

<https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.04.079>
УДК 552.4 + 550.93

Л.М. Степанюк¹, І.М. Котвіцька¹,
О.В. Андреев², С.І. Курило¹, О.В. Грінченко²

¹ Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М.П. Семененка НАН України
03142, м. Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34
E-mail: stepaniuk@nas.gov.ua

² Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Навчально-науковий інститут "Інститут геології"
03022, м. Київ, Україна, вул. Васильківська, 90
E-mail: andreev@univ.kiev.ua

ЗРІЛА КОНТИНЕНТАЛЬНА КОРА І ДЖЕРЕЛО КАЛІЮ

Ранні породні асоціації Землі характеризуються різким переважанням натрію над калієм. Раніше нами для пояснення джерела калію під час формування двопольовошпатових гранітоїдів Придніпров'я було запропоновано петрологічну модель, за якою джерелом радіогенного ізотопу ⁸⁷Sr, рубідію та калію, підвищені вмісти яких властиві цим породам, є біотит порід субстрату. Для з'ясування джерела калію в суперкрудальних породах (гнейси, грануліти) та гранітоїдах (антипертитові ендербіти, чарнокіти, двопольовошпатові граніти) Дністровсько-Бузького мегаблоку вивчено рубідій-стронцієві ізотопні системи плагіоклазів і ізотопний склад (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr) в акцесорних апатитах. У породах субстрату (плагіогнейси, ендербітогнейси) Середнього Побужжя співвідношення ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr_{in} становить 0,7013–0,7132. Водночас грануліти, біотитові гнейси, чарнокіт, біотитові граніти (у тому числі їхні апліто-пегматоїдні відміни), що сформувалися 2,06–2,03 млрд рр. тому, характеризуються значимо вищими значеннями первинного співвідношення ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr_{in} (0,719–0,817). Найдавніші породи цього мегаблоку містять біотит в акцесорних кількостях, тому зроблено припущення, що під час формування двопольовошпатових гранітоїдів Середнього Придніпров'я джерелом калію був біотит, але, на відміну від гранітоїдів Придніпров'я, біотит більш молодих, вірогідно, неоархейських чи (та) палеопротерозойських породних асоціацій, що в результаті їх субдукції в колізійних геодинамічних умовах були занурені на глибини, де панували *PT*-умови гранулітової фації метаморфізму.

Ключові слова: континентальна кора, архей, протерозой, калій, радіогенний стронцій.

Вступ. Як відомо, ранні породні асоціації Землі характеризуються різким переважанням натрію над калієм. На ранніх етапах формування континентальної кори, у тому числі Українського щита (УЩ), були сформовані так звані тоналіт-трондєміт-гранодіоритові (ТТГ) асоціації, а значно пізніше, на етапі формування зрілої континентальної кори, проявився гранітоїдний магматизм калій-натрієвої серії. Саме за таким сценарієм був сформований Середньопродніпровський мегаблок. Ранні магма-

тичні породи характеризуються суттєво натрієвою спеціалізацією: гранітоїди дніпропетровського, сурського комплексів та кислі ефузивні зеленокам'яних структур. Згодом проявився потужний гранітоїдний магматизм, в результаті якого укорінилися масиви двопольовошпатових гранітоїдів.

Для з'ясування джерела калію нами було вивчено речовинний склад двопольовошпатових гранітоїдів Середнього Придніпров'я та виявлено досить високі значення ізотопного співвідношення ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr — 0,712–0,75, інколи понад 0,8, що не можна пояснити простим селективним плавленням порід субстрату, оскільки

© Л.М. СТЕПАНЮК, І.М. КОТВІЦЬКА, О.В. АНДРЕЄВ,
С.І. КУРИЛО, О.В. ГРІНЧЕНКО, 2018

за наявного в цих породах (суперкрукстальні породи аульської серії та гранітоїди славгородського, дніпропетровського та сурського комплексів) співвідношення Rb/Sr у них не могло накопичитися достатньої кількості радіогенного ізотопу ^{87}Sr навіть за 500 млн рр. Для вирішення цієї проблеми було запропоновано петрологічну модель, за якою джерелом радіогенного ізотопу ^{87}Sr , рубідію та калію, підвищені вмісти яких характерні для двопольовошпатових гранітоїдів Придніпров'я, є біотит, який, потрапляючи у зону переходу від *PT*-умов амфіболітової фації до гранулітової, стає нестабільним і перетворюється на гіперстен, а зазначені елементи та вода переходять у флюїд. Цим вони понижують температуру плавлення і переходять у гранітну селективну виплавку [16]. Запропонована модель повністю узгоджується з висновком, що породи гранулітової фації, у тому числі архейські ендербіти, є реліктами, тобто залишками після виплавлення легкоплавких (евтектоїдних) розплавів [5].

Тим не менше, низка запитань виникає стосовно формування гранітоїдів Вишневецького масиву (2,97 млрд рр. тому [1]), значна частина якого знаходиться в межах Славгородського гранулітового блоку. Не можна з позицій цієї моделі пояснити джерело калію, поява якого обумовила чарнокітизацію ендербітоїдів 2,96 млрд рр. тому [14].

З цією моделлю не узгоджуються й процеси чарнокітизації порід гранулітової асоціації Дністровсько-Бузького мегаблоку, формування біотитових та гранат-біотитових гнейсів, які дотепер відносять до складу зеленолевадівської товщі. Також вони присутні у складі інших стратиграфічних одиниць Побужжя (кошаро-олександрівській світі, тиврівській та інших товщах) та двопольовошпатових гранітоїдів (наприклад, побузький комплекс) [4]. За запропонованою моделлю, калій вивільняється в результаті розпаду біотиту на границі переходу від амфіболітової фації до гранулітової. На Побужжі калій у масових кількостях з'являється у віковому інтервалі 2,06—1,99 млрд рр. тому [9, 15, 17, 18]. Але, за загальноновизнаними уявленнями, усі породи цього регіону були метаморфізовані за умов гранулітової фації ще в археї [4]. Вирішенню проблеми джерела калію і присвячено цю роботу.

Методи дослідження. Для визначення джерела калію ми використали результати вивчення рубідій-стронцієвих ізотопних систем пла-

гіоклазів і апатитів для розрахунків первинних $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ізотопних співвідношень (таблиця).

Нами вивчено рубідій-стронцієві ізотопні системи плагіоклазів та акцесорних апатитів із плагіогнейсів, біотитових гнейсів, чарнокітоїдів (ендербітогнейси, ендербіти і чарнокіти) та двопольовошпатових гранітів Побужжя, а також виконано один аналіз ізотопного складу стронцію кальцифірів хашувато-заваллівської світи бузької серії в кальциті.

