

УДК 551.71/.72(477)

О.О. Павлова, О.М. Пономаренко

ГЕОХРОНОМЕТРИЯ ДОКЕМБРИЙСЬКИХ ЗОН ДІАФТОРЕЗУ В КРИСТАЛІЧНИХ ПОРОДАХ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

Розглянуто можливості використання К-Аг геохронометрії для датування процесів діафторезу у докембрійських рухомих зонах на прикладі північно-західної частини Українського щита. Комплекс петрографічних, мінералогічних та хронометричних досліджень асоціації калійвмісних мінералів із порід зон тектонічних порушень дозволяє правильно інтерпретувати ізотопні дати їх походження та здійснювати хронометраж метаморфічних і тектонічних подій у докембрії.

E-mail: palen@univ.kiev.ua; pan@igmr.relc.com

Вступ. Під час проведення аналізу тектоніки Українського щита (УЩ) привертають увагу безліч тектонічних порушень різного рангу та віку закладання. Вони визначені головним чином за геофізичними даними і, як правило, виявляються "сухими" зонами дроблення кристалічних порід, що закладалися або оновлювалися у фанерозої, вже у холодних кристалічних породах земної кори (рис. 1). Головною ж особливістю докембрійських тектонічних порушень є те, що динамічні процеси на той час реалізовувалися в умовах крихкопластичної течії за таких значень температури і тиску, що відповідають амфіболітовій та епідот-амфіболітовій фаціям мінеральних рівноваг. Ці зони є відносно залікованими й у фізичних полях, як правило, не фіксуються або значно рідше визначаються за високими (різкими) градієнтами магнітних і гравітаційних аномалій.

Це викликано тим, що найчастіше у протерозойських тектонічних зонах відбуваються явища регресивного або діафторичного перетворення кристалічних порід з відповідною перекристалізацією та зміною мінерального парагенезису. За рахунок зсувної тектоніки в

цих рухомих зонах утворюються або розгнейсовані породи, або власне тектоногнейси та тектоносланці, які інколи просто неможливо відрізнити від продуктів прогресивного регіонального метаморфізму та ультраметаморфізму [3, 10].

Постановка задачі та передумова. Вихідна передумова виконання цієї роботи — необхідність геохронометричного датування тектонічних порушень докембрію УЩ, потрібного як для відтворення його тектонічної історії, так і для правильної інтерпретації магматичних та металогенічних процесів, безпосередньо пов'язаних із тектонікою.

Під час ізотопно-геохронологічного визначення часу прояву геологічних процесів ми використовуємо реперні ізотопні дати, які мають таке ж велике значення в хроностратиграфії, як керівні викопні палеонтологічні форми в біостратиграфії [11].

Спираючись на досвід використання К-Аг методу для датування магматичних і тектонічних подій у фанерозої [1], можна дійти висновку, що комплексуючи цей метод визначення віку утворення калійвмісних мінералів із петрографічними, мікроструктурними та структурно-генетичними дослідженнями, можна відтворювати геологічну історію тек-

© О.О. Павлова, О.М. Пономаренко, 2010

тонічних процесів у метаморфізованих породах древніх щитів, що має дуже важливе значення для розуміння геологічних подій у докембрії.

Складність використання означеного методу ізотопної геохронології полягає в значній втраті радіогенного аргону внаслідок повторного метаморфізму порід, що підлягають діафторезу, за рахунок його дифузії із кристалічних ґраток мінералів, де він накопичувався з часу виникнення. Це зрештою призводило до спотворення результатів прямого конкордантного калій-аргонового датування калійвмісних мінералів. Експериментальні дані у ході відтворення епізодичних метаморфічних подій [1, 2, 4] показали досить швидко повну втрату накопиченого радіогенного аргону біотитами та іншими мінералами через нагрівання їх вище від температури фіксації аргону кристалічними ґратками цих мінералів. Крім цього, було визначено, що накопичення ^{40}Ar знову починає відбуватися під час пониження температури відповідно до рівня його термофіксації у кожному мінеральному виді. Таким чином, визначаючи К-Аг співвідношення в амфіболах та біотитах одної асоціації, ми отримуємо дати закриття К-Аг систем мінералів за відповідних значень температури, що дозволяє зафіксувати швидкість застигання діафторизованих метаморфічних систем в інтервалі 690–250 °С. Визначено також, що коли К-Аг датування проводити у комплексі з петрографічними, мікроструктурними та структурно-генетичними дослідженнями, то можна відстежити вік та етапи тектонічного перетворення конкретних метаморфічних порід, зон тектонічних порушень і цілих регіонів. Доцільність проведення таких досліджень не підлягає сумніву.

