УДК 550.93:552.48 (234.851)

Sm/Nd- И ⁴⁰AR/³⁹AR-ИЗОТОПНО-ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АМФИБОЛИТОВ ХАНМЕЙХОЙСКОЙ СВИТЫ ХАРБЕЙСКОГО МЕТАМОРФИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

© 2022 г. Н. С. Уляшева^{1,*}, П. А. Серов², А. В. Травин³

Представлено академиком РАН А.М. Асхабовым 10.06.2022 г. Поступило 10.06.2022 г. После доработки 27.06.2022 г. Принято к публикации 07.07.2022 г.

Впервые проведенные Sm/Nd- и ⁴⁰Ar/³⁹Ar-изотопно-геохронологические исследования амфиболитов ханмейхойской свиты харбейского метаморфического комплекса (Харбейский блок, Полярный Урал), показали, что метаморфические изменения, достигающие условий амфиболитовой фации умеренных и повышенных давлений, происходили в девоне (367 ± 40 млн лет (амфибол, плагиоклаз, порода), 392 ± 23 млн лет (амфибол, гранат, порода), Sm/Nd-метод) и согласуются с оценками возраста высокобарического и регрессивного метаморфизма в пределах Марункеусского блока. Они соответствуют этапу радикальной перестройки субдукционных процессов, начавшихся в силуре к востоку от Балтики, связанной с погружением края палеоконтинента под островную дугу и заклиниванием зоны субдукции. Регрессивная стадия и начало эксгумации харбейского метаморфического комплекса маркируется ранним карбоном (346 ± 5 млн лет по амфиболу, 40 Ar/39 Ar-метод). Судя по модельному возрасту амфиболитов (Т(DM2) – 1.07 и 1.13 млрд лет), соответствующему границе среднего-позднего рифея, ханмейхойская свита, не древнее этого времени.

Ключевые слова: ханмейхойская свита, Полярный Урал, Sm/Nd- и ⁴⁰Ar/³⁹Ar-методы, метаморфизм DOI: 10.31857/S2686739722601016

На Полярном Урале в основании докембрийского стратиграфического разреза залегают породы, выделяемые в составе харбейского гнейсомигматитового комплекса. Они представлены (снизу вверх) марункеуской (эклогиты, амфиболиты, гнейсы), ханмейхойской (амфиболиты, плагиогнейсы), лаптаюганской (амфиболиты, плагиогнейсы, кварциты, мрамора) и париквасьшорской (кристаллические сланцы, плагиогнейсы) свитами. Породы распространены в Харбейском и Марункеуском блоках и занимают крайне восточное положение в пределах Центрально-Уральской тектонической зоны. Некоторыми исследователями предложено рассматривать обра-

¹ Институт геологии Коми научного центра

Уральского отделения Российской академии наук, Сыктывкар, Россия

зования, развитые в составе Марункеуского блока [6, 10] или марункеуской свиты [2] в качестве отдельного марункеуского эклогит-амфиболитгнейсового комплекса. так как они. по их мнению, имеют свою отличительную историю развития. Согласно материалам IV Уральского межведомственного стратиграфического совешания [8], стратифицированные образования ханмейхойской свиты отнесены к раннепротерозойским породам, чему способствовали изотопно-геохронологические датировки по зернам циркона из гнейсов – 2200–1730 млн лет [4, 6], полученные с помощью метода термоионной эмиссии (²⁰⁶Pb/²⁰⁷Pb-возраст, Харбейский блок). Сторонники палеопротерозойского возраста метаморфитов считают, что породы комплекса претерпели полиметаморфизм в условиях гранулитовой (2.2 млрд лет назад по циркону гранулитового типа) и амфиболитовой (1.96-1.64 млрд лет назад по циркону мигматитового типа) фаций, а "активная жизнь" их завершилась к концу венда-началу кембрия [6]. В результате U/Pb-датирования зерен циркона (SHRIMP II) из альбитовых и гранитизированных гранат-содержащих амфиболитов и плагиогнейсов ханмейхойской свиты, раз-

² Геологический институт Кольского научного центра Российской академии наук, Апатиты, Россия

³ Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия

^{*}*E*-mail: nataliaulyashewa@yandex.ru



Рис. 1. Схематическая геологическая карта Харбейского блока харбейского метаморфического комплекса (с использованием материалов [2]). 1-3 – харбейский метаморфический комплекс: 1 – париквасьшорская свита, 2 – лаптаюганская свита, 3 – ханмейхойская свита; 4 – верхнепротерозойские отложения западной тектонической зоны, 5 – палеозойские породы Тагило-Магнитогорской зоны; 6 – мезозойские отложения Западно-Сибирской платформы; 7 – гранито-гнейсы; 8-9 – разрывные нарушения: 8 – главные (a – ГУР, 6 – шарьяж), 9 – второстепенные (a – надвиги, δ – неустановленной морфологии); 10 – граница между свитами; 11 – зоны развития безгранатовых (a) и гранатовых (b) амфиболитов, b – точки отбора проб для датирования.

витых в западной части Харбейского и Марункеуского блоков харбейского метаморфического комплекса, сотрудниками ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург) минералы с раннепротерозойскими возрастами не выявлены, а полученные значения разделились на три кластера — 577—678 млн лет, 502—556 млн лет и 412—431 млн лет [3]. Первый кластер, по мнению исследователей, соответствует возрасту протолита метаморфитов, а второй и третий — двум метаморфическим событиям. Полученные результаты по датированию циркона сильно разнятся, поэтому проблемы возраста протолита и времени проявления метаморфических событий пород харбейского комплекса остаются открытыми.

Для выявления возраста метаморфизма, в результате которого стратифицированные породы харбейского метаморфического комплекса приобрели современный облик, впервые проведены Sm/Nd- и ⁴⁰Ar/³⁹Ar-изотопно-геохронологические исследования амфиболитов (метабазальтов [11]) ханмейхойской свиты в Харбейском блоке.

Изучение амфиболитов в Харбейском блоке показало, что в центральной его части (среднее течение р. Б. Харбей) имеются выходы массивных и слабосланцеватых среднезернистых безгранатовых амфиболитов (далее — безгранатовые амфиболиты), а в западной части (руч. М. Харбей, Ольховый, Амфиболитовый) распространены сланцеватые средне- и мелкозернистые гранатсодержащие разновидности (далее — гранат-содержащие амфиболиты) (рис. 1).

Безгранатовые амфиболиты (рис. 2 а, б) перемежаются с биотитовыми плагиогнейсами и имеют четкие с ними контакты. Они состоят (в об. %) из зеленого амфибола чермакит-гастингситового ряда (40–60), плагиоклаза (андезин, олигоклаз) (40–50), кварца (1–5), клиноцоизита (0–2), апатита (1), титанита (0–3), ильменита (1), титаномагнетита (1–2) и халькопирита (0–1). Содержание анортитового компонента в плагиоклазе ва-



Рис. 2. Слабосланцеватые и массивные безгранатовые (а и б) и сланцеватые гранат-содержащие (в и г) амфиболиты. А, б – с анализатором; в, г – без анализатора. Атр – амфибол, Pl – плагиоклаз, Alm – альмандин, Czo – клиноцоизит, Qz – кварц, Rt – рутил, Ilm – ильменит.

рьирует от 21 до 33%. В некоторых породах в плагиоклазе наблюдаются понижение содержания анортитового компонента в краевых зонах минерала и замещение ильменита титанитом. *РТ*-условия метаморфизма, рассчитанные по плагиоклаз-амфиболовым геотермометру [18] и геобарометру [12], отвечают амфиболитовой фации умеренных и повышенных давлений (615–685°C; 6–8 кбар).

