, *c, d*). Апатит, окрім як у складі сегрегацій, хаотично поширений у породі у вигляді невеликих зерен (до 0,1 мм) або їхніх скупчень, а більші ідіоморфні зерна своїм подовженням орієнтовані паралельно директивному напрямку породи. Рудний мінерал (ільменіт?) поза сегрегацій — окремі ідіоморфні таблитчасті зерна. Графіт утворює дрібні лусочки.

Сірий граніт (пр. 20-300-6) в штуфі — досить однорідна сіра із світло-зеленим відтінком порода масивної текстури (рис. 2, *i, j*). Під мікроскопом структура гіпідіоморфнозерниста, гранітна. Мінеральний склад породи, %: КППШ — 40—45, плагіоклаз — 20, кварц — 25, біотит — 3—5, фаяліт (з продуктами вторинного заміщення) — від поодиноких зерен до 5 %, акцесорні мінерали — апатит, циркон.

КППШ — гратчастий мікроклін, тут представлений таблитчастими крупними, часто складеними з двох простих великих двійни-

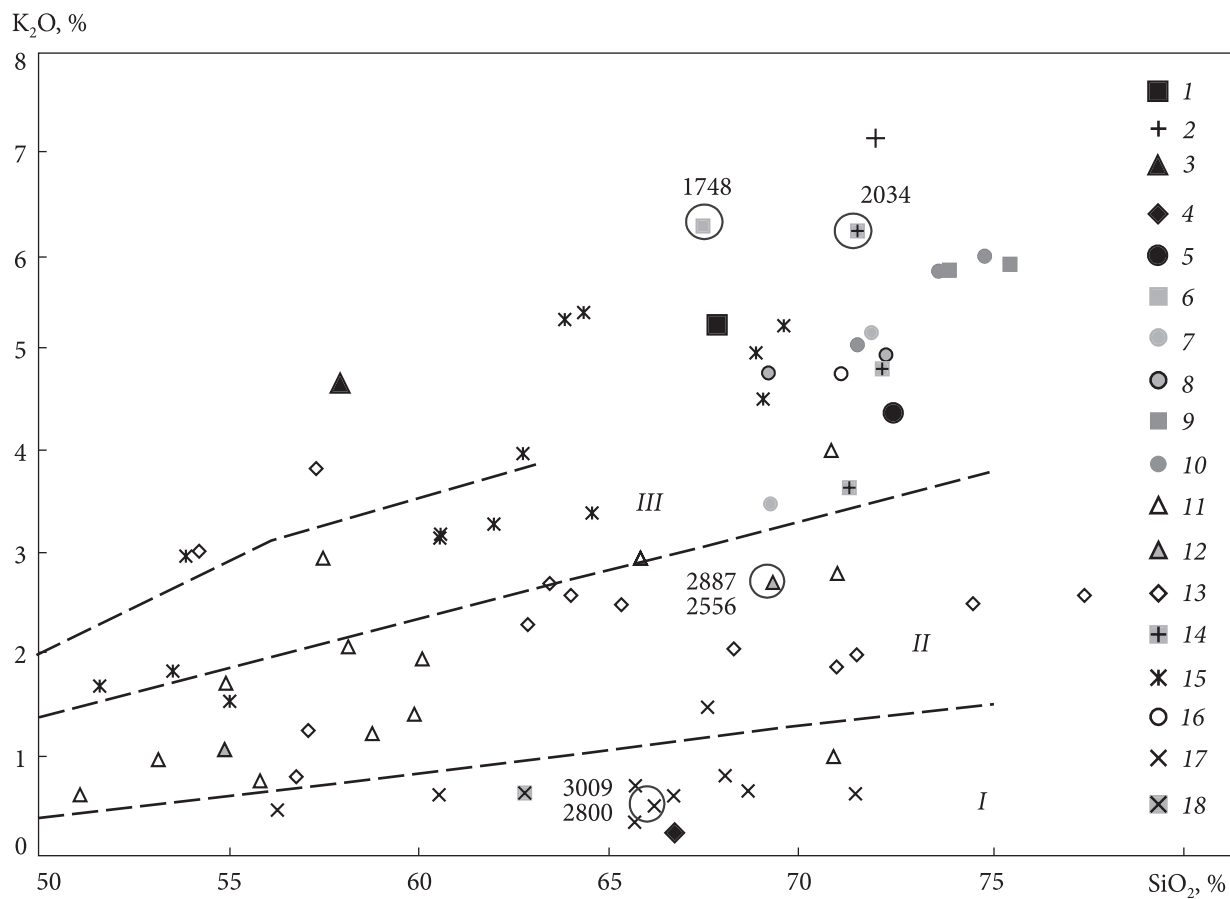


Рис. 5. Діаграма $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$ для середніх та кислих магматичних і метаморфічних порід центральної частини УЩ поблизу КНП. Породи, відібрані в кар'єрі Сівач КНП: 1 — граніт рапаківі (пр. 20-300-02); 2 — рожевий граніт (пр. 20-300-3); 3 — чарнокітоїд (пр. 20-300-4); 4 — плагіогнейс (пр. 20-300-5); 5 — сірий граніт (пр. 20-300-6). Кислі породи КНП (6, 7 — Корсунь-Шевченківський масив, кар'єр Сівач; 8 — Городищенський і Смілянський масиви): 6 — граніт рапаківі; 7 — рожевий аплітоподібний граніт [19]; 8 — граніти амфібол-фаялітовий і амфібол-біотитовий серед анортозитів і габро-анортозитів [9]. Для порівняння кислі породи КП: 9 — плутонічної фації, 10 — жильної фації [11]. Породи, відібрані за програмою "Полігон" (11—13): 11 — чарнокітоїди ташлицького комплексу, 12 — те саме, найкраще проаналізовані [10], 13 — гнейси інгуло-інгулецької серії; 14 — граніти кіровоградського комплексу [7]; 15 — чарнокітоїди новоукраїнського комплексу [3, 10]; 16 — середній червоний граніт головної фази новоукраїнського комплексу [3, 15]; 17 — ендербіти гайворонського комплексу (Середнє Побужжя) [3, 10]; 18 — те саме, найкраще проаналізований [10]. Коломи обведені проби порід, в яких визначався U-Pb вік циркону, за [16, 17, 19, 20]. Штриховими лініями розділені поля серій за (Pecerrillo, Teylor, 1976): I — низькокалієвої, II — помірно калієвої, III — висококалієвої

Fig. 5. $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$ diagram for intermediate and acidic igneous and metamorphic rocks of the Ukrainian Shield central part near the KNP. Rocks selected in the Sivach quarry of the KNP: 1 — rapakivi granite (sample 20-300-02); 2 — pink granite (sample 20-300-3); 3 — charnockitoid (sample 20-300-4); 4 — plagiogneiss (sample 20-300-5); 5 — grey granite (sample 20-300-6). Acid rocks of the KNP (6, 7 — Korsun-Shevchenkivskiy massif, Sivach quarry; 8 — Horodyshe and Smilianskyi massifs): 6 — rapakivi granite; 7 — pink aplite-like granite [19]; 8 — amphibole-fayalite and amphibole-biotite granites among anorthosites and gabbro-anorthosites [9]. For comparison, acid rocks of the KP: 9 — plutonic facies; 10 — vein facies [11]. Rocks selected under the "Polygon" program (11-13): 11 — charnockitoids of the Tashlyk complex, 12 — the same, best analyzed [10], 13 — gneisses of the Inhul-Inhulets series; 14 — granites of the Kirovohrad complex [7]; 15 — charnockitoids of the Novoukrainian complex [3, 10]; 16 — average red granite of the Novoukrainian complex main phase [3, 15]; 17 — enderbites of the Haivoron complex (Middle Buh) [3, 10]; 18 — the same, best analyzed [10]. The circles outline the rock samples in which U-Pb age of zircon was determined, after [16, 17, 19, 20]. The dashed lines separate the fields of series after Pecerrillo, Teylor (1976): I — low-potassium, II — moderate-potassium, III — high-potassium

ків зернами розміром 2—3 мм з резорбованими краями, лінзоподібними пертитами та виділеннями "зовнішньо вигнутого" кварцу. Останній факт може вказувати на спорідненість породи до рапаківі граніту. Плагіоклаз у таблитчастих кристалах із полісинтетичними двійниками має прояви вторинних змін, як і пертити в калішпаті. Зерна кварцу — як ізометричні невеликі, так і ксеноморфні крупні з включеннями КППШ — мають хвилясте згасання.