Методологія геохронометрії докембрійських утворень. У основу досліджень було покладено такі концептуальні положення: 1. Внаслідок повторного метаморфізму або діафторезу циркон може обростати новоутвореними (регенеративними) оболонками. Співвідношення ізотопів U та Pb в них, як правило, порушене і не відповідає конкордії, але наближається до віку подій перетворення.

2. Калійвмісні мінерали (біотит та амфібол) повністю втрачають накопичений раніше радіогенний аргон протягом досить короткого періоду прогрівання порід за температури, вищої від температури його термофіксації, що

надійно підтверджено результатами експериментальних досліджень.

3. Аргон в результаті зниження температури до рівня термофіксації знову починає накопичуватися у структурах калійвмісних мінералів.

Вибір об'єктів дослідження. Для вирішення питання щодо можливості використання калій-аргонового методу для хронометрії тектонічних подій у докембрії були обрані: ділянка зчленування Волинського та Росинсько-Тікицького мегаблоків УШ. Вибір цієї ділянки обумовлений наявністю на Волинському блоці тектонічно переробленого Корнинського масиву гранітів, у складі порід якого присутній весь спектр мінералів для хронометричних досліджень — циркон, рогова обманка та біотит, а з боку тектонічно-активного Росинсько-Тікицького блоку — групи біотитизованих амфіболітів, у яких за допомогою К-Аг методу проаналізовані рогові обманки та біотити з одної асоціації. Також обрано територію Осницького тектонічного блоку, в магматичних утвореннях якого яскраво проявлені процеси

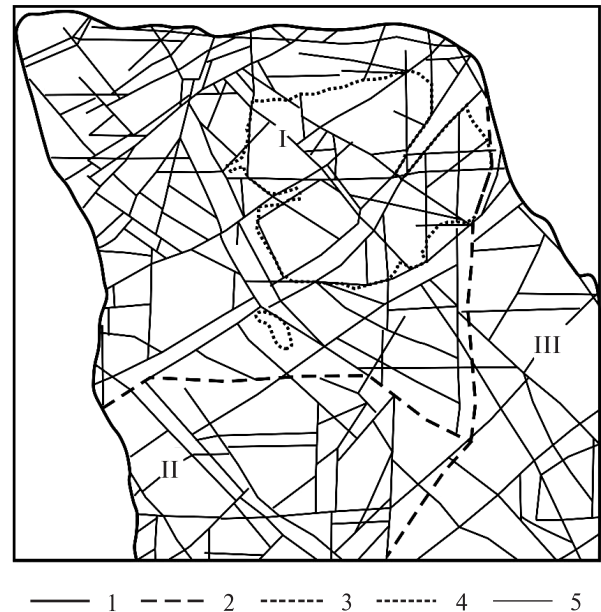


Рис. 1. Тектонічна схема північно-західної частини УШ: 1 — контур щита; 2 — межі мегаблоків; 3 — контур Коростенського плутону; 4 — контур Букинського масиву; 5 — тектонічні порушення. Мегаблоки УШ: I — Волинський, II — Дністровсько-Бузький, III — Росинсько-Тікицький

Fig. 1. Tectonic scheme of the north-western part of the USh: 1 — the Shield outline; 2 — borders of megablocks; 3 — outline of the Korosten pluton; 4 — outline of the Buky massif; 5 — tectonic dislocations. Megablocks of USh: I — Volyn, II — Dniester-Bug, III — Ros'-Tikich