Среди гранат-содержащих амфиболитов распространены слюдистые плагиогнейсы часто клиноцоизит-содержащие. Контакты между породами четкие. Амфиболиты (рис. 2 в, г) состоят (в об. %) из зеленого амфибола (чермакит) (30-60), граната пироп-гроссуляр-альмандинового состава (0-15), кислого плагиоклаза (альбита, олигоклаза) (3–40), клиноцоизита (1–15), кварца (1-5), мусковита (0-5), биотита (0-5), титанита (до 1-2), рутила (до 1), циркона (доли процентов), апатита (1-2), титаномагнетита (1-2) и ильменита (1-2). В гранатах наблюдается прогрессивная зональность, выраженная в повышении содержания магния и понижении марганца от центра к периферии. В породах, распространенных по руч. Амфиболитовый и Ольховый, гранаты имеют сложную зональность: количество марганца сначала уменьшается, а ближе к краю увеличивается, что может указывать на смену прогрессивного метаморфизма регрессивным. На это также может указывать последовательное замещение ильменита рутилом, который в свою очередь обрастает титанитом. Пиковые условия метаморфизма, рассчитанные согласно гранатамфиболовому геотермометру [17] по краевым зонам прогрессивно-зональных гранатов и амфиболов достигали 575—615°С. Значения температуры и давления, полученные по плагиоклаз-амфиболовым гетермометру [18] и геобарометру [12], составляют соответственно 630—640°С и 11—13 кбар.

Таким образом, амфиболиты ханмейхойской свиты харбейского комплекса испытали прогрессивный метаморфизм, достигающий условий амфиболитовой фации умеренных и повышенных давлений, сменяющийся в дальнейшем, по-видимому, на регрессивный. Намечается зональность по метаморфизму: с востока на запад от безгранатовых амфиболитов к гранат-содержащим метаморфитам, существенно увеличивается давление и незначительно уменьшается температура.

Sm/Nd-изотопно-геохронологические исследования безгранатовых и гранат-содержащих амфиболитов проводились в Геологическом институте КНЦ РАН (Апатиты). Определение концентраций Sm, Nd и изотопного состава неодима выполнено в 2 образцах породы в целом (WR) и в 4 минеральных монофракциях (чермакит (2), плагиоклаз и гранат). Величина отношения ¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd для пород более чем на 10% превышает среднекоровое отношение ¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd (0.12). поэтому для вычисления модельного возраста применялась двухстадийная модель по [18], согласно которой протолиты пород имели первичное отношение 147 Sm/ 144 Nd = 0.12. Среднее значе-ние отношения 143 Nd/ 144 Nd в стандарте JNd_i-1 за период измерений составило 0.512083 ± 15 (n = 10). Ошибка в ¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd отношениях составляет 0.3% (2 σ) – среднее значение из 7 измерений в стандарте BCR-2. При расчете изохрон использовались реальные ошибки измерения изотопного состава Nd, но не ниже уровня воспроизводимости измерения изотопного состава Nd в индивидуальном анализе (0.003%). Холостое внутрилабораторное загрязнение по Nd равно 0.3 нг. по Sm равно 0.06 нг. Точность определения концентраций Sm и Nd $-\pm 0.5\%$. Изотопные отношения были нормализованы по отношению $^{146}Nd/^{144}Nd =$ = 0.7219, а затем приведены к принятому отношению ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd в стандарте JNd_i-1 = 0.512115. Вычисление параметров изохрон проводилось с помощью программного комплекса ISOPLOT [20].

⁴⁰Ar/³⁹Ar-датирование амфибола из безгранатового амфиболита проведено в Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения РАН (Новосибирск). Для проведения ⁴⁰Ar/³⁹Ar-исследований методом ступенчатого прогрева используется кварцевый реактор с малоинерционной печью внешнего прогрева [9]. Навеска минеральной фракции амфибола совместно с навесками биотита МСА-11 (ОСО № 129-88), используемого в качестве монитора, заворачивались в алюминиевую фольгу, помещались в кварцевую ампулу и после откачки из нее воздуха запаивались. Биотит МСА-11. подготовленный ВИМС в 1988 г. как стандартный К/Аг-образец для К/Аг-метода датирования, был аттестован в качестве ⁴⁰Ar/³⁹Ar-монитора с помошью межлународных стандартных образцов мусковита Bern4m, биотита LP-6, для которых были приняты значения возраста 18.51 и 128.1 млн лет соответственно [14]. В качестве интегрального возраста биотита МСА-11 принято среднее значение результатов калибровки, составившее 311.0 ± ± 1.5 млн лет. Кварцевые ампулы с пробами облучались в кадмированном канале реактора ВВР-К типа при Томском политехническом институте. Градиент нейтронного потока не превышал 0.5% в размере образца. Эксперименты по ступенчатому прогреву проводились в кварцевом реакторе с печью внешнего прогрева. Холостой опыт по ⁴⁰Ar

(10 мин при 1200°С) не превышал 5 × 10⁻¹⁰ нсм³. Очистка аргона производилась с помощью ZrAl SAES-геттеров. Изотопный состав аргона измерялся на масс-спектрометре Noble gas 5400 фирмы Микромасс (Англия). Ошибки измерений, приведенные в тексте, в таблицах и на рисунках, соответствуют интервалу $\pm 1\sigma$.