Біотит хлоритизований, утворює таблитчасті, скелетні, корошовані по периферії індивіди, плеохроє від темно-коричневого, навіть чорного, до бежевого кольору, вміщує поодинокі зерна акцесорних мінералів у плеохроїчних оболонках. Фаяліт не свіжий, а представлений чітко оконтуреними реліктовими зернами (0,2—0,3 мм), безбарвними або блідо забарвленими зі світло-жовтуватим відтінком за рахунок розвитку по периферії та тріщинах коричневого ідингситу, який утворює спочатку петельчасту структуру, а далі — повну псевдоморфозу по фаяліту. Навколо ідингситу грюнерит утворює облямівки у вигляді коронарної структури.

Петрохімія і геохімія гранітів рапаківі та ксенолітів у них. Відібраний граніт рапаківі кар'єру Сівач (пр. 20-300-02) за петрохімією є типовим для північного (Корсунь-Шевченківського) масиву КНП; він відрізняється від рапаківі КП меншою кремнекислотністю за такого самого вмісту K_2O (рис. 5). Відібраний сірий граніт (пр. 20-300-6) за співвідношенням цих оксидів близький до жильних гранітів як КП (зокрема, до фаялітовмісних гранітів серед анортозитів зі свердловин), так і КНП, трохи поступаючись їм калієвістю. Щодо трьох інших видів порід — найімовірніших кандидатів у ксеноліти — петрохімічна ідентифікація менше однозначна.

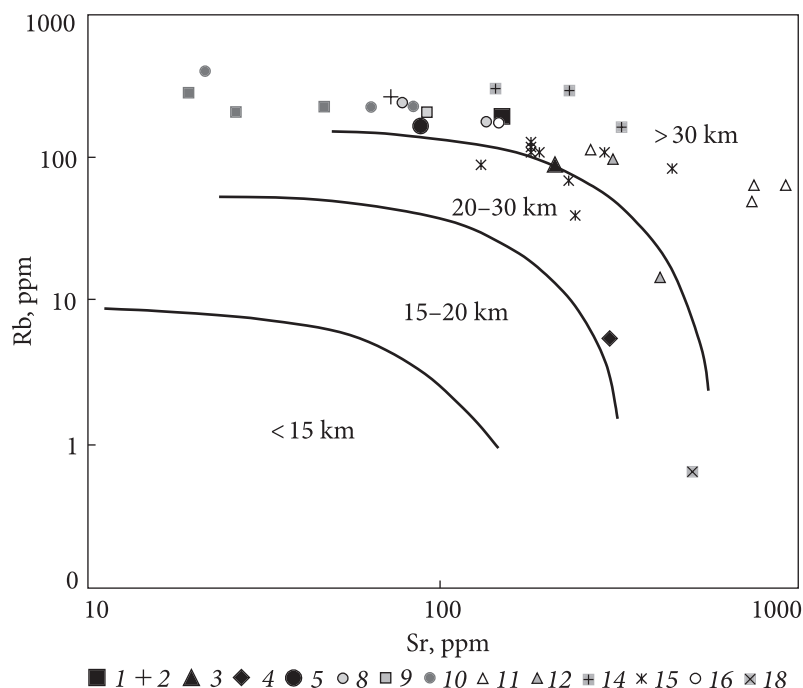
Установлено [23], що взаємовідношення гнейсів, чарнокітоїдів і гранітів у Інгульському блоці всюди стандартні: основу становлять гіперстен-біотитові плагіогнейси спасівської світи (зараз спасівську світу картують у східній частині Інгульського блоку, а в західній — чечеліївську) і згідні з ними, але все ж таки пізніші, гнейсоподібні чарнокітоїди гайворонського типу (переважно ендербіти). Їх січуть чи поширено пронизують жили

та тіла рівномірнозернистих чарнокітоїдів ятранського типу (власне чарнокіти), і всі вони розсічені жилами гранітів новоукраїнського типу. Ксеноліти ендербітів гайворонського типу трапляються в чарнокітах ятранського типу, що вкотре вказує на послідовність їх формування. Обидва типи чарнокітоїдів належать до ташлицького комплексу, який спочатку вважали архейським, за аналогією з гайворонським, але потім сам ініціатор його виділення засумнівався у цьому та запропонував підняти його вік на рівень інгуло-інгулецької серії — близько 2100 млн рр. Після визначення віку за цирконом в 2556 млн рр. [20] і, пізніше, в 2887 млн рр. [16] в одному і тому ж ендербіті гайворонського типу сумніви посилювались; автори останнього визначення вважають цей циркон реліктовим, а вік породи визначають за монацитом у 2,03 млрд рр., тобто фактично таким самим, як новоукраїнських і кіровоградських гранітів. Це сумнівно, тому що чарнокітоїди в будь-якому випадку повинні бути старшими за граніти.

Чарнокітоїди ташлицького комплексу мають помірну калієвість (див. рис. 5), тож їх часто називали ендербітами незалежно від кремнекислотності. Але строго кажучи, таку назву можна застосовувати тільки до кислих порід, а в цьому комплексі переважають породи середнього складу; більш того, між середніми і кислими породами є розрив у проміжку 60—65 % SiO_2 . Приблизно таку ж калієвість мають гнейси інгуло-інгулецької серії. А ось чарнокітоїди інтрузивного новоукраїнського комплексу — висококалієві, і серед них багато справжніх чарнокітів. У Новоукраїнському масиві, що межує з КНП, формування чарнокітоїдів передують головній фазі — червоним трахітоїдним гранат-біотитовим гранітам, які за хімічним складом мало відрізняються від одновікових ультраметаморфічних гранітів кіровоградського комплексу (див. рис. 5). В останньому поширені рожево-сірі порфіроподібні біотитові та гранат-біотитові граніти, але в купольних структурах є і рівномірнозернисті граніти. Відібраний для вивчення рівномірнозернистий рожевий граніт (пр. 20-300-3) з ксенолітів КНП, збігаючись за кремнекислотністю як із новоукраїнськими, так і кіровоградськими гранітами,

Рис. 6. Діаграма Rb — Sr для кислих та середніх порід кар'єру Сівач (1—5), інших масивів КНП (8), КП (9, 10), а також комплексів, що оточують КНП (11, 12, 14—16, 18). Умовні позначення порід див. на рис. 5. Межі значень для різної товщини земної кори за (Condie, 1973)

Fig. 6. Rb — Sr diagram for acid and intermediate rocks of the Sivach quarry (1—5), other KNP massifs (8), KP (9, 10), as well as complexes surrounding the KNP (11, 12, 14—16, 18). Symbols of rocks see in Fig. 5. Value limits for different thickness of the earth's crust by Condie, 1973



відрізняється від них вищим вмістом K_2O . Саме через високу калієвість під час добору варіантів палеопротерозойських (і давніших) гранітів, які розвинені навколо КНП (див. рис. 1) і претендують на роль ксенолітів, були відкинуті плагіогранітні комплекси сусіднього з Інгільським Росинсько-Тікицького мегаблоку, а саме звенигородський і тетіївський. Достатньо калієві граніти уманського комплексу відомі своєю незвичайною геохімією [22] і також не можуть бути порівняні з гранітом із ксенолітів КНП. Нарешті, сублужні граніти Руськополянського масиву ніяк не могли б бути ксенолітами в рапаківі, оскільки, по-перше, вони мають однаковий вік, а по-друге, збагачені деякими рідкісними елементами, і тому мають іншу геохімію.