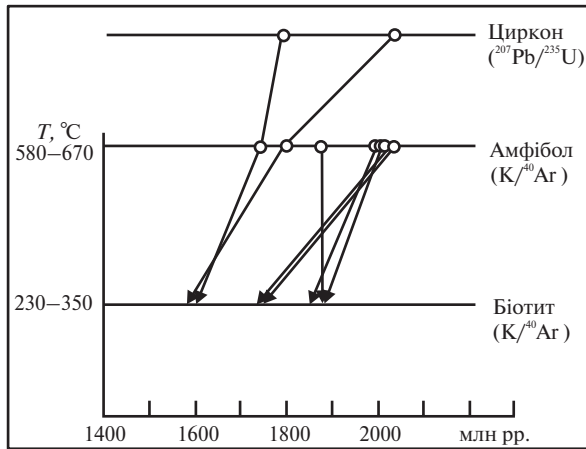


Рис. 2. Термовікове співвідношення асоціації цирконів, амфіболів та біотитів із діафторизованих порід Осницького блоку УШ

Fig. 2. Thermal-age relation of associating zircons, amphiboles and biotites from diaphthorized rocks of the Osnytsya block of USh

діафторезу, та інші геологічні об'єкти, щодо яких опубліковані результати визначення ізотопного віку за амфіболом та біотитом [5, 9].

Результати хронометричних досліджень. *Ізотопна хронометрія цирконів із гранітів Корнинського масиву.* Результати визначення віку в центральних частинах циркону з використанням уран-свинцевого ізохронного методу на HP 7500 quadruple ICP-MS в Macquarie Univer-

sity (аналітик О. Белоусова) показують конкордантні значення, що у середньому дорівнюють 2068 млн рр. і відповідають віку кристалізації циркону з розплаву вихідних гранітів [8].

Відхилення результатів аналізу зовнішньої оболонки циркону від конкордії з визначенням ізотопного віку у 1980–2020 млн рр. свідчить про регенерацію (омолодження) зовнішньої оболонки під час динамометаморфічного перетворення.

Хронометрія біотитів та амфіболу корнинських гранітів. Для відтворення хронології тектонічних подій були відібрані та проаналізовані за допомогою калій-аргонового методу рогова обманка та біотит із основної маси тектонізованих гранітів, а також біотит із кліважної просічки (біотититового шва) в гранітах. Результати визначення віку наведені у [7, 8]. Визначений вік рогової обманки фактично збігається із віком утворення регенераційної оболонки циркону і становить 1975 млн рр., а от вік біотиту становить 1790 млн рр., тобто є молодшим на 185 млн рр. Просічковий біотит є ще молодшим утворенням, що підтверджується й петрографічно. Вік його термофіксації становить 1735 млн рр., що пов'язано з більш тривалим процесом регенерації та остигання тектонітів вздовж тріщин кліважування, ніж в основній масі граніту.

Таблиця 2. Хронометрія біотитів та амфіболу діафторизованих амфіболітів Росинсько-Тикицького блоку

Table 2. Chronometry of biotites and amphibole of diaphthorized amphibolites the Ros'-Tikich block

Номер точки за каталогом [5]	Пункт відбору проби	Біотит			Амфібол		
		К, %	Аг, нг/г	Вік, млн рр.	К, %	Аг, нг/г	Вік, млн рр.
297/4-5	с. Мала Снітинка	7,47	1700	1925	0,63	221,9	2500
297/2-3	" "	6,65	1810	2150	0,82	216	2110
298/1-2	м. Фастів	5,53	1110	1775	0,95	230	2020
299/1-2	с. Волиця	6,04	1200	1767	0,98	208	1845
314/1-2	с. Юнашки	7,5	1257,6	1580	0,36	87	2040
318	с. Рубченки, р. Рось	7,2	1555,7	1875	0,69	256	2580
320	с. Березна	7,48	1212	1550	0,52	195,8	2580
320	"	7,5	1321,4	1640	0,99	212	1860
323	с. Лихачиха	7,1	1203,3	1600	0,72	272,3	2580
324	с. Кашперівка, р. Роська	7,4	1103,6	1460	0,54	186,9	2470
326	с. Тележинці, р. Роська	6,8	1327	1750	0,35	87,2	2020
326	" "	6,5	1302,4	1780	0,57	145,7	2080
350	с. Вел. Севаст'янівка	6,7	1765	2120	0,33	114	2470
352	м. Тальне, св. 7446	6,85	1236	1660	0,51	137	2060