Ізотопний склад стронцію вивчали на восьмиколекторному мас-спектрометрі МІ-1201 АТ у статичному режимі. На відміну від апатиту та кальциту, плагіоклази містять незначну кількість рубідію, тому для розрахунків первинного ізотопного співвідношення $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{in}$ ми із виміряного ізотопного співвідношення $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, вираховували радіогенну добавку $^{87}\text{Sr}_r$, за відомими формулами [21], виходячи із співвідношення Rb/Sr у плагіоклазах. Вміст рубідію та стронцію в плагіоклазах визначали методом рентгенофлюоресцентного аналізу (РФА).

Геологія Побужжя. Для продовження обговорення проблеми джерела калію треба розглянути сучасні уявлення про геологічну будову та новітні дані щодо часу формування породної асоціації Дністровсько-Бузького мегаблоку.

На сьогодні серед геологів немає єдиної думки щодо стратиграфічного розчленування суперкрукстальних порід Дністровсько-Бузького мегаблоку. У суперкрукстальному розрізі мегаблоку виділяють два структурні поверхи: нижній, складений палеоархейськими породами дністровсько-бузької серії та верхній, репрезентований неоархейськими породами бузької серії [4]. До *дністровсько-бузької* серії відносять метаморфізовані в умовах гранулітової фації гнейси і кристалосланці основного складу з підлеглими прошарками кальцифірів, залізистих і безрудних кварцитів, що залягають у вигляді залишків серед ендербітів, чарнокітів, бердичівських і побузьких гранітів і мігматитів. У складі серії виділяють п'ять товщ (знизу вгору): **тиврівська** (піроксенові гнейси і кристалосланці з кальцифірами); **гніванська** (піроксенові і гранат-біотитові гнейси та кристалосланці з кальцифірами) і **павлівська** (гнейси піроксенові і гранат-біотитові з магнетитом, кристалосланці і залізисті кварцити) товщі, що корелюють між собою; розріз серії завершують одновікові **березнинська** (гранат-біотитові гнейси з підлеглими кристалосланцями і каль-

**Результати Rb-Sr ізотопних досліджень плагіоклазів та апатитів
із кристалічних порід гранулітової асоціації Побужжя
The results of Rb-Sr isotope research of the plagioclase and apatite
from crystalline of the rocks of the granulite association of the Bug region**

Польовий номер проби	Назва породи	Мінерал, що аналізувався	Вміст, 10 ⁻⁶ г/г		⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr		Вік, ** млн рр.	ε _{Sr}
			⁸⁷ Rb	⁸⁶ Sr		виміряні	виправлені *		
<i>Одеський кар'єр</i>									
186/81	Ендербітогнейс	Плагіоклаз	2,541	35,34	0,0711	0,71242	0,7087	3650	124
186/81	"	Апатит	Не виз.	Не виз.	—	0,71317	0,7132	3650	181
СП-10-24	"	"	"	"	—	0,70152	0,7015	3650	14,6
Е-1	"	Плагіоклаз	0,4936	60,32	0,0081	0,70172	0,7013	3650	18,6
Е-20-1	"	"	1,568	90,85	0,0171	0,70472	0,7038	3650	54,3
Е-20-1	"	Апатит	Не виз.	Не виз.	—	0,70500	0,7050	3650	71,1
Е-28	Грануліт	Плагіоклаз	3,081	28,02	0,1087	0,74670	0,7435	2040	594
<i>Кар'єр Козачий Яр</i>									
108/79	Ендербітогнейс	Плагіоклаз	0,347	51,83	0,0066	0,703355	0,7030	3650	42,9
180/81-1	"	"	0,479	51,82	0,0091	0,70329	0,7028	3650	40,0
Е-37	"	"	1,067	87,34	0,0121	0,70402	0,7034	3650	48,6
Е-46	"	"	0,1749	95,85	0,0018	0,70370	0,7036	3650	51,4
175/81	"	Апатит	Не виз.	Не виз.	—	0,70398	0,7040	3650	49,7
СП-13/3а	"	"	"	"	—	0,70168	0,7017	3650	24,0
СП-13	Ендербіт, лей- косома	"	"	"	—	0,70479	0,7048	2020	42,6
СП-13-1	Те саме	Плагіоклаз	1,160	62,95	0,0182	0,70817	0,70760	2020	82,6
СП-13-1	" "	Апатит	Не виз.	Не виз.	—	0,70888	0,70890	2020	101
Е-31γ	" "	"	"	"	—	0,71711	0,71711	1990	218
<i>Гайворонський кар'єр</i>									
СП-11-1	Ендербітогнейс	Апатит	Не виз.	Не виз.	—	0,70601	0,7060	3650	85,9
СП-11-5	"	Плагіоклаз	6,543	25,83	0,2504	0,71547	0,7023	3650	32,9
<i>Завалівський графітовий кар'єр</i>									
СП-14-5	"	Плагіоклаз	4,258	49,70	0,0847	0,70977	0,70580	3300	77,1
СП-14	Кальцифір	Кальцит	Не виз.	Не виз.	—	0,71557	0,71557	2700	200
<i>Молдовський кар'єр</i>									
СП-7-5	Чарнокіт	Плагіоклаз	11,87	9,953	1,1789	0,75360	0,7190	2060	245
<i>Чаусівський кар'єр</i>									
СП-2-15	Граніт біотито- вий	Апатит	Не виз.	Не виз.	—	0,77655	0,7766	2040	1065
<i>Гайворонське U-Th-TR родовище</i>									
Z-1/13	Граніт апліто- пегматоїдний	Апатит	Не виз.	Не виз.	—	0,75005	0,7501	2030	680
Z-3/13	Те саме	"	"	"	—	0,81736	0,8174	2030	1638
<i>Правий беріг р. Пд. Буг, на схід від Кошаро-Олександрівського кар'єру</i>									
СП-8-19	Гнейс біотито- вий	Плагіоклаз	9,979	20,43	0,48283	0,73261	0,7186	2040	239
<i>Правий беріг р. Пд. Буг навпроти с. Зелена Левада</i>									
СП-23-5	Гнейс біотито- вий	Плагіоклаз	16,33	13,73	1,1757	0,76192	0,7278	2040	370
<i>Літинський кар'єр</i>									
86/78а	Ендербіт	Апатит	Не виз.	Не виз.	—	0,70808	0,7081	2800	94,5
196/81	"	"	"	"	—	0,70680	0,7068	2800	76,3
40/72-2	Плагіогнейс Rх	"	"	"	—	0,70552	0,7055	2800	58,0
76/73	"	"	"	"	—	0,70657	0,7066	2800	73,0
<i>Лівий борт долини р. Згар, на схід від Літинського кар'єру, західніше с. Городище, район відмітки 290,6</i>									
ВП-5	Орх плагіогнейс	Плагіоклаз	1,228	65,25	0,0186	0,70407	0,7035	2200	27,1