Зрештою, серед усіх гранітних масивів, що оточують КНП, лише два могли бути поставачальниками ксенолітів у рапаківі: Кіровоградський і Новоукраїнський однойменних комплексів. Але, на жаль, сучасних геохімічних характеристик новоукраїнських гранітів не вивчено. Окрім того, ніде в літературі немає вказівок на наявність ксенолітів типових новоукраїнських гранітів не тільки в рапаківі, а й у будь-яких інших породах КНП, попри їхній специфічний легко пізнаваний петрографічний вигляд. Ця обставина, до речі, додавалась у скарбничку сумнівів щодо ге-

незису Новоукраїнського масиву: давно була помічена схожість цього масиву з плутонами АРГК, і, якби не явна відмінність у радіоізотопному віці [20], то напрошувався б висновок про спільність і майже одночасність формування КНП і Новоукраїнського масиву в межах єдиної структурно-тектонічної зони. З указаних причин поки що належність вивченого граніту з ксенолітів КНП до новоукраїнського комплексу не розглядається. Єдиним можливим джерелом ксенолітів гранітів у КНП залишається кіровоградський комплекс. Важливим аргументом на користь віднесення саме до цього комплексу рожевого граніту є його ультраметаморфічний характер, на що вказує наявність мікроксенолітів гнейсів (див. вище). Але варто зазначити, що у мінеральному складі відібраного рожевого граніту немає гранату, який звичайно присутній як у кіровоградських, так і в новоукраїнських гранітах.

Ще два види порід ксенолітів петрохімічно дуже далекі від гаданих вихідних порід. Так, відібраний із ксенолітів плагіогнейс (пр. 20-300-5) має мізерно малий вміст K_2O порівняно з гнейсами інгуло-інгулецької серії, для яких характерний дуже витриманий помірно-калієвий склад. А відібраний чарнокітоїд (пр. 20-300-4), навпаки, показує надто високий його вміст навіть порівняно з но-

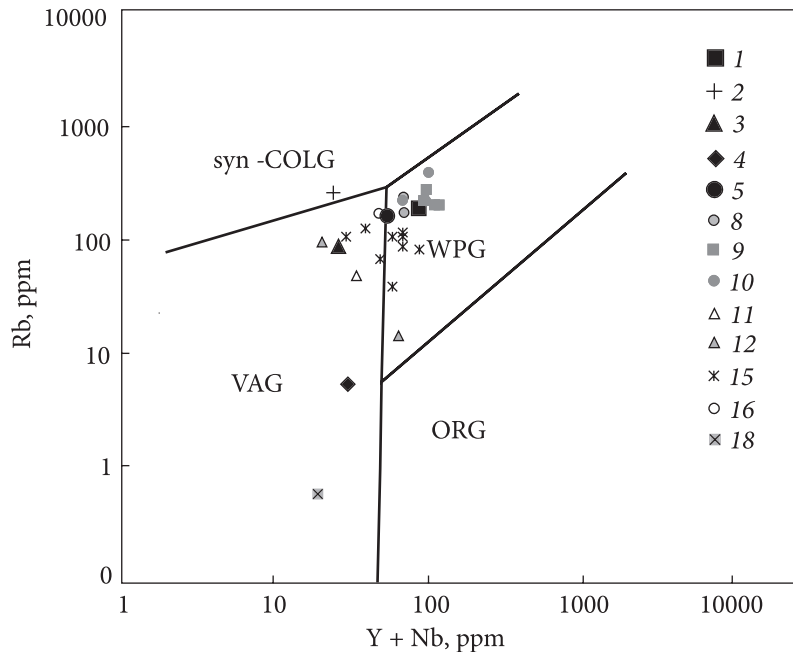


Рис. 7. Діаграма Rb — (Y + Nb) для кислих та середніх порід кар'єру Сівач (1—5), інших масивів КНП (8), КП (9, 10), а також комплексів, що оточують КНП (11, 12, 15, 16, 18). Умовні позначення порід див. на рис. 5. Поля гранітів, за [26]: VAG — вулканічних дуг, syn-COLG — синколізійних, WPG — внутрішньоплитних, ORG — океанічних хребтів

Fig. 7. Rb — (Y + Nb) diagram for acid and intermediate rocks of the Sivach quarry (1-5), other KNP massifs (8), KP (9, 10), as well as complexes surrounding the KNP (11, 12, 15, 16, 18). Symbols of rocks see in Fig. 5. Fields of granites after [26]: VAG — volcanic arc, syn-COLG — syn-collision, WPG — within plate, ORG — ocean ridge

воукраїнськими чарнокітоїдами, не кажучи вже про ташлицькі (див. рис. 5). Зауважимо, що плутанина між чарнокітоїдами цих двох комплексів існує досі — деякі проби "Полігону", відібрані на східному краї КНП, відносили то до ташлицького, то до новоукраїнського комплексу. Цікаво, що серед образів для геохімічного зіставлення проб чарнокітоїдів "Полігону", згідно з сучасною "чарнокітовою" класифікацією [14], лише дві можна назвати ендербітом і одну — чарноендербітом; інші, через низьку кремнекислотність, слід було б називати йотунітом (гіперстеновим монцодіоритом), якби не відносно низький (іноді менше 1,5 %) вміст K_2O . Відібраний чарнокітоїд із ксеноліту в межах цієї класифікації відповідає мангериту — гіперстеновому кварцовому монзоніту. Втім, калієвість порід не така важлива, враховуючи накладений характер КПШ, що неодноразово доведено.

На діаграмах за участю пов'язаного з калієм Rb чарнокітоїд ксеноліту, будучи середнім, розташовується поблизу як різних за кремнекислотністю чарнокітоїдів новоукраїнського комплексу, так і ендербітів (тобто найкислішої частини) ташлицького комплексу. На відомій діаграмі Конді (рис. 6) видно, що всі утворення району КНП формувались на досить потужній корі (окрім гнейсу, даних для зіставлення з яким немає). Чарнокітоїди

новоукраїнського комплексу, попри їхню вищу калієвість, характеризуються майже таким самим відносно невисоким вмістом Rb, як і ташлицькі ендербіти; там же локалізується чарнокітоїд із ксеноліту в рапаківі. Привертає увагу, що рапаківі КП збіднені стронцієм порівняно з такими КНП.

У типових червоних трахітоїдних новоукраїнських гранітах вміст Rb нижчий, ніж у так само висококалієвих кіровоградських гранітах. З цієї причини на не менше відомій діаграмі Пірса Rb — (Y + Nb) (рис. 7) кіровоградські граніти, швидше за все, виходять у колізійне поле (точно стверджувати не можна через відсутність визначень Nb у них), як і рожевий граніт із ксенолітів КНП, а точки новоукраїнських гранітів та чарнокітів розташовуються нижче, поблизу межі внутрішньоплитних та острівнодужних утворень. Під час використання цієї діаграми, що базується на фанерозойських гранітоїдах, для протерозойських порід слід враховувати, що зазначена межа може зміщуватись у бік зменшення суми Y + Nb, і тоді весь новоукраїнський комплекс виявиться внутрішньоплитним. У будь-якому випадку діаграма відображає зміну геодинамічних умов протягом раннього протерозою; архейський ендербіт гайворонського комплексу нанесено для контрасту. Граніти рапаківі та його диференціати, що завершують докембрійський магматизм,