Хронометрія біотитів та амфіболу з ортоамфіболітів Росинсько-Тікицької зони (таблиця) На діаграмі співвідношення рогових обманок і біотитів, що асоціюють, із амфіболітів Росинсько-Тікицького блоку спостерігається широкий діапазон вікових визначень. При цьому віковий інтервал термофіксації радіогенного аргону амфіболами складає від 2580 до 1850 млн рр., а біотитів — від 2160 до 1470 млн рр. (рис. 2).

За нахилом ліній, що поєднують ізотопні дані амфіболів та біотитів, що співіснують (термовікові тренди), визначається тривалість термодинамічних процесів, що охоплює інтервали 1030—980, 750, 575, 460—370, 275—220 та 78 млн рр. (без урахування СКВВ).

К-Аг датування амфіболів та біотитів з амфіболітів Росинсько-Тікицького блоку були виконані М.О. Ярошук, В.В. Рябоконею, Н.К. Коваленко, Ю.В. Кононовим, М.П. Щербакіом та опубліковані в [5, 9].

Хронометрія біотитів та амфіболу Осницького блоку. Подібні результати, але в іншому віковому діапазоні, отримані за породами Осницького блоку [5], у яких петрографічно зафіксовані новоутворення біотиту, що заміщує амфібол, формує гнейсуваті текстури та кліважні просічки. Якщо максимальний калій-аргоновий вік амфіболів у досліджених пробах становить 2— 2,03 млрд рр., то вік біотиту, що його заміщує, фіксує два максимуми — 1850—1880 млн рр. (із зниженням температури до термофіксації аргону в біотиті протягом 291—263 та 170—120 млн рр.) та 1740—1760 млн рр. (із зниженням відповідної температури протягом 89—70 млн рр.). У зонах хлоритизації, що могли існувати довше, ніж зони епідот-амфіболітового діафторезу, з відповідним виносом калію й аргону, вік біотиту становить 1550 млн рр. І тільки у "вирівських діоритах" вік амфіболу виявився рівним біотитовому, що пояснюється синхронною кристалізацією біотиту із автотермодинамічним заміщенням раніше утвореного амфіболу більш лужною синьо-зеленою роговою обманкою.

Побудова геохронометричної схеми. Близькість вікових етапів термофіксації радіогенного аргону на території, що досліджується, та загальний ретроспективний моніторинг діафторичних подій [6], наявність значної кількості визначень К-Аг віку біотиту нашою авторів на ідею створення геохронометричної карти докембрійських утворень, що

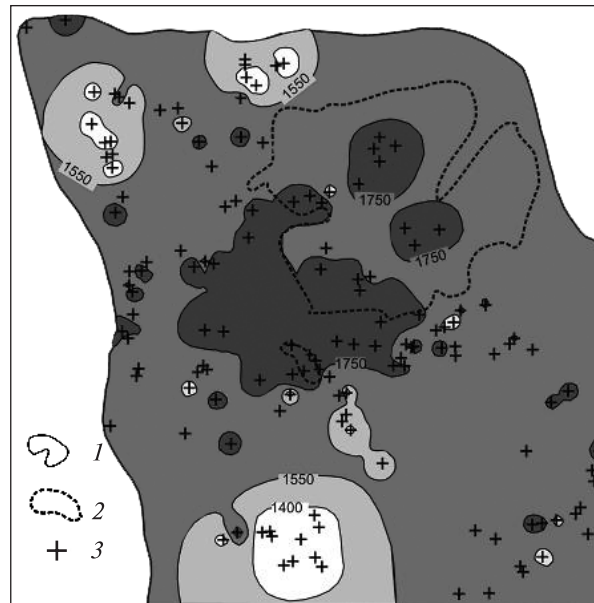


Рис. 3. Схема розміщення ізогохрон біотиту за температури термофіксації радіогенного аргону на території північно-західної частини УЩ: 1 — ізогохрони, 2 — контури Коростенського плутону та Букинського масиву, 3 — пункти визначення К-Аг віку за біотитом