Польовий номер проби	Назва породи	Мінерал, що аналізувався	Вміст, 10 ⁻⁶ г/г		⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr		Вік, ** млн рр.	ε _{Sr}
			⁸⁷ Rb	⁸⁶ Sr		виміряні	виправлені *		
<i>Малинівський кар'єр</i>									
ВП-1	Антипертитовий ендербіт	Плагіоклаз	9,680	105,2	0,091	0,70523	0,7026	2060	11,4
ВП-3	Те саме	"	1,861	82,08	0,0224	0,70420	0,7035	2060	24,2
ВП-3-5	Кристалосланець	"	3,988	51,39	0,0767	0,70375	0,7016	2010	-2,8
ВП-3-1	Орх плагіогнейс	"	1,781	42,29	0,0416	0,70536	0,7032	3650	45,7
<i>Русанівський кар'єр, с. Голосково</i>									
3/70	Чарнокіт	Апатит	Не виз.	Не виз.	—	0,70568	0,7057	2800	60,3
128/79	Гнейс піроксенний	"	" "	" "	—	0,70896	0,7090	2800	107
<i>Гніванський кар'єр</i>									
ВП-2-11	Гр-Бі-Гіп гнейс	Плагіоклаз	4,747	36,56	0,12835	0,7090	0,7050	2200	48,5
<i>Іванівський кар'єр</i>									
i-2	Граніт бердичівський	Плагіоклаз	11,534	140,22	0,0813	0,7077	0,7053	2040	43
i-3	Те саме	"	11,743	153,28	0,0757	0,70726	0,70503	2040	39
i-5	" "	"	14,446	209,48	0,0682	0,70674	0,70474	2040	35
i-7	" "	"	7,409	168,90	0,0434	0,70486	0,70359	2040	19
i-4	Гнейс піроксеновий	"	3,190	167,95	0,0188	0,70308	0,7025	2040	3,4
<i>Жезелівський кар'єр</i>									
Ж-3	Лейкосома 1	Плагіоклаз	7,450	110,45	0,0667	0,70640	0,7044	2040	31
Ж-4/1	Лейкосома	"	3,241	124,19	0,0258	0,70602	0,7053	2040	42
Ж-5	"	"	6,296	122,65	0,0507	0,70721	0,7057	2040	49
Ж-6	Граніт бердичівський	"	0,979	137,04	0,0071	0,70885	0,7086	2040	90
ВП-9-2	Бі + Гіп плагіогнейс	"	1,091	10,06	0,1072	0,72219	0,7188	2200	245
Ж-4	Гнейс піроксеновий	"	4,548	41,34	0,1088	0,70970	0,7065	2040	60
<i>Сабарівський кар'єр</i>									
П-1/10	Граніт бердичівський	Апатит	Не виз.	Не виз.	—	0,72094	0,7209	2040	266
П-2	Те саме	"	" "	" "	—	0,74023	0,7402	2040	540
14/13	" "	"	" "	" "	—	0,73140	0,7314	2050	415

П р и м і т к а. * — ізотопні співвідношення, з яких вираховано радіогенну добавку ⁸⁷Sr_{rad}; ** — час (вік порід), на який розраховано ε_{Sr} та радіогенну добавку ⁸⁷Sr_{rad}; Не виз. — не визначали.

Н o t e. * — isotope ratio, of which the radiogenic addition was calculated ⁸⁷Sr_{rad}; ** — the time (age of rocks), of which the radiogenic addition was calculated ⁸⁷Sr_{rad}; Не виз. — has not been analyzed.

цифірами) і **зеленолевадівська** (лейкократові гранат- і піроксенвмісні біотитові гнейси, часто лептитоподібні). Потужність тиврівської товщі перевищує 1100 м, павлівської понад 800 м, березнинської оцінюється в 3000—4000 м та зеленолевадівської досягає 500 м [20], а за оцінками [2, 22] — близько 4000 м.

Бузька серія малопоширена: віднесені до її складу породи виповнюють вузькі синклінальні структури північно-західного простягання, переважно в Середньому Побужжі: Кошаро-

Олександрівську, Хашувато-Заваллівську, Молдовську, Тарноватську, Грушківську, Капітанську, Чаусівську та ін. Серію розділено на дві світи: кошаро-олександрівську (нижню) і хашувато-заваллівську.

Кошаро-олександрівську світу (до 800 м) складено переважно кварцитами, високоглиноземистими гнейсами і кристалосланцями (часто з графітом). У складі *хашувато-заваллівської світи* (2,1 км) широко розвинуті карбонатні породи (мармури і кальцифіри), які асоціюють із графіт-,

гранат-біотитовими (місцями із силіманітом), біотитовими і піроксеновими гнейсами, а також залістисті кварцити, що перемежуються з піроксеновими гнейсами та кристалосланцями.

Геологи львівської школи вважають, що породна асоціація Побужжя була сформована в ході одного геоісторичного етапу і виділяють ряд формацій-світ, котрі без суттєвих перерв послідовно змінюють одна одну в часі [2, 6].

Існують свідчення, що грануліти, біотитові та гранат-біотитові гнейси, насамперед віднесені до зеленолевадівської товщі, є продуктом кремній-калієвого метасоматозу, який був накладений на породи гранулітової асоціації Середнього Побужжя в палеопротерозої (1,99—2,04 млрд рр. тому) [9, 11, 18].

Різні дослідники отримали ряд реперних ізотопних дат локальним [2, 7, 8, 13, 15, 19, 23—25 та ін.] та класичним [12, 13 та ін.] уран-свинцевим ізотопним методом для стратигенних порід дністровсько-бузької серії (тиврівська, зеленолевадівська та березнинська товщі) та кошаро-олександрівської світи бузької серії, але найкраще ізотопними датами охарактеризовані магматичні породи та накладені ендегенні процеси (метаморфізм, метасоматоз тощо) [9—12, 15, 17, 18 та ін.].