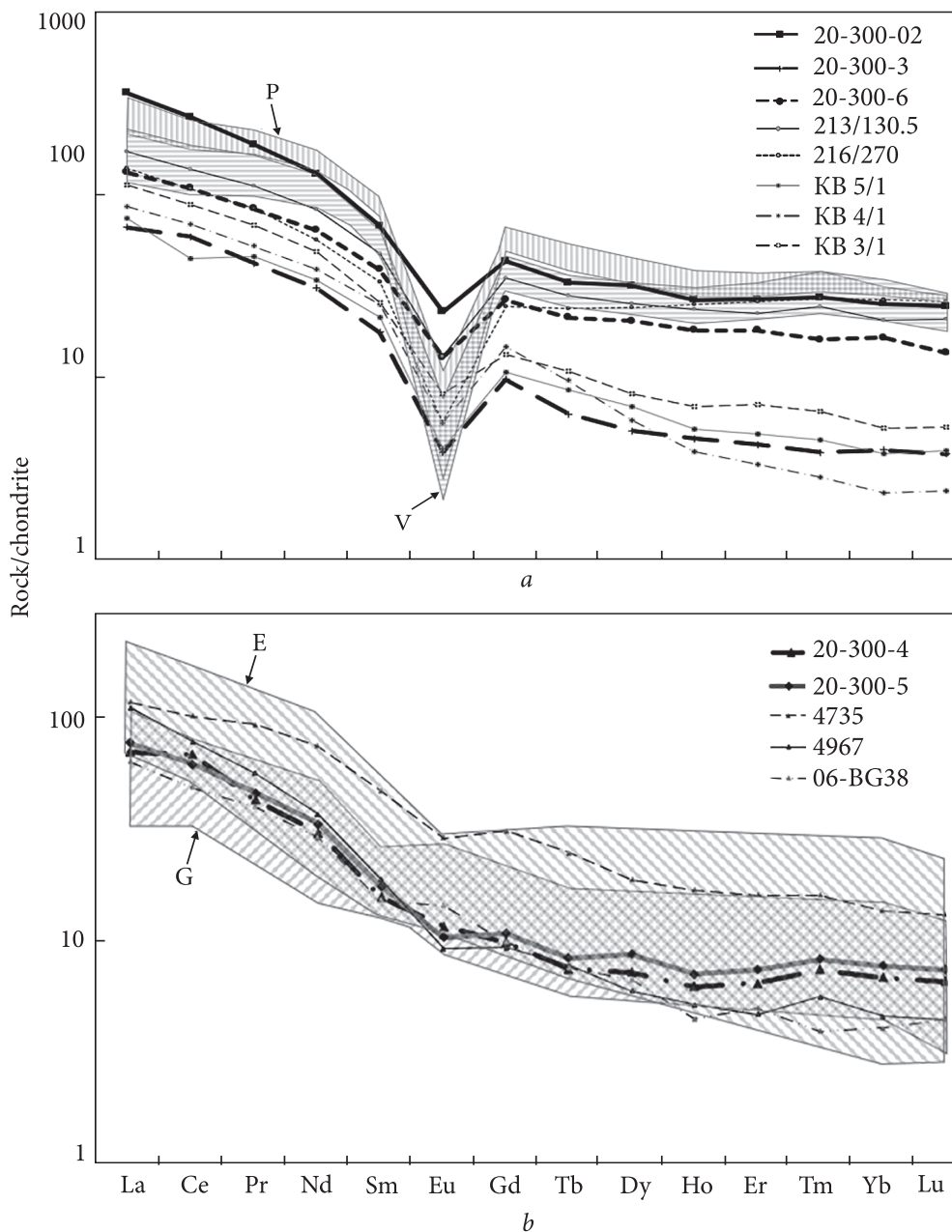


Рис. 8. Спектри розподілу РЗЕ в кислих та середніх магматичних і метаморфічних породах КНП та його обрамлення: *a* — в граніті рапаківі, сірому граніті, жильних гранітах [9] та рожевому граніті з ксеноліту; для порівняння заштрихованими полями показані узагальнені криві гранітів КП [11]: *P* — плутонічної фації, *V* — жильної фації; також для порівняння наведено криві гранітів кіровоградського комплексу поблизу КНП [7]; *b* — в чарнокітоїді та плагіогнейсі з ксенолітів у рапаківі; для порівняння заштрихованими полями показані узагальнені криві чарнокітоїдів (так званих ендербітів) ташлицького комплексу (*E*) та гнейсів інгуло-інгулецької серії (*G*) Інгульського мегаблоку УЩ поблизу КНП за даними програми "Полігон", а також криві ендербітів ташлицького (4735, 4967) та гайворонського (06-BG38) комплексів, за [10]. Нормовано до хондриту за (Taylor, McLennan, 1985)

Fig. 8. Chondrite-normalized REE patterns for acidic and intermediate igneous and metamorphic rocks of the KNP and its framing: *a* — rapakivi granite, grey granite, veined granites [9] and pink granite from xenolith; for comparison, the shaded fields show the generalized curves of the KP granites according to [11]: *P* — plutonic facies, *V* — vein facies; curves of granites of the Kirovohrad complex near the KNP [7] are also given for comparison; *b* — charnockitoid and plagiogneiss from xenoliths in rapakivi; for comparison, the shaded fields show generalized curves of charnockitoids (so-called enderbites) of the Tashlyk complex (*E*) and gneisses of the Inhul-Inhulets series (*G*) of the Inhul megablock of the Ukrainian Shield near the KNP according to the "Poligon" program, as well as curves of enderbites of the Tashlyk (4735, 4967) and Haivoron (06-BG38) complexes after [10]. Normalizing values are from Taylor, McLennan, 1985

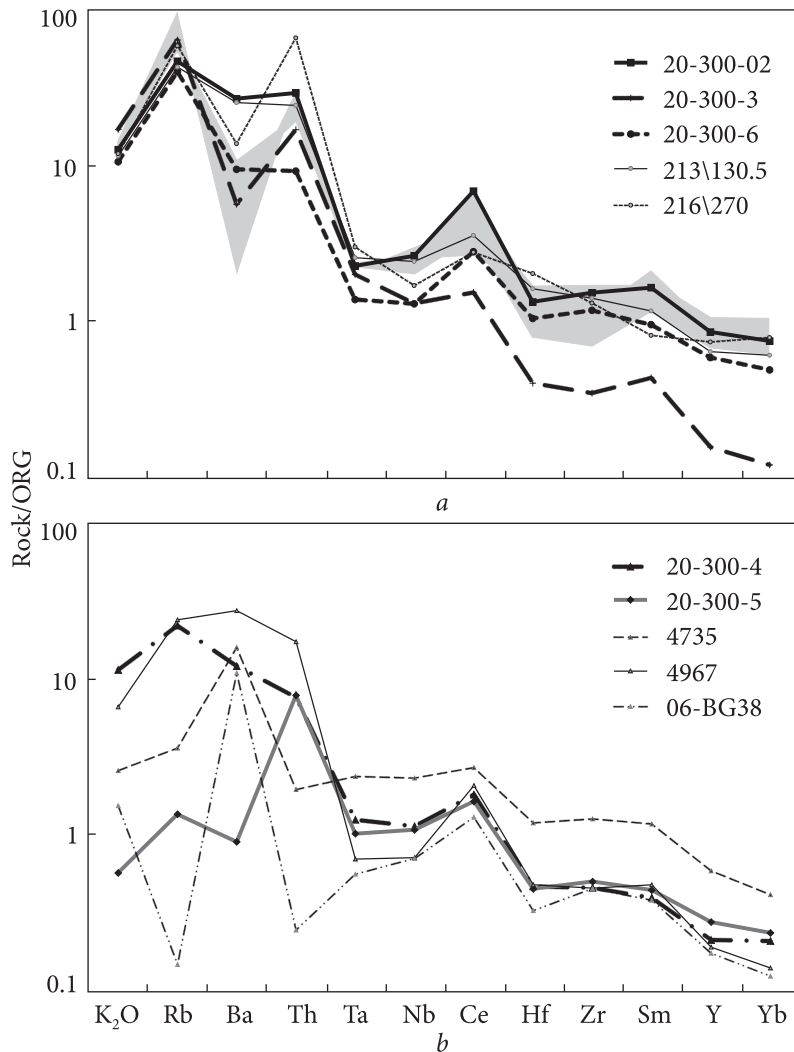


Рис. 9. Полікомпонентна спайдер-діаграма Дж. Пірса [26] для кислих і середніх магматичних і метаморфічних порід КНП: *a* — криві граніту рапаківі, сірого граніту, жильних гранітів [9] і рожевого граніту з ксеноліту; для порівняння сірим полем показані узагальнені криві для плутонічної та жильної фації гранітів Коростенського плутону за [11]; *b* — криві чарнокітоїду та плагіогнейсу з ксенолітів у рапаківі; для порівняння наведені криві ендербітів ташлицького (4735, 4967) та гайворонського (06-BG38) комплексів, за [10]