Результаты Sm/Nd-изотопного исследования амфиболитов показали, что плагиоклаз, амфибол и порода безгранатового амфиболита образуют минеральную изохрону с возрастом 367 ± 40 млн лет при CKBO = 0.9 (рис. 3 а). Гранат. плагиоклаз и порода гранат-содержащего амфиболита также образуют изохрону с возрастом 392 ± 23 млн лет при СКВО = 0.2 (рис. 3 б). Полученные возрасты в пределах погрешности совпадают. Модельные возрасты T(DM2) – 1.07 и 1.13 млрд лет для обоих типов амфиболитов также идентичны (табл. 1). Схожие значения модельного возраста T(DM) – 1.0-1.2 млрд лет получены для пород Марункеуского блока [16]. Если допустить, что радиогенный Nd не выносился из породы при метаморфизме, то не исключено, что T(DM2), соответствующий границе среднего и позднего рифея, маркирует для метабазитов нижний возрастной предел времени формирования протолита. Положительные значения $\varepsilon_{Nd}(T) - 0.8; 0.4,$ близкие к нулю, свидетельствуют о том, что магмогенерация производилась из слабо деплетированной мантии, схожей по составу с хондритовым резервуаром.

В 40 Аг/ 39 Аг-возрастном спектре амфибола из безгранатового амфиболита выделяется кондиционное плато (рис. 4), характеризующееся значением возраста 345.8 ± 4.7 млн лет, СКВО = 0.36, 96.9% выделенного 39 Аг, Са/К ~ 30. 40 Аг/ 39 Аг-датировка в пределах погрешности совпадает с Sm/Nd-минеральной изохроной по этим же амфиболитам.

Близкие значения возрастов получены по минералам из эклогитов и амфиболитов района Слюдяной горки Марункеуского блока (366 \pm 9 млн лет, Sm/Nd-метод по гранату, клинопироксену и породе [13], 355 \pm 1 млн лет (среднее для 15 Rb/Sr- и одной Sm/Nd-изохронной датировки по слюдам, амфиболу и омфациту [15]). Для гипабиссальных образований мусюрского комплекса (дайки, силлы долеритов, эссексит-долеритов, диоритов, монцодиоритов и лампрофиров) Войкарской зоны 40 Ar/³⁹Ar-методом по плагиоклазам и амфиболам получены датировки в диапазоне 313—349 млн лет [7].

Широкий диапазон датировок от 308 до 424 млн лет фиксируется по мусковиту, биотиту и амфиболу, полученных К/Аг-методом [10]. Близкие, хотя и с большой ошибкой, значения возраста установлены для глаукофановых сланцев (347 ± 72 млн лет, Rb/Sr-метод (по валу) [1]) вой-



Рис. 3. Изохронная диаграмма ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd – ¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd для безгранатового амфиболита, плагиоклаза и амфибола (а) и гранат-содержащего амфиболита, граната и амфибола (б).

карско-кемпирсайского комплекса тектонитов, контролирующих зону ГУР. Более древние значения возраста получены по каймам циркона из альбитового амфиболита ханмейхойской свиты западной зоны Харбейского блока (412–431 млн лет, руч. Ровный, U/Pb-метод (SHRIMP II) [3]).

198

Согласно модели, разработанной [5] в результате изучения апогаббровых эклогитов и перидотитов Марункеуского блока, субдукционные процессы, начавшиеся в силуре к востоку от Балтики, сменились обдукционными. Радикальная перестройка могла быть вызвана погружением края палеоконтинента под островную дугу и заклиниванием зоны субдукции. Стратифицированные породы харбейского метаморфического комплекса, возможно представляющие собой к тому времени фрагмент передовой части окраины палеоконтинента, во время погружения находились на разных уровнях и метаморфизовались в разных термодинамических условиях, соответствующих амфиболитовой фации умеренных и повышенных давлений.