Час накопичення тиврівської товщі — 3,65 млрд рр. тому [2, 7, 8, 24]. Більш давні цифри ізотопного віку (3,9—3,7 млрд рр. [24]) отримані для фрагментів реліктових зерен, на наш погляд, кластогенного циркону, і відображають вік джерела зносу кластогенного матеріалу.

Породи тиврівської товщі зазнали численних структурно-метаморфічних перетворень і декількох етапів вкорінення інтрузивних порід у інтервалі 3,65—1,95 млрд рр. тому [2, 7—9, 11, 17 та ін.]. Найдавнішими є плагіограніти, розкриті північним бортом Заваллівського графітового кар'єру, вік яких становить $3281,1 \pm 7,7$ млн рр. Самі плагіограніти зазнали структурно-метаморфічної переробки, в результаті якої в них кристалізувався циркон ($2668,4 \pm 7,8$ млн рр.) та в палеопротерозої — близько 2,0 млрд рр. тому [2, 7].

Біотитові гнейси та калішпатизовані біотитові плагіогнейси, відібрані із ділянок поширення т. зв. зеленолевадівської товщі, за результатами уран-свинцевого ізотопного датування монацитів були сформовані у палеопротерозої (2,04—1,99 млрд рр. тому) [9, 11, 18].

Результати ізотопного датування монацитів і цирконів, у тому числі реліктових ядер цир-

кону, виділених із бердичівських гранітоїдів, розкритих Жежелівським кар'єром, отримані локальним уран-свинцевим ізотопним методом [15], свідчать, що формування бердичівських гранітоїдів відбулося 2,04 млрд рр. тому. Довше формувалися гранітоїди бердичівського типу, поширені в Іванівському кар'єрі. Водночас гранітоїди обох зазначених ділянок були сформовані по вулканогенно-осадовій товщі (березнинська), яка накопичилася за рахунок розмиву порід, віком 2,19—2,08 млрд рр. Це підтверджує висновок про їх палеопротерозойський вік, зроблений на основі самарій-неодимового ізотопного датування [3].

Схожі результати отримано для цирконів гіперстенового плагіогнейсу, поширеного в долині р. Згар, східніше від м. Літин, зі стратигенового розрізу ендербіто-гнейсової (гіперстенової гнейсово-кристалосланцевої) формації (нижня частина розрізу тиврівської товщі, за [2, 6]), локальним уран-свинцевим ізотопним методом [19]. Практично для усіх проаналізованих ділянок кристалів циркону отримано конкордантні значення віку. Вік циркону оболонки складає 2036 ± 10 млн рр., що добре збігається з віком монациту із чарнокіту, поширеного західніше, в Літинському кар'єрі [17]. Для циркону ядер отримано ряд ізотопних дат, максимальні із яких за співвідношенням $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} = 2145$, а за співвідношенням $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} = 2152$ млн рр., тобто ніяких давніших за 2,2 млрд рр. (з урахуванням похибки вимірювання) кристалів (ядер) циркону в плагіогнейсі не виявлено. Палеопротерозойські значення віку отримано для цього плагіогнейсу і самарій-неодимовим ізотопним методом.

Для визначення нижньої вікової межі формування порід кошаро-олександрівської світи бузької серії в різний час нами було датовано циркони із кварцитів базального горизонту цієї світи, при цьому уран-свинцевим класичним ізотопним методом датували обідрані кристали (ядра) циркону кварцитів Шамраївської структури [12], а локальним уран-свинцевим ізотопним методом — ядра в кристалах циркону із кварцитів Кошаро-Олександрівської структури [13, 23]. Отримані результати дали змогу визначити нижню вікову межу — 2,8 млрд рр. у першому та 2,7 млрд рр. у другому випадку. Близькі результати отримані Л.В. Шумлянським зі співавторами для цирконів із кварциту, які формують скельні виступи на правому березі р. Пд. Буг нижче с. Завалля

(Заваллівська структура) [25]. Вік монацитів із кварцитів Шамраївської структури, визначений класичним уран-свинцевим ізотопним методом, становив $1857,5 \pm 1,1$ та в Кошаро-Олександрівській — $2062,4 \pm 4,4$ млн рр.

Практично всі двопольовошпатові гранітоїди Побужжя (бердичівський та побузький комплекси) були сформовані у віковому інтервалі 2,06—1,96 млн рр. тому [17].

Таким чином породна асоціація Дністровсько-Бузького мегаблоку формувалася понад 1,6 млрд рр. (у віковому інтервалі 3,65—1,95 млрд рр. тому) і протягом цього часу періодично зазнавала структурно-метаморфічних перетворень. Це можливо лише за умови, що породи перебували в геодинамічних умовах колізійної обстановки гімалайського типу [10].

Результати та обговорення. За самими скромними підрахунками, породи, вміст калію в яких перевищує декілька відсотків у розрізі стратигенних утворень Побужжя, складають біля 20 %. Приблизно таку ж площу займають виходи двопольовошпатових гранітів. Тож звідки надійшов калій, що спричинив чарнокітизацію та пізніше формування двопольовошпатових гранітів, біотитових та біотит-гранатових гнейсів у кристалічних породах Середнього Побужжя?

Можна передбачити, що в цих процесах калій глибинний. Тоді ізотопне співвідношення $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{in}$ у метасоматитах і двопольовошпатових гранітах має бути не вищим, ніж це співвідношення у породах субстрату на момент формування гранітів і метасоматитів.

Для з'ясування джерела калію суперкратальних порід (гнейси, грануліти) та гранітоїдів (антипертитові ендербіти, чарнокіти, двопольовошпатові граніти) Дністровсько-Бузького мегаблоку нами було вивчено рубідій-стронцієві ізотопні системи плагіоклазів та акцесорних апатитів. Ізотопний склад стронцію кальцифірів хашувато-заваллівської світи бузької серії визначили за кальцитом. Ці мінерали є акцепторами стронцію, окрім того в апатиті та кальциті практично відсутній рубідій, а стронцій, що в них вміщується, зберігає свій ізотопний склад практично без змін протягом усього часу існування за умови, що вмісні породи не зазнавали впливу ендегенних процесів, за яких апатит (кальцит) міг перекристалізуватися чи дорости пізнішою генерацією. На відміну від апатиту та кальциту, плагіоклази містять незначну кількість рубідію,

тому для розрахунків первинного ізотопного співвідношення ми із виміряного ізотопного співвідношення $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ вираховували радіогенну добавку $^{87}\text{Sr}_r$, за відомими формулами [21], виходячи із співвідношення Rb/Sr в плагіоклазах. Вміст рубідію та стронцію в плагіоклазах визначили методом РФА. Результати аналітичних досліджень наведено в таблиці.