Fig. 9. Multicomponent spider diagram by J. Pearce [26] for acidic and intermediate igneous and metamorphic rocks of the KNP: *a* — curves of rapakivi granite, grey granite, vein granites [9] and pink granite from xenolith; for comparison, the grey field shows the generalized curves for the plutonic and vein facies of the KP granites according to [11]; *b* — curves of charnockitoid and plagiogneiss from xenoliths in rapakivi; for comparison, the curves of enderbites of the Tashlyk (4735, 4967) and Haivoron (06-BG38) complexes after [10] are given

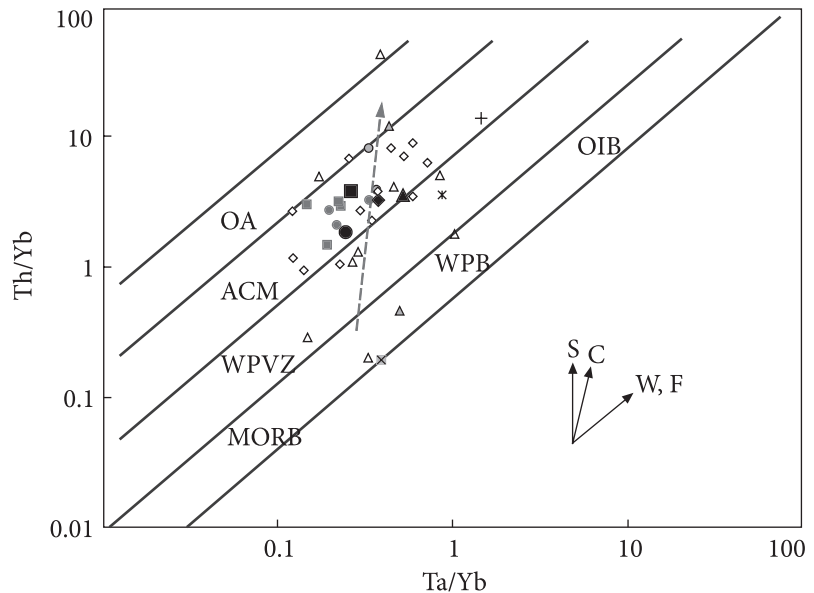
чітко потрапляють у внутрішньоплитне поле. Найосновніший чарнокітоїд ташлицького комплексу також формувався у внутрішньоплитній (але інший) обстановці, а решта кислих і середніх чарнокітоїдів, включаючи чарнокітоїд з ксеноліту, — в обстановці вулканічних дуг (але не виключено, що вона могла повторюватись упродовж протерозою).

Колізійну природу свого часу припускали і для кіровоградських, і для новоукраїнських гранітів; водночас було зазначено, що за рядом геологічних ознак перші можуть бути старшими за другі [22] (відмінності в геохронологічних датуваннях між ними мінімальні). Виходячи з діаграми Пірса, колізійні геохімічні риси притаманні кіровоградським гранітам, а не новоукраїнським, але для однозначного твердження бракує даних. Час колізії — близько 2 млрд рр. тому. Рожевий граніт із ксенолітів КНП явно є колізійним.

Спорідненість порід із ксенолітів у рапаківі КНП з вихідними породами різних комплексів можна продемонструвати на графіках розподілу РЗЕ (рис. 8). Відібраний у кар'єрі Сівач граніт рапаківі показує традиційний для такої породи типово внутрішньоплитний [2] спектр розподілу РЗЕ зі збагаченням легкими та збідненням важкими елементами й яскраво вираженою негативною Eu аномалією (рис. 8, *a*). Крива дуже близька до такої гранітів плутонічної фації Коростенського плутону — аналога КНП — з тією різницею, що рапаківі КП мають глибшу Eu аномалію [11]. Це ж є головною відмінністю між гранітами КП жильної фації і амфібол-фаялітовими чи амфібол-біотитовими гранітами, розкритими свердловинами у контакті з анортозитами КНП. Сірий граніт (пр. 20-300-6), що спочатку розглядали як ксеноліт у рапаківі КНП, насправді не є таким, а являє

Рис. 10. Діаграма $\text{Th/Yb} - \text{Ta/Yb}$ для кислих і середніх порід КНП та його обрамлення. Умовні позначення див. на рис. 5. Поля за [25]: OA — океанічні дуги; ACM — активні континентальні окраїни; WPVZ — внутрішньоплитні вулканічні зони; WPB — внутрішньоплитні базальти; MORB — базальти СОХ; OIB — базальти океанічних островів; ефекти: S — субдукції; C — корової контамінації; W — внутрішньоплитного збагачення; F — фракціонування

Fig. 10. $\text{Th/Yb} - \text{Ta/Yb}$ diagram for acidic and intermediate rocks of the KNP and its framing. Symbols see in Fig. 5. Fields after [25]: OA — oceanic arcs, ACM — active continental margins, WPVZ — within plate volcanic zones, WPB — within plate basalts, MORB — mid-ocean ridge basalts, OIB — ocean island basalts; effects: S — subduction, C — crustal contamination, W — within plate enrichment, F — fractionation



собою продукт диференціації рапаківі, за всіма геохімічними ознаками (у тому числі за розподілом РЗЕ) близький до згаданих вище фаялітвмісних гранітів із свердловин, відрізняючись від них лише деяким збідненням на важкі РЗЕ.

А ось рожевий граніт (пр. 20-300-3), безперечно, є ксенолітом, причому його спектр розподілу РЗЕ повторює такі кіровоградських гранітів, особливо тієї самої проби, в якій визначено вік за цирконом 2043 млн рр. Причому сама форма кривої є типовою для колізійних гранітів [2]: чіткий мінімум Eu, різке збіднення важкими РЗЕ відносно легких. Остання обставина часто вказує на гранатвмісне джерело магми, що у випадку з кіровоградськими гранітами підтверджується наявністю гранату в мінеральному складі; проте, як зазначено вище, у рожевому граніті ксенолітів КНП гранат не знайдено — принаймні, в шліфах. На жаль, через відсутність прецезійних аналізів невідомий спектр РЗЕ типових новоукраїнських гранітів, адже вони також містять гранат.

Гнейси інгуло-інгулецької серії, що містять граніти, характеризуються дуже витриманим пологим розподілом РЗЕ (рис. 8, b), і плагіогнейс із ксенолітів КНП (пр. 20-300-5) показує саме такий спектр. Він містить клінопі-

роксен (див. вище), а клінопіроксенові гнейси відомі тільки у складі самої верхньої — чечеліївської — світи інгуло-інгулецької серії [4], метаморфізованої в амфіболітовій фації та поширеної в обрамленні КНП у північній частині Братського та Інгульського синкліноріїв. На відміну від неї, розвинені південніше та східніше гнейси спасівської світи тієї ж серії є гіперстенвмісними і належать до гранулітової фації. Втім, ця різниця не впливає на характер їхніх спектрів РЗЕ [1].