Fig. 3. Scheme of location of biotite isochrons at a temperature of radiogenic argon thermal fixation in the territory of the north-western part of the USh: 1 — isochrons, 2 — outline of the Korosten pluton and Buky massif, 3 — points K-Ar age determination of biotite

дозволить виділити площі з різним віковим періодом виходу порід із режиму метаморфізму (термофіксація радіогенного аргону біотитом). За отриманими даними, практично вся територія північно-західної частини УЩ вийшла із режиму метаморфізму на межі 1650—1550 млн рр. (рис. 3). Довша термоактивність у вигляді своєрідних "гарячих точок" підтримується у межах тектонічних зон діагонального простягання на Осницькому блоці в районі селищ Клесів—Віри, у південному борті та у центральній частині Сушано-Пержанської зони, на південний схід від Букинського масиву, вздовж Центрального розлому в межах Коростенського плутону, у Росинсько-Тікицькому блоці та у районі Літинського купола Дністровсько-Бузького блоку.

Вважаємо, що подальший аналіз отриманих даних та розширення території досліджень не тільки виявить нові факти міграції та еволюції ендогенної активності вздовж зон діафторезу, але й надасть новий поштовх регіональним геологічним дослідженням.

Висновки. Для датування віку зон діафторезу не тільки можливо, але й потрібно використовувати калій-аргоновий метод хронометрії за біотитом. Цей метод дозволяє фіксувати час виходу тих чи інших частин зон діафторезу із режиму метаморфізму. За отриманими даними, в північно-західній частині УЩ швидкість зниження значень температури в зонах діафторезу змінюється в широких межах і охоплює вікові діапазони від 1030 до 70 млн рр.

Вік закінчення діафторичного, автотемпературного та автотемпературного процесів на цій території не однаковий, але переважно не молодший за 1550 млн рр. Тільки окремі ділянки тектонічних порушень були активо-

вані у період 1600—1450 млн рр. і "гарячі точки" в режимі метаморфізму проіснували до 1150 млн рр.

Комплексний петрографо-геохронометричний підхід, застосований під час досліджень діафторизованих за умов середнього та низького ступенів метаморфізму зон тектонічних порушень докембрію, дозволяє не тільки правильно оцінити окремі ізотопні дати, але й провести хронометраж магматичних, метаморфічних та тектонічних подій. Для цього необхідно проводити площадні К-Аг визначення віку амфіболу та біотиту порід з комплексною інтерпретацією отриманих петрографічних, структурно-генетичних та структурно-тектонічних даних.