У породах субстрату (плагіогнейси, ендербітогнейси) Середнього Побужжя співвідношення $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{in}$ коливається в межах 0,7013—0,7132 (таблиця). Грануліт (проба Е-28), біотитові гнейси (пр. СП-8-19, СП-23-5), чарнокіт (пр. СП-7-5), біотитові граніти у тому числі апліто-пегматоїдні їх відміни (пр. СП-2-15, Z-1/13 та Z-3/13), що сформувалися у віковому інтервалі 2,06—2,03 млрд рр. тому [17, 18], характеризуються суттєво вищими значеннями первинного співвідношення $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{in}$ (0,719—0,817, таблиця). Це заперечує можливість надходження мантійного стронцію разом із калієм. Деяко підвищені значення $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{in}$ (0,7048—0,7171) отримано для лейкосом мігматитів (пр. СП-13, СП-13-1) і жильного тіла ендербіту (пр. Е-31γ), порівняно з ендербітогнейсами, що їх вміщують (таблиця).

Логічно припустити, що і в цьому випадку, як і під час формування двопольовошпатових гранітоїдів Середнього Придніпров'я, джерелом калію був біотит, але, на відміну від гранітоїдів Придніпров'я, біотит молодших, вірогідно, неархейських чи (та) палеопротерозойських породних асоціацій, що перебували у *PT*-умовах гранулітової фації метаморфізму, тобто були занурені на глибини, в результаті їх субдукції в колізійних геодинамічних умовах [10]. Ще одним непрямим свідченням надходження із зони "гранулітового метаморфізму" калію та стронцію, збагаченого радіогенним ізотопом ^{87}Sr , є значно вищий вміст урану в палеопротерозойських двопольовошпатових породах. На цей хімічний елемент досить сильно збагачені двопольовошпатові граніти, порівняно з ендербітогнейсами, які їх вміщують, і циркони усіх названих вище палеопротерозойських двопольовошпатових порід. Як відомо, на уран збіднені породи, метаморфізовані в умовах гранулітової фації.

Підкреслимо, що "зростання" первинного співвідношення $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{in}$ у результаті привнесення флюїдом калію разом зі стронцієм, збагаченим радіогенним ізотопом ^{87}Sr , буде тим більшим, чим більше буде привнесено як са-

мого стронцію, і чим більше буде у ньому радіогенного ізотопу $^{87}\text{Sr}_r$. Останнє залежить від часу (тривалості існування біотиту) накопичення цього ізотопу. В цьому сенсі добре корелюють результати вивчення рубідій-стронцієвих ізотопних систем плагіоклазів і апатитів у породах Верхнього Побужжя (таблиця) з результатами їх датування уран-свинцевим ізотопним методом, охарактеризованими вище. Майже для всіх порід (за деякими винятками): плагіогнейс серед бердичівських гранітів Желівського кар'єру, пр. ВП-9-2 — 0,7188 та гранат-біотитові граніти Сабарівського кар'єру — від 0,721 до 0,740), для гнейсів ксенолітів і для двопольовошпатових гранітоїдів отримано нижчі значення $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{in}$ — 0,7013—0,709, ніж у породах Середнього Побужжя (таблиця).

Тобто у молодих — палеопротерозойських (за результатами уран-свинцевого та самарій-неодимового ізотопного датування [3, 15, 19]) породах Верхнього Побужжя не зміг накопичитися радіогенний ізотоп $^{87}\text{Sr}_r$ у кількості, достатній для суттєвішого зростання первинного співвідношення $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{in}$. Стронцій, який надійшов разом з калієм у породи гранулітової асоціації Середнього Побужжя, був суттєво збагачений цим радіогенним ізотопом. Це дає підстави припустити, що в результаті субдукції під породи Середнього Побужжя були занурені або неархейські породи, що мали тривалий час для накопичення ізотопу $^{87}\text{Sr}_r$, або палеопротерозойські утворення, збагачені калієм та рубідієм. У останньому випадку збагачення

ізотопного складу стронцію радіогенним ізотопом $^{87}\text{Sr}_r$ обумовлено високим співвідношенням Rb/Sr у породах, що занурювались.

Таким чином, запропонована модель логічно пояснює надходження калію в палеопротерозої (2,06—1,99 млрд рр. тому) у породи суттєво натрієвого ряду (ендербітоїди), палеопротерозойську структурно-метаморфічну та тектоно-магматичну активізацію, що проявилася в Середньому Побужжі в палеопротерозої, а також численні структурно-метаморфічні перетворення порід гранулітової асоціації від палеоархею до повної консолідації Середнього Побужжя близько 2,0 млрд рр. тому, обумовлені тривалим перебуванням цих порід у колізійних геодинамічних умовах.

Висновки: 1. Джерелом калію у ході формування двопольовошпатових гранітів Середнього Побужжя є неархейські та (або) палеопротерозойські корові утворення, занурені під породи гранулітової асоціації в результаті субдукції.

2. Найвірогіднішими геодинамічними умовами формування двопольовошпатових гранітів та проявів кремній-калієвого метасоматозу, що спричинили розвиток гнейсів, насамперед т. зв. зеленолевадівської товщі Середнього Побужжя, є колізійна обстановка гімалайського типу.