Криві чарнокітоїдів ташлицького комплексу навколо КНП порівняно з гнейсами мають більший нахил через деяке збагачення легкими РЗЕ. Усереднені поля гнейсів і чарнокітоїдів частково перекриваються в області легких РЗЕ, а в області важких поле перших входить у поле других (див. рис. 8, b). Чим кисліше чарнокітоїд, тим більш диференційований розподіл РЗЕ він показує і тим крутіше нахил кривої (приклад справжнього ендербіту — 4967). Єдиний новоукраїнський чарнокітоїд середнього складу (йотуніт) вписується у поле чарнокітоїдів ташлицького комплексу. Для ташлицьких і новоукраїнських чарнокітоїдів характерний слабкий Eu мінімум або його відсутність, на відміну від чарнокітоїдів гайворонського та літинського комплексів, яким притаманний максимум

Eu. Характер кривої розподілу РЗЕ не залежить від калієвості породи: криві двох вивчених ксенолітів — фактично безкалієвого плагіогнейсу і висококалієвого чарнокітоїду (мангериту) — практично збігаються.

Контрастніше відмінності між вивченими породами виявляються на полікомпонентній спайдер-діаграмі Дж. Пірса [26], де склад гранітоїдів нормовано на граніт океанічних хребтів — ORG (рис. 9). Граніти рапаківі підтверджують свій внутрішньоплитний генезис: для них характерний мінімум Ba після максимуму Rb (ця риса різкіше виявлена в КП, ніж у КНП), субгоризонтальний Ta-Nb майданчик, максимум Ce та подальший спокійний розподіл у правій частині спектра поблизу рівня 1 ORG (рис. 9, а). Рожевий граніт із ксеноліту показує подібну криву в лівій частині спектра, але різке збіднення у правій його частині, що притаманно колізійним гранітам. На відміну від гранітів, чарнокітоїди характеризуються не мінімумом, а максимумом Ba різної інтенсивності (рис. 9, б). Справжній кислий ендербіт ташлицького комплексу має криву, характерну для вулканічних дуг, а основний чарнокітоїд того ж комплексу ближчий до континентальних внутрішньоплитних утворень, принаймні у правій частині спектра. Середній за складом чарнокітоїд із ксенолітів у рапаківі виявляє спорідненість до ендербіту, хоча барієвий максимум у нього не виражений.

Сучасніші діаграми Дж. Пірса використовують не вміст елементів, а їх відношення, і розроблені переважно для основних порід. Лише один варіант у координатах Ta/Yb — Th/Yb пристосований спеціально для визначення геодинамічної позиції кислих і середніх порід [25]. На цій діаграмі майже усі породи КНП та її околиць (як і породи КП), всупереч діаграмі Rb — (Y + Nb), потрапляють у поле активних континентальних окраїн (рис. 10). Винятком є чарнокітоїди, і тут знову відзначається їхня неоднорідність у складі ташлицького комплексу: середні чарнокітоїди — переважно йотуніти — локалізуються в полях внутрішньоплитних обстановок (так само і новоукраїнський йотуніт), а найосновніші з них, разом із древнішим ендербітом гайворонського комплексу, навіть тяжіють до базальтів зон спредингу, вод-

ночас як найбільш кислі (власне ендербіти), навпаки, виходять у поле океанічних острівних дуг.

Виявлені геохімічні відмінності середніх та кислих чарнокітоїдів ташлицького комплексу, можливо, підтверджують згаданий вище петрографічний поділ порід цього комплексу на гайворонський та ятранський типи. Оскільки останній тип, за геологічними даними, є пізнішим, то не виключено, що кисла частина ташлицького комплексу (ендербіти) може виявитись молодшою, ніж середня (йотуніти). Точки чарнокітоїдів ташлицького комплексу утворюють тренд, що збігається з трендом збагачення речовиною континентальної кори (див. рис. 10). Чарнокітоїд (мангерит) з ксенолітів у рапаківі КНП знаходиться в середині цього тренду, на межі внутрішньоплитних вулканічних зон та активних континентальних окраїн. Оскільки з'ясувалось, що середні чарнокітоїди новоукраїнського та ташлицького комплексів дуже схожі на цій діаграмі і взагалі за геохімією, то головним аргументом віднесення вивченого чарнокітоїду з ксеноліту до ташлицького, а не новоукраїнського комплексу стали петрографічні ознаки, що свідчать про його метаморфічне, а не інтрузивне походження. Рожевий граніт із ксенолітів віддаляється від головного скупчення точок у бік збільшення значень відношень елементів по обох осях — туди, де мають розташовуватись кіровоградські граніти; визначень Ta в них немає, але відношення Th/Yb високе (22—51). Аналогічні дані щодо новоукраїнських гранітів відсутні, лише відомо, що їм притаманний значно вищий вміст Zr, ніж кіровоградським гранітам, що є додатковим аргументом віднесення до останніх рожевого граніту з ксенолітів КНП, який характеризується малим вмістом цього елементу.

Обговорення результатів. Уже давно було висловлено припущення [21], що західна та східна частини УЩ в археї були роз'єднані і зімкнулись лише в протерозой. Сталось це близько 2 млрд рр. тому внаслідок колізії Дністровсько-Бузького та Росинсько-Тикицького блоків (розглянутих як єдиний мегаблок) та Середньопридніпровського мегаблоку [22], що призвела до потовщення кори, на якій і сформувався близько 1,75 млрд рр.

тому КНП. Як колізійний шов найправдоподібніше розглядати Голованівську шовну зону — вона ототожнюється із сутурною зоною якраз віку близько 2 млрд рр. [24]. Обґрунтовувалось [22], що Інгульський мегаблок у ранньому протерозої був зоною стискання, і лише наприкінці його режим змінився розтягуванням, що сприяло проникненню великих гранітних мас, зокрема і КНП. У процесі його проникнення як ксеноліти захоплено лише породи, сформовані до і під час колізії: гнейси інгуло-інгулецької серії, середні чарнокітоїди ташлицького комплексу, колізійні кіровоградські граніти.

Усі ці породи різною мірою метаморфізовані і знаходились нижче рівня застигання плутону, тому їхні фрагменти неминуче опинялись у рапаківі у вигляді ксенолітів і навіть останців. На відміну від них, кислі чарнокітоїди ташлицького комплексу та всі кислі породи новоукраїнського є інтрузивними та застигали, ймовірно, на тому ж рівні, куди пізніше впровадились рапаківі, чим і пояснюється їхня відсутність у складі ксенолітів. Окрім того, ці породи утворювались вже після колізії (і тоді вони можуть бути молодшими, ніж передбачалося): якщо кіровоградські граніти — синколізійні, то новоукраїнські — постколізійні. Проникнення такого великого гранітного тіла, як Новоукраїнський масив, неможливе в умовах стискування, і тому є підстави вважати, що він формувався після зміни обстановки. Плагіогранітоїди ультраметаморфічних (і безсумнівно доколізійних) звенигородського і тетіївського комплексів Росинсько-Тикицького мегаблоку, хоч і знаходяться зараз безпосередньо поблизу КНП, але не могли потрапити до складу ксенолітів через діючий під час проникання рапаківі режим розтягування, за якого вони відсувались від осової зони і не опинялись на шляху магми. Не могли бути джерелом ксенолітів у рапаківі і архейські ендербіти гайворонського комплексу Дністровсько-Бузького мегаблоку.

Головним виявленим протиріччям є той факт, що граніти рапаківі, які показують за більшістю геохімічних ознак внутрішньоплитні характеристики, потрапляють у поле активних континентальних окраїн (АКО) на

діаграмі Ta/Yb — Th/Yb. Можливо, її застосування в даному випадку не зовсім коректне, оскільки розроблено її було для вулканічних, а не плутонічних порід. Але деякі дослідники дійсно звертали увагу на тяжіння плутонів рапаківі до мезопротерозойських активних окраїн андського типу. Більше того, враховуючи сублужний характер рапаківі, їх раніше зіставляли із шошоніт-латитовою серією АКО. Це здається неправильним, оскільки панівним режимом АКО є стиснення, а плутони АРГК формувались за умов розтягування. Якщо вже й говорити про континентальну окраїну, то швидше не про активну, а про пасивну (внутрішньоплитну), для якої можливий континентальний рифтогенез із підйомом мантійного плюму. Висувалась навіть гіпотеза про рифтогенне походження Інгульського мегаблоку УЩ [22], яка не суперечить попередній колізії сусідніх блоків.