Сводка полученных в настоящей работе и опубликованных датировок, за исключением характеризующихся слишком большой неопределенностью и значительно более древних [3], собрана на термохронологической диаграмме (рис. 5), где в зависимости от возраста отложена либо температура закрытия изотопной системы, либо оцененное на основе минеральных термометров значение температуры формирования соответствующих минеральных парагенезисов.

Образец	Порода	Концентрация, мкг/г		Изотопные отношения		TDM _{2-St} ,	s(T)
		Sm	Nd	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	млн. лет	
WR	Безгранатовый амфиболит	3.49	15.31	0.1378	0.512538 ± 11	1068	+0.80
Amp		4.87	18.10	0.1627	0.512588 ± 7		
Pl		0.346	2.530	0.0826	0.512398 ± 14		
WR	Гранат-содержащий амфиболит	3.15	8.67	0.2196	0.512715 ± 9	1126	+0.36
Amp		2.331	8.41	0.1675	0.512577 ± 10		
Grt		53.1	104.1	0.3084	0.512939 ± 7		

Таблица 1. Результаты Sm/Nd-датирования амфиболитов харбейского метаморфического комплекса



Рис. 4. Результаты⁴⁰Ar/³⁹Ar-датирования амфибола из безгранатового амфиболита ханмейхойской свиты харбейского метаморфического комплекса. Приведены возрастные и Ca/K-спектры.



Рис. 5. Сводная термохронологическая диаграмма для пород и минералов харбейского метаморфического комплекса (настоящая работа), мусюрского магматического комплекса Войкарской зоны [7], марункеуского комплекса [13, 15].

Изотопные датировки эклогитов марункеуского комплекса (Rb/Sr-, Sm/Nd-методы) и амфиболитов харбейского комплекса (Sm/Nd-метод) согласуются в пределах ошибки и, по всей видимости, являются оценкой возраста (355-367 млн лет, см. рис. 5) этапа перестройки режима субдукции, связанного с погружением в зону субдукции края палеоконтинента. Это привело к быстрому подъему пород метаморфических комплексов к поверхности. Возраст быстрой эксгумации (348 ± 3 млн лет (средневзвешенный возраст по трем датировкам), см. рис. 5), с одной стороны, фиксируется по амфиболу из амфиболитов харбейского комплекса, с другой — датировками по амфиболу и плагиоклазу из гипабиссальных магматических пород мусюрского комплекса.

Можно предположить, что более древние значения возраста (412—431 млн лет), полученные по каймам циркона из альбитового амфиболита ханмейхойской свиты западной зоны Харбейского блока, соответствуют либо более раннему этапу метаморфизма, либо началу термальной эволюции одного палеозойского метаморфического события в ханмейхойской свите.

Таким образом, в результате впервые проведенных Sm/Nd- и ⁴⁰Ar/³⁹Ar-изотопно-геохронологических исследований амфиболитов ханмейхойской свиты Харбейского блока харбейского гнейсо-мигматитового комплекса установлено, что метаморфические изменения, достигающие условий амфиболитовой фации умеренных и повышенных давлений, в результате которых породы прибрели современный облик, происходили в девоне и обусловлены, по-видимому, проявлением коллизионно-обдукционных процессов при формировании уральского орогена. Регрессивная стадия метаморфизма и быстрая эксгумация комплекса начались в раннем карбоне 348 ± 3 млн лет назад.