3. Відносно низькі значення первинного ізотопного співвідношення $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{in}$ у породах Верхнього Побужжя є опосередкованим свідченням їх молодого (палеопротерозойського) віку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Артеменко Г.В., Самборская И.А., Гоголев К.И., Высоцкий А.Б. U-Pb возраст двупольовошпатовых гранитов Вишневецкого массива Славгородского блока (Среднеприднепровский мегаблок Украинского щита) // Допов. НАН України. — 2017. — № 8. — С. 51—56.
2. Бобров А.Б., Кирилюк В.П., Гошовский С.В., Степанюк Л.М., Гурский Д.С., Лысак А.М., Сиворонов А.А., Безвинный В.П., Зюльцле В.В., Приходько В.Л., Шпыльчак В.А. Гранулитовые структурно-формационные комплексы Украинского щита — европейский эталон // Стратиграфия, геохронология и корреляция нижнедокембрийских породных комплексов фундамента Восточно-Европейской платформы: Путевод. геол. экскурсий Междунар. науч.-практ. конф. (31 мая—4 июня 2010 г.). — Киев: УкрГГРИ, 2010. — 160 с.
3. Довбуш Т.И., Скобелев В.М., Степанюк Л.М. Результаты изучения докембрийских пород западной части Украинского щита Sm-Nd изотопным методом // Минерал. журн. — 2000. — 22, № 2—3. — С. 132—142.
4. Єсипчук К.Ю., Бобров О.Б., Степанюк Л.М., Щербак М.П., Глеваський Є.Б., Скобелев В.М., Дранник А.С., Гейченко М.В. Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита (схема та поясн. зап.). — Київ: УкрДГРІ, НСК України, 2004. — 30 с.
5. Кривдік С.Г., Кравченко Г.Л., Томурко Л.Л., Дубина О.В., Загітко В.М., Рокачук Т.А., Шнюкова К.Є., Мінеєва В.М. Петрологія і геохімія чарнокітоїдів Українського щита. — Київ: Наук. думка, 2011. — 216 с.
6. Лазько Е.М., Кирилюк В.П., Сиворонов А.А., Яценко Г.М. Нижний докембрий западной части Украинского щита (возрастные комплексы и формации). — Львов: Вища шк., 1975. — 239 с.
7. Лобач-Жученко С.Б., Степанюк Л.М., Пономаренко А.Н., Балаганский В.В., Сергеев С.А., Пресняков С.Л. Возраст цирконов из эндербито-гнейсов Среднего Побужья (Днестровско-Бугский мегаблок Украинского щита) // Минерал. журн. — 2011. — 33, № 1. — С. 3—14.

8. Лобач-Жученко С.Б., Балаганский В.В., Балтыбаев Ш.К., Степанюк Л.М., Пономаренко А.Н., Лохов К.И., Корешкова М.Ю., Юрченко А.В., Егорова Ю.С., Сукач В.В., Бережная Н.Г., Богомолов Е.С. Этапы формирования побужского гранулитового комплекса: новые структурно-петрологические и изотопно-геохронологические данные (Среднее Побужье, Украинский щит) // *Мінерал. журн.* — 2013. — **35**, № 4. — С. 87—99.
9. Пономаренко О.М., Степанюк Л.М., Кривдік С.Г., Синицин В.О. Радиогеохронологія процесів метасоматозу в кристалічних породах Українського щита // *Геохімія та рудоутворення.* — 2012. — Вип. 31-32. — С. 24—29.
10. Пономаренко А.Н., Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В. Геохронологія і геодинаміка палеопротерозоя Українського щита // *Мінерал. журн.* — 2014. — **36**, № 2. — С. 48—60.
11. Степанюк Л.М. Метасоматична природа біотитових та біотит-гранатових гнейсів Середнього Побужжя // *Допов. НАН України.* — 1997. — № 1. — С. 133—136.
12. Степанюк Л.М., Скобелев В.М., Довбуш Т.І., Пономаренко О.М. Уран-свинцевий ізотопний вік монациту та кластогенного циркону із кварциту кошаро-олександрівської світи — вікові межі формування порід бузької серії // *Зб. наук. пр. УкрДГРІ.* — 2004. — № 2. — С. 43—50.
13. Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В., Пономаренко О.М., Довбуш Т.І. До питання про вікові межі формування кошаро-олександрівської світи бузької серії Побужжя // *Геохімія та рудоутворення.* — 2010. — № 28. — С. 4—10.
14. Степанюк Л.М., Бобров А.Б., Довбуш Т.И., Пономаренко А.Н., Сергеев С.А., Ларионов Л.М. Геологическое строение и геохронология гранулитового комплекса Славгородской глыбы (Среднеприднепровский мегаблок, Украинский щит) // *Изотопные системы и время геологических процессов: Материалы IV Рос. конф. по изотоп. геохронологии: в 2-х т. (2—4 июня 2009 г., ИГГД РАН), Т. 2.* — СПб. : ИП Каталкина, 2009. — С. 200—202.
15. Степанюк Л.М., Пономаренко О.М., Петриченко К.В., Курило С.І., Довбуш Т.І., Сергеев С.А., Родіонов М.В. Уран-свинцева ізотопна геохронологія гранітоїдів бердичівського типу Побужжя (Український щит) // *Мінерал. журн.* — 2015. — **37**, № 3. — С. 51—66.
16. Степанюк Л.М., Курило С.І., Котвицька І.М. Ймовірні джерела родоначальних магм двопольовошпатових гранітів та умови магмогенерації (на прикладі Середньопридніпровського мегаблоку УЩ) // *Мінерал. журн.* — 2016. — **38**, № 3. — С. 81—90.
17. Степанюк Л.М., Довбуш Т.І., Курило С.І., Лісна І.М. Фінальний етап гранітоїдного магматизму в Дністровсько-Бузькому мегаблочі Українського щита // *Геохімія та рудоутворення.* — 2016. — Вип. 36. — С. 72—81.
18. Степанюк Л.М., Довбуш Т.І., Курило С.І., Зюльде О.В., Яськевич Т.Б. Уран-свинцевий вік монацитів біотитових гнейсів Середнього Побужжя Українського щита // *Мінерал. журн.* — 2017. — **39**, № 2. — С. 46—56.
19. Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В. Уран-свинцевий вік цирконів гіперстенового плагіогнейсу долини р. Згар (Верхнє Побужжя, Український щит) // *Мінерал. журн.* — 2017. — **39**, № 3. — С. 67—74. — doi: <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.39.03.067>
20. *Стратиграфические разрезы докембрия Украинского щита* / Н.П. Щербак, К.Е. Есипчук, Б.З. Берзенин, Е.Б. Глевасский, А.С. Дранник, Ю.К. Пийяр, Р.М. Полуновский, Т.А. Скаржинская, В.Н. Соловицкий, И.М. Этингоф, Я.П. Билынская, В.И. Ганоцкий, Г.Ф. Гузенко, А.С. Киселев, В.М. Ключков, В.В. Решетняк, Н.И. Босая, С.Г. Воронова, В.И. Пилипенко. — Киев : Наук. думка, 1985. — 168 с.
21. Фор Г. Основы изотопной геологии / Пер. с англ. И.М. Горохов, Ю.А. Шуколоков. — М. : Мир, 1989. — 590 с.
22. Яценко Г.М. Нижний докембрий центральной части Украинского щита (строение и металлогенические особенности формаций). — Львов : Вища шк., 1980. — 140 с.
23. Bibikova E.V., Fedotova A.A., Claesson S., Stepanyuk L.M. Early Crust of the Podolia Domain of the Ukrainian Shield: Isotopic Age of Terrigenous Zircons from Quartzites of the Bug Group // *Stratigraphy and Geological Correlation.* — 2015. — **23**, № 6. — P. 555—567.
24. Claesson S., Bibikova E., Bogdanova S., Skobelev V. Archaean terranes, Palaeoproterozoic reworking and accretion in the Ukrainian Shield, East European Craton, Europeans Lithosphere Dynamics // *Geol. Soc. London. Mem.* — 2006. — **32.** — P. 645—654.
25. Shumlyansky L., Hawkesworth C., Dhuime B., Billström K., Claesson S., Storey C. ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb ages and Hf isotope composition of zircons from sedimentary rocks of the Ukrainian Shield: crustal growth of the south-western part of East European craton from Archaean to Neoproterozoic // *Precamb. Res.* — 2015. — **260.** — P. 39—54.