Як бачимо, можна використовувати геохімічні особливості порід ксенолітів у найпізніших (останніх за часом) докембрійських гранітах, а саме рапаківі, як ключ до розуміння палеопротерозойської геодинамічної ситуації в цій частині щита. Для надійніших висновків необхідно збільшувати кількість геохімічних аналізів порід гранітних комплексів, що оточують КНП у зоні потрібного зчленування різних мегаблоків УЩ.

Висновки. Згідно з петрогеохімічними даними, ксеноліти в гранітах рапаківі КНП представлені: плагіогнейсами чечеліївської світи інгуло-інгулецької серії, середніми чарнокітоїдами ташлицького комплексу та рожевими гранітами кіровоградського комплексу. Ці породи утворились до і під час колізії, що відбулась близько 2 млрд рр. тому і сформувала на місці Інгульського мегаблоку потовщення кори, за подальшого розтягування якої близько 1,75 млрд рр. тому вторгались граніти рапаківі КНП. Відсутні в ксенолітах кислі чарнокітоїди ташлицького комплексу і породи новоукраїнського комплексу утворились, ймовірно, після колізії.

Автори дякують професору О.В. Митрохину за консультації під час відбору проб.

ЛІТЕРАТУРА

1. Беличенко Е.П. Реконструкция первичного состава гнейсов обрамления Корсунь-Новомиргородского плутона (по геохимическим и петрохимическим данным). *Геол. журн.* 1997. № 1—2. С. 100—104.
2. Великославинский С.Д. Геохимическая типизация кислых магматических пород ведущих геодинамических обстановок. *Петрология.* 2003. **11**. № 4. С. 363—380.
3. Гранитоиды Украинского щита. Петрохимия, геохимия, рудоносность. Справочник. Отв. ред. Н.П. Щербак. Киев: Наук. думка, 1993. 232 с.
4. Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000. Центральноросійська серія. Аркуш М-36-XXXIII (Кіровоград). Пояснювальна записка. Київ: Центрукргеологія, 2007. 102 с.
5. Дубина О.В., Кривдік С.Г., Швайка І.А., Швайка І.Д., Якубенко П.Ф., Проскурка Л.І. Геохімічні особливості головних типів порід Корсунь-Новомиргородського аортозит-рапаківігранітного плутону (Український щит). *Мінерал. журн.* 2022. **44**, № 2. С. 20—47. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.44.02.020>
6. Коваль В.Б., Николаенко В.И., Мельниченко Б.Ф., Гавриленко В.Н. Камерные пегматиты в гранитах рапакиви Корсунь-Новомиргородского массива. *Геол. журн.* 1984. **44**, № 6. С. 129—131.
7. Коновал Н.М., Кривдік С.Г. Деякі петрологічні та геохімічні особливості гранітів кіровоградського комплексу (центральна частина Українського щита). *Мінерал. журн.* 2011. **33**, № 3. С. 63—68.
8. Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита (схема та пояснювальна записка). Єсипчук К.Ю., Бобров О.Б., Степанюк Л.М., Щербак М.П., Глеваський Є.Б., Скобелев В.М., Дранник А.С., Гейченко М.В. Київ: УкрДГРІ, 2004. 30 с.
9. Кривдік С.Г., Дубина О.В., Якубенко П.Ф. Петрологічні особливості Корсунь-Новомиргородського аортозит-рапаківігранітного плутону. *Мінерал. журн.* 2021. **43**, № 4. С. 25—49. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.04.025>
10. Кривдік С.Г., Кравченко Г.Л., Томурко Л.Л., Дубина О.В., Загнітко В.М., Рокачук Т.А., Шнюкова К.Є., Мінеєва В.М. Петрологія і геохімія чарнокітоїдів Українського щита. Київ: Наук. думка, 2011. 215 с.
11. Митрохин О.В. Аортозит-рапаківігранітна формація Українського щита (геологія, речовинний склад та умови формування): автореф. дис. ... д-ра геол. наук. Київ, 2011. 36 с.
12. Національний атлас України. Київ: Картографія, 2007. С. 112.
13. Оровецкий Ю.П. Мантийный диапиризм. Киев: Наук. думка, 1990. 170 с.
14. Петрографічний кодекс України. Відп. ред. І.Б. Щербаков. Київ, 1999. 81 с.
15. Петрология, геохимия и рудоносность интрузивных гранитоидов Украинского щита. Єсипчук К.Є., Шеремет Е.М., Зинченко О.В. и др. Под ред. И.Б. Щербакова Киев: Наук. думка, 1990. 236 с.
16. Пономаренко О.М., Лісна І.М., Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В., Мінеєва 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. **43**, № 3. С. 73—84. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.03.073>
17. Степанюк Л.М., Коновал Н.М., Довбуш Т.І., Ковтун О.В., Висоцький О.Б., Снісар В.П. Уран-свинцевий вік гранітів Кіровоградського масиву (Інгульський мегаблок Українського щита). *Мінерал. журн.* 2021. **43**, № 4. С. 56—62. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.04.056>
18. Шарков Е.В. Протерозойские аортозит-рапакивигранитные комплексы Восточно-Европейского кратона — пример внутриплитного магматизма в условиях аномально мощной сиалической коры. *Литосфера.* 2005. № 4. С. 3—21.
19. Шестопалова Е.Е., Степанюк Л.М., Довбуш Т.И., Котвицкая И.Н. Уран-свинцовый возраст циркона гранитоидов Корсунь-Новомиргородского плутона (Ингульский мегаблок УЩ). *Мінерал. журн.* 2014. **36**, № 4. С. 95—106.
20. Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н., Шумлянский Л.В. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой. Киев: Наук. думка, 2008. 239 с.
21. Щербак Н.П., Пономаренко А.Н. Возрастная последовательность процессов вулканизма и гранитоидного магматизма Украинского щита. *Мінерал. журн.* 2000. **22**, № 2/3. С. 12—24.
22. Щербаков И.Б. Петрология Украинского щита. Львов: ЗУКЦ, 2005. 366 с.
23. Щербаков И.Б., Рябоконт В.В., Минеева В.Н. О валидности ташлыкского комплекса. *Геохимия и рудообразование.* 2004. Вып. 22. С. 67—71.
24. Bogdanova S.V., Gintov O.B., Kurlovich D.M., Lubnina N.V., Pashkevich I.K., Nilsson M.K.M., Orlyuk M.I., Shumlyansky L.V., Starostenko V.I. Late Palaeoproterozoic mafic dyking in the Ukrainian Shield of Volgo-Sarmatia caused by rotation during the assembly of supercontinent Columbia (Nuna). *Lithos.* 2013. **174**. P. 196—216. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2012.11.002>
25. Gorton M., Schandl E. From continents to island arcs: a geochemical index of tectonic setting for Arc-related and within-plate felsic to intermediate volcanic rocks. *Canad. Mineral.* 2000. **38** (5). P. 1065—1073. <https://doi.org/10.2113/gscanmin.38.5.1065>

26. Pearce J.A., Harris N.B.W., Tindle A.G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrol.* 1984. **25** (4). P. 956—983. <https://doi.org/10.1093/petrology/25.4.956>