1. Батырмурзаев А.С. Миграция калия и радиогенного аргона в минералах. — Махачкала : Дагкнигоиздат, 1982. — 207 с.
2. Брандт С.Б., Вороновский С.Н. Дегидратация и диффузия радиогенного аргона в слюдах // Изв. АН СССР. Сер. геол. — 1964. — № 11. — С. 78—82.
3. Дислокаційна тектоніка та тектонофації докембрію Українського щита / О.І. Лукієнко, Д.В. Кравченко, А.В. Сухорада ; За ред. В.А. Михайлова. — К. : ВПЦ "Київ. ун-т", 2008. — 279 с.
4. Калеганов Б.А. О потере и поглощении аргона калийсодержащими минералами / АН СССР. Урал. отд.-ние. — Препр. — Свердловск, 1989. — 50 с.
5. Каталог изотопных дат пород Украинского щита / Н.П. Щербак, В.Г. Злобенко, Г.В. Жуков и др. — Киев : Наук. думка, 1978. — 224 с.
6. Павлова О., Пономаренко О. Ретроспективний структурногенетичний та геотермохронометричний моніторинг метаморфічних та тектонічних подій у докембрії (на прикладі Українського щита) // Вісн. КНУ ім. Тараса Шевченка. Геологія. — 2010. — Вип. 50. — С. 55—57.
7. Пономаренко О.М., Павлов Г.Г., Павлова О.О. Калій-аргонова геохронометрія розломних зон докембрію Українського щита // Геохімія та рудоутворення. — 2009. — № 27. — С. 44—50.
8. Пономаренко А.Н., Павлов Г.Г., Павлова Е.А., Белоусова Е.А. Изотопная геохронология этапов структурно-минералогического преобразования докембрийских гранитов Украинского щита // Изотопные системы и время геологических процессов : Материалы IV Рос. конф. по изотопной геохронологии. Т. II (СПб., 2—4 июля 2009 г.). — СПб., 2009. — С. 85—88.
9. Скобелев В.М. Петрохимия и геохронология докембрийских образований Северо-Западного района Украинского щита. — Киев : Наук. думка, 1987. — 138 с.
10. Шевчук В.В., Павлов Г.Г. Тектонофизические условия кристаллизационной сланцеватости // Геофиз. журн. — 2003. — 25, № 5. — С. 76—83.
11. Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Архей. — Киев : Наук. думка, 2005. — 243 с.

Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка, Київ
Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М.П. Семененка НАН України, Київ

Надійшла 12.07.2010

РЕЗЮМЕ. Рассмотрены возможности использования К-Аг геохронометрии для датирования процессов диафтореза в докембрийских подвижных зонах на примере северо-западной части Украинского щита. Комплекс петрографических, минералогических и хронометрических исследований ассоциации калийсодержащих минералов из пород зон тектонических нарушений позволяет правильно интерпретировать изотопные даты их происхождения и осуществлять хронометраж метаморфических и тектонических событий в докембрии.

SUMMARY. The example of using K-Ar geochronometry for dating the processes of diaphthoresis in Precambrian mobile zones of north-western part of the Ukrainian Shield (USh) is considered. K-containing minerals formed in the course of diaphthoritic transformations of initially magmatic rocks have been chosen to determine the beginning and termination of the process of diaphthoresis. These minerals also fix radiogenic argon at different temperatures, covering a range of 690—250 °C. Such minerals are widespread in Paleoproterozoic crystalline rocks and are represented by

hornblende and biotite. Technically reworked and diaphthorised granitoids of Korninsk granite massif and ortho-amphibolites found in a junction zone between Volynsk and Ros'-Tikich megablocks of USh, as well as diaphthorically altered magmatic rocks of Osnytsya block were taken as reference objects of investigation. It was established, that K-Ar dating being carried out in combination with petrographic, microstructural and structural-genetic investigations, it is possible to find the age of separate stages of tectonic transformation of certain metamorphic rocks, zones of tectonic dislocations and even whole regions. For example, the age of formation of Kornin granite on zircons is defined as 2068 Ma; the age of crystallization of zircon coatings regenerated during diaphthoresis and formation of hornblende is estimated, accordingly, as 1980—2020 and 1975 Ma; the age of thermofixing of biotite syngenetic with amphibole in the bulk tectonised granite is established as 1790 Ma; and in cleavage notchings the age of 1735 Ma is determined. The same evolutionary trends are fixed in some other investigated objects of diaphthoresis. In investigations at the regional scale, practically all the territory of north-western part of USh escape conditions of such mode of metamorphism at the age boundary of 1650—1550 Ma. More prolonged thermoactivity in the form of peculiar "hot points" remained active in such areas as within the boundaries of Osnytsya block around the settlements Klesov—Vera, in southern board and in the central part of the Sushchany-Perga zone, southwards of Buky massif, along the Central fault within Korosten pluton, on separate sites of Ros'-Tikich megablock and around Litinya dome of Dniester-Bug megablock. The complex of additional petrographic and mineralogical investigations of associated potassium-containing minerals from diaphthorised rocks, allows one to make correct interpretation of isotopic dating concerning their origin and to carry out age chronometric timing of metamorphic and tectonic events which took place in Precambrian.