Надійшла 30.08.2018

REFERENCES

1. Artemenko, G.V., Samborskaya, I.A., Gogolev, K.I. and Vysotskiy, O.B. (2017), *Dopov. Nats. akad. nauk Ukrainy*, No. 8, Kyiv, UA, pp. 51-56.
2. Bobrov, A.B., Kyrylyuk, V.P., Hoshovskiy, S.V., Stepanyuk, L.M., Hurskiy, D.S., Lysak, A.M., Syvoronov, A.A., Bezvynnyi, V.P., Ziultsle, V.V., Prykhodko, V.L. and Shpylchak, V.A. (2010), *Putevoditel geolog. ekskursiy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 31 maia - 4 yunია*, UkrSGRI press, Kyiv, UA, 160 p.
3. Dovbush, T.I., Skobelev, V.M. and Stepanyuk, L.M. (2000), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 22, No. 2-3, Kyiv, UA, pp. 132-142.

4. Yesypchuk, K.Yu., Bobrov, O.B., Stepanyuk, L.M., Shcherbak, M.P., Glevaskiy, Ye.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)*, UkrSGRI, NSC Ukraine, Kyiv, UA, 30 p.
5. Kryvdik, S.G., Kravchenko, G.L., Tomurko, L.L., Dubyna, O.V., Zagritko, V.M., Rokachuk, T.A., Shnyukova, K.Ye. and Mineyeva, V.M. (2011), *Petrolihiya and geokhimiya charnokitoyidiv Ukrayinskoho shchitya*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 216 p.
6. Lazko, E.M., Kyrylyuk, V.P., Sivoronov, A.A. and Yatsenko, G.M. (1975), *Lower Precambrian of the Western Ukrainian Shield (age complexes and formations)*, Vysha shkola, Lvov, UA, 239 p.
7. Lobach-Zhuchenko, S.B., Stepanyuk, L.M., Ponomarenko, A.N., Balaganskiy, V.V., Sergeev, S.A. and Presnyakov, S.L. (2011), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 33, No. 1, Kyiv, UA, pp. 3-14.
8. Lobach-Zhuchenko, S.B., Balaganskiy, V.V., Baltybayev, Sh.K., Stepanyuk, L.M., Ponomarenko, A.N., Lokhov, K.I., Koshkova, M.Yu., Yurchenko, A.V., Yegorova, Yu.S., Sukach, V.V., Berezhnaya, N.G. and Bogomolov, E.S. (2013), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 35, No. 4, Kyiv, UA, pp. 87-99.
9. Ponomarenko, O.M., Stepanyuk, L.M., Kryvdik, S.G. and Sinitsyn, V.M. (2012), *Geokhimiya ta rudoutvorenniya*, Vyp. 31-32, Kyiv, UA, pp. 24-29.
10. Ponomarenko, O.M., Stepanyuk, L.M. and Shumlyansky, L.V. (2014), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 36, No. 2, Kyiv, UA, pp. 48-60.
11. Stepanyuk, L.M., (1997), *Dopov. Nats. akad. nauk Ukrainy*, No. 1, Kyiv, UA, pp. 133-136.
12. Stepanyuk, L.M., Skobelev, V.M., Dovbush, T.I. and Ponomarenko, O.M. (2004), *Scientific proc. of UkrSGRI*, No. 2, Kyiv, UA, pp. 43-50.
13. Stepanyuk, L.M., Shumlyansky, L.V., Ponomarenko, O.M. and Dovbush, T.I. (2010), *Geokhimiya ta rudoutvorenniya*, No. 28, Kyiv, UA, pp. 4-10.
14. Stepanyuk, L.M., Bobrov, A.B., Dovbush, T.I., Ponomarenko, A.N., Sergeev, S.A. and Larionov, L.M. (2009), *Materialy IV Rossiyskoy konf., Sankt-Petersburg 2-4 iyunia*, IGGD RAS, 2009, Vol. 2, St. Petersburg, RU, pp. 200-202.
15. Stepanyuk, L.M., Ponomarenko, O.M., Petrychenko, K.V., Kurylo, S.I., Dovbush, T.I., Sergeev, S.A. and Rodionov, M.V. (2015), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 37, No 3, Kyiv, UA, pp. 51-66.
16. Stepanyuk, L.M., Kurylo, S.I. and Kotvitska, I.M. (2016), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 38, No. 3, Kyiv, UA, pp. 81-90.
17. Stepanyuk, L.M., Dovbush, T.I., Kurylo, S.I. and Lesnaya, I.M. (2016), *Geokhimiya ta rudoutvorenniya*, Vyp. 36, Kyiv, UA, pp. 72-81.
18. Stepanyuk, L.M., Dovbush, T.I., Kurylo, S.I., Zultsle, O.V. and Yaskevitch, T.B. (2017), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 39, No. 2, Kyiv, UA, pp. 46-56.
19. Stepanyuk, L.M. and Shumlyansky, L.V. (2017), *Mineral. Journ. (Ukraine)*, Vol. 39, No. 3, Kyiv, UA, pp. 67-74, doi: <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.39.03.067>
20. Shcherbak, N.P., Esipchuk, K.E., Berzenin, B.Z., Glevasskiy, E.B., Drannik, A.S., Piyar, Yu.K., Polunovskiy, R.M., Skarzhinskaya, T.A., Solovitskiy, V.N., Etingof, I.M., Bilynskaya, Ya.P., Ganotskiy, V.N., Gusenko, G.F., Kiselev, A.S., Klochkov, V.M., Reshetnyak, V.V., Bosaya, N.I., Voronova, S.G. and Pilipenko, V.I. (1985), *Stratigraphic sections of the Precambrian of Ukrainian Shield*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 168 p.
21. For, H. (1989), *Osnovy szotopnoi geologii*, Transl. with Engl. Gorokhov, I.M. and Shukolyukov, Yu.A., Mir, Moscow, RU, 590 p.
22. Yatsenko, G.M. (1980), *Nizhniy dokembriy tsentralnoyi chasti Ukrainskogo shchitya (stroenie i metallogenicheskie osobennosti formatsiy)*, Vushcha shkola, I. Franko Lviv Univ. press, Lviv, UA, 140 p.
23. Bibikova, E.V., Fedotova, A.A., Claesson, S. and Stepanyuk, L.M. (2015), *Stratigraphy and Geological Correlation*, Vol. 23, No. 6, Moscow, RU, pp. 555-567.
24. Claesson, S., Bibikova, E., Bogdanova, S. and Skobelev, V. (2006), *Geol. Soc. London. Mem.*, Vol. 32, pp. 645-654.
25. Shumlyansky, L., Hawkesworth, C., Dhuime, B., Billström, K., Claesson, S. and Storey, C. (2015), *Precam. Res.*, Vol. 260, pp. 39-54.