Надійшла 06.03.2023

REFERENCES

1. Belichenko, E.P. (1997), *Geol. Journ.*, No. 1-2, Kyiv, pp. 100-104 [in Russian].
2. Velikoslavinsky, S.D. (2003), *Petrologiya*, Vol. 11, No. 4, pp. 363-380 [in Russian].
3. Shcherbak, N.P. (ed.) (1993), *Granitoids of the Ukrainian Shield. Petrochemistry, geochemistry, ore content. Reference book*, Nauk. dumka, Kyiv, 232 p. [in Russian].
4. (2007) *State Geological Map of Ukraine in the scale 1: 200000, Tsentralkoukrainska Series, map sheet M-36-XXXIII (Kirovohrad)*, Explanatory note, Tsentralkrgeologiya, Kyiv, 102 p. [in Ukrainian].
5. Dubyna, O.V., Kryvdik, S.G., Shvayka, I.A., Shvayka, I.D., Yakubenko, P.F. and Proskurka, L.I. (2022), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 44, No. 2, Kyiv, pp. 20-47 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.4.02.020>
6. Koval, V.B., Nikolaenko, V.I., Melnichenko, B.F. and Gavrilenko, V.N. (1984), *Geol. Journ.*, Vol. 44, No. 6, Kyiv, pp. 129-131 [in Russian].
7. Konoval, N.M. and Kryvdik, S.G. (2011), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 33, No. 3, Kyiv, pp. 63-68 [in Ukrainian].
8. Yesypchuk, K.Yu., Bobrov, O.B., Stepanyuk, L.M., Shcherbak, M.P., Glevaskiy, E.B., Skobelev, V.M., Drannik, V.S. and Geichenko, M.V. (2004), *Correlated chronostratigraphic scheme of Early Precambrian of the Ukrainian Shield (scheme and explanatory note)*, NSC Ukraine, UkrSGRI, Kyiv, UA, 30 p. [in Ukrainian].
9. Kryvdik, S.G., Dubyna, O.V. and Yakubenko, P.F. (2021), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 43, No. 4, Kyiv, pp. 25-49 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.04.025>
10. Kryvdik, S.G., Kravchenko, G.L., Tomurko, L.L., Dubyna, O.V., Zagnitko, V.M., Rokachuk, T.A., Shniukova, K.Ye. and Mineeva, V.M. (2011), *Petrology and geochemistry of charnockitoids of the Ukrainian Shield*, Nauk. dumka, Kyiv, 215 p. [in Ukrainian].
11. Mytrokhyn, O.V. (2011), *Anorthosite-rapakivigranite formation of the Ukrainian Shield (geology, material composition and conditions of formation)*, Abstract of D.Sc. dis. geol. sci., Kyiv, 36 p. [in Ukrainian].
12. (2007) *National Atlas of Ukraine*, Kartohrafiia, Kyiv, p. 112 [in Ukrainian].
13. Orovetsky, Yu.P. (1990), *Mantle diapirism*, Nauk. dumka, Kiev, 170 p. [in Russian].
14. Shcherbakov, I.B. (ed.) (1999), *Petrographic Code of Ukraine*, Kyiv, 81 p. [in Ukrainian].
15. Esipchuk, K.E., Sheremet, E.M., Zinchenko, O.V. et al. (1990), *Petrology, geochemistry and ore potential of intrusive granitoids of the Ukrainian Shield*, in Shcherbakov, I.B. (ed.), Nauk. dumka, Kiev, 236 p. [in Russian].
16. Ponomarenko, O.M., Lisna, I.M., Stepanyuk, L.M., Shumlyansky, L.V., Mineeva, V.M., Zaiats, O.V., Somka, L.V., Gulko, V.V. and Kovalenko, O.O. (2021), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 43, No. 3, Kyiv, pp. 73-84 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.03.073>
17. Stepanyuk, L.M., Konoval, N.M., Dovbush, T.I., Kovtun, O.V., Vysotsky, O.B. and Snisar, V.P. (2021), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 43, No. 4, Kyiv, pp. 56-62 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.43.04.056>
18. Sharkov, E.V. (2005), *Lithosphere*, No. 4, pp. 3-21 [in Russian].
19. Shestopalova, E.E., Stepanyuk, L.M., Dovbush, T.I. and Kotvitskaya, I.N. (2014), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 36, No. 4, Kyiv, pp. 95-106 [in Russian].
20. Shcherbak, N.P., Artemenko, G.V., Lesnaya, I.M., Ponomarenko, A.N. and Shumlyansky, L.V. (2008), *Geochronology of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield. Proterozoic*, Nauk. dumka, Kyiv, 239 p. [in Russian].
21. Shcherbak, N.P. and Ponomarenko, A.N. (2000), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 22, No. 2-3, Kyiv, pp. 12-24 [in Russian].
22. Shcherbakov, I.B. (2005), *Petrology of the Ukrainian Shield*, ZUKTS press, Lviv, UA, 366 p. [in Russian].
23. Shcherbakov, I.B., Riabokon, V.V. and Mineeva, V.N. (2004), *Geochemistry and Ore Formation*, Vol. 22, Kyiv, pp. 67-71 [in Russian].
24. Bogdanova, S.V., Gintov, O.B., Kurlovich, D.M., Lubnina, N.V., Pashkevich, I.K., Nilsson, M.K.M., Orlyuk, M.I., Shumlyansky, L.V. and Starostenko, V.I. (2013), *Lithos*, Vol. 174, pp. 196-216. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2012.11.002>
25. Gorton, M. and Schandl, E. (2000), *Canad. Mineral.*, Vol. 38(5), pp. 1065-1073. <https://doi.org/10.2113/gscanmin.38.5.1065>
26. Pearce, J.A., Harris, N.B.W. and Tindle, A.G. (1984), *J. Petrol.*, Vol. 25, No. 4, pp. 956-983. <https://doi.org/10.1093/petrology/25.4.956>

Received 06.03.2023

K.Ye. Shniukova, DrSc (Petrology), Head of Department

E-mail: shniukova@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-2945-9988>

L.L. Tomurko, PhD (Petrology), Senior Research Fellow

E-mail: tomurko_ll@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-5788-4033>

N.M. Konoval, PhD (Geology), Research Fellow

E-mail: nasa246@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-5645-0110>

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine

34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142

GEOCHEMISTRY OF XENOLITHS IN RAPAKIVI GRANITES OF THE KORSUN-NOVOMYRHOROD PLUTON (UKRAINIAN SHIELD)

Rapakivi of the Korsun-Novomyrhorod pluton (KNP), being the latest Precambrian granites of the central part of the Ukrainian shield, contain older acidic and intermediate rocks as xenoliths, the geochemical features of which reflect the Early Proterozoic geodynamic situation. Rapakivi granites, their differentiates and three types of xenoliths in them, represented by plagiogneiss, pink granite and charnockitoid (mangerite), were selected in the northwestern part of the KNP for geochemical studies. Analysis findings were compared with the geochemical characteristics of similar rocks of igneous and metamorphic Precambrian complexes that surround the KNP and could serve as a source of xenoliths. Based on distribution patterns of rare earth elements, lithophile elements content and their ratios relations in the rocks, taking into account their petrographic composition, it was established that plagiogneiss belongs to the upper part of the Inhul-Inhulets series, pink granite belongs to the Kirovohrad complex, and charnockitoid belongs to the intermediate rocks of the Tashlyk complex. In the latter, acid charnockitoids (enderbites) are probably younger than intermediate ones and were formed in another geodynamic setting. Pink granite, like the granites of the Kirovohrad complex, shows collisional geochemical features, in contrast to the rapakivi granites containing these xenoliths, which have predominantly within-plate geochemical characteristics. Thus, in the form of xenoliths in rapakivi those rocks were preserved that had been generated before and during the collision that occurred about 2 billion years ago and constructed a crust thickening at the site of the Inhul megablock, under subsequent extension of which about 1.75 billion years ago the KNP was intruded. Acid charnockitoids of the Tashlyk complex and rocks of the Novoukrainian complex, which are absent in xenoliths, probably were formed after the collision.

Keywords: geochemistry, xenoliths, granites, rapakivi, Korsun-Novomyrhorod pluton, Ukrainian Shield.