Received 30.08.2018

Л.М. Степанюк ¹, И.Н. Котвицкая ¹, А.В. Андреев ², С.И. Курило ¹, А.В. Гринченко ²

¹ Інститут геохімії, мінералогії і рудообрання ім. Н.П. Семененко НАН України
03142, г. Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34
E-mail: stepaniuk@nas.gov.ua

² Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Учебно-научний інститут "Інститут геології"
03022, г. Київ, Україна, ул. Васильківська, 90
E-mail: andreev@univ.kiev.ua

ЗРЕЛАЯ КОНТИНЕНТАЛЬНАЯ КОРА И ИСТОЧНИК КАЛИЯ

Ранние породные ассоциации Земли характеризуются резким преобладанием натрия над калием. Для объяснения источника калия при формировании двуполевошпатовых гранитоидов Приднепровья ранее нами была предложена петрологическая модель, согласно которой источником радиогенного изотопа ⁸⁷Sr, рубидия и калия, повышенные количества которых являются характерными для этих пород, является биотит пород субстра-

та, который, попадая в зону перехода от *PT*-условий амфиболитовой фации к гранулитовой, становится нестабильным и превращается в гиперстен, а указанные элементы и вода переходят во флюид. Для определения источника калия в суперкрупных породах (гнейсы, гранулиты) и гранитоидах (антипертитовые эндербиты, чарнокиты, двуполевошпатовые граниты) Днестровско-Бугского мегаблока, мы изучили рубидий-стронциевые изотопные системы плагиоклазов и изотопный состав ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) в акцессорных апатитах. В породах субстрата (плагиогнейсы, эндербитогнейсы) Среднего Побужья отношение $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{in}$ варьирует в пределах 0,7013—0,7132. В то же время, как гранулиты, биотитовые гнейсы, чарнокитоиды, биотитовые граниты и в том числе аплито-пегматоидные их разновидности, сформированные в возрастном интервале 2,06—2,03 млрд лет т. н., характеризуются более высокими показателями первичного отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{in}$ (0,719—0,817). Древнейшие породы этого мегаблока содержат биотит в акцессорных количествах, поэтому сделано предположение, что при формировании двуполевошпатовых гранитоидов Среднего Приднепровья источником калия был биотит, однако, в отличие от гранитоидов Приднепровья, биотит более молодых, вероятно, неархейских или (и) палеопротерозойских породных ассоциаций, погруженных на глубину в результате их субдукции в коллизионных геодинамических условиях, где господствовали *PT*-условия гранулитовой фации метаморфизма.

Ключевые слова: континентальная кора, архей, протерозой, калий, радиогенный стронций.

*L.M. Stepanyuk*¹, *I.M. Kotvitska*¹, *A.V. Andreev*², *S.I. Kurylo*¹, *O.V. Grinchenko*²

¹ М.Р. Семеновский институт геохимии, минералогии и образования руд НАН Украины
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142

E-mail: stepaniuk@nas.gov.ua

² Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко
Образовательный-научный институт "Институт геологии"
90, Vasylkivska Str., Kyiv, Ukraine, 03022

E-mail: andreev@univ.kiev.ua

AN EVOLVED CONTINENTAL CRUST AND A SOURCE OF POTASSIUM

The early rock associations of Earth are characterized by a large predominance of sodium over potassium. The oldest rocks of the Dniester-Bug megablock are pyroxene plagiogneisses (enderbite gneisses) of the Palaeoarchean age. Rocks of the Na-K series (charnockites, biotitic and garnet-biotitic gneisses), related to Zelenolevadivka strata and present as well in other stratigraphic units of the Bug area, together with two-feldspar granitoids (Pobuzhzhya and Berdychiv complexes) form about 40 % of the megablock's volume. According to the results of U-Pb isotope monazite dating, they were formed at 2.06-1.96 Ga. So, potassium appeared in the megablock mainly in the Palaeoproterozoic. Previously, the petrological model was proposed to explain a possible source of potassium in two-feldspar granitoids of the Middle Dnieper domain. According to the model, biotite of the parental (substrate) rocks is envisaged as a possible source of radiogenic ^{87}Sr , as well as Rb and K, in which these granitoids are enriched. At *PT*-conditions of amphibolite to granulite facies transition, biotite becomes unstable and is replaced by hypersthene, whereas mentioned elements and water expelled into the fluid phase. To recognize the possible source of potassium in supracrustal rocks (gneisses, granulites) and granitoids (antiperthite enderbites, charnockites, two-feldspar granites) of the Dniester-Bug megablock, the Rb-Sr isotope systematics of plagioclases and apatites are studied. The $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{in}$ ratio in protholith rocks (plagiogneisses, enderbite gneisses) of the Middle Bug area varies within 0.7013-0.7132. At the same time, granulites, biotite gneisses, charnockitoides, biotite granites and their aplite-pegmatite varieties formed at 2.06-2.03 Ga, have much higher initial (primary) $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{in}$ values (0.719-0.817). As the oldest rocks of this megablock contain biotite as accessory mineral, we suppose that, similarly to two-feldspar granitoids of the Middle Dnieper domain, biotite was the source of potassium during the formation of two-feldspar granitoids. However, unlike granitoids of the Middle Dnieper domain, this biotite was present in much younger, possibly Neoproterozoic or (and) Paleoproterozoic rock associations, that were buried at depths (*PT*-conditions) of granulite facies metamorphism. Such a subsidence could have place occur as a result of subduction at collision geodynamic conditions.

Keywords: continental crust, Archean, Proterozoic, potassium, radiogenic strontium.