Судя по модельному возрасту амфиболитов, соответствующему границе среднего-позднего рифея, харбейский метаморфический комплекс, а возможно и отложения Полярного Урала, не древнее этого времени. Отнесение ханмейхойской свиты к раннепротерозойскому стратону является, по-видимому, ошибочным.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны Т.Б. Баяновой за предоставленную возможность проведения Sm/Nd-изотопногеохронологических исследований, а также А.А. Соболевой, О.В. Удоратиной и А.С. Шуйскому за помощь и консультацию.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (регистр. номер 1021062211107-6-1.5.6; FUUU-2022–0085) и ИГМ СО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Государственная геологическая карта Российской Федерации, масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Уральская. Лист Q—41 (Воркута). Объяснительная записка. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2007. 541 с.
- Зылева Л.И., Коновалов А.Л., Казак А.П., Жданов А.В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Западно-Сибирская. Лист Q-42 – Салехард. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2014. 396 с.
- Коновалов А.Л., Лохов К.И., Черкашин А.В., Вакуленко О.В. О тектонической границе между метаморфическими сланцевыми и кристаллическими образованиями позднего протерозоя Харбейского антиклинория (Полярный Урал) // Региональная геология. ВСЕГЕИ. 2016. № 68. С. 6–20.
- Краснобаев А.А. Циркон как индикатор геологических процессов. М.: Наука, 1986. 152 с.
- 5. Лю И., Перчук А.Л., Арискин А.А. Высокобарный метаморфизм в перидотитовом кумулате комплекса Марун-Кеу, Полярный Урал // Петрология. 2019. № 2. С. 136–157.

- Пыстина Ю.И., Пыстин А.М. Цирконовая летопись уральского докембрия. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 168 с.
- 7. Соболев И.Д., Викентьев И.В., Травин А.В., Бортников Н.С. Каменноугольный магматизм Полярного Урала // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле, 2020. Т. 494. № 2. С. 22–28.
- Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой). Екатеринбург: Уралгеолком, 1993. 152 с.
- Травин А.В., Юдин Д.С., Владимиров А.Г., Хромых С.В., Волкова Н.И., Мехоношин А.С., Колотилина Т.Б. Термохронология Чернорудской гранулитовой зоны (Ольхонский регион, Западное Прибайкалье) // Геохимия. 2009. Т. 11. С. 1181–1199.
- Удовкина Н.Г. Эклогиты Полярного Урала (на примере южной части хр. Марун-Кеу). М: Наука, 1971. 191 с.
- Уляшева Н.С. Метабазиты харбейского комплекса (Полярный Урал) / Н.С. Уляшева; отв. ред. А.М. Пыстин. Сыктывкар: Геопринт, 2012. 98 с.
- Ферштатер Г.Б. Эмпирический плагиоклаз-роговообманковый барометр // Геохимия. 1990. № 3. С. 328.
- Шацкий В.С., Симонов В.А., Ягоутц Э. и др. Новые данные о возрасте эклогитов Полярного Урала // ДАН. 2000. Т. 371. № 4. С. 519–523.
- Baksi A.K., Archibald D.A., Farrar E. Intercalibration of ⁴⁰Ar-³⁹Ar dating standards // Chem. Geol. 1996. V. 129. C. 307-324.
- Glodny J., Pease V., Austreim H., et al. Rb-Sr record of fluid-rock interaction in eclogites: The Marun-Keu complex, Polar Urals, Russia // Geochimica et Cosmochimica Acta. 2003. V. 67. P. 4353–4371.
- Glodny J., Pease V., Montero P., Austrheim H., Rusin A.I. Protolith ages of eclogites, Marum-Keu Complex, Polar Urals, Russia: implications for the pre- and early Uralian evolution of the northern European continental margin. In: Gee D.G., Pease V. (Eds.), The Neoproterozoic Timanide Orogen of Eastern Baltica. Geological Soc., London, Memoirs, 2004. 30. P. 87–105.
- 17. *Graham C.M., Powell R.* A garnet-hornblende geothermometer: calibration, testing, and application to the Pelona Schist, Southern California. // J. Metamorf. Geol. 1984. V. 2. № 1. P. 33–42.
- Holland T., Blundy J. Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry // Contrib. Mineral. Petrol. 1994. V. 116. P. 433–447.
- Keto L.S., Jacobsen S.B. Nd and Sr isotopic variations of Early Paleozoic oceans // Earth Planet. Sci. Lett. 1987. V. 84. P. 27–41.
- 20. Ludwig K.R. ISOPLOT/Ex A geochronological toolkit for Microsoft Excel, Version 3.6 // Berkeley Geochronology Center Special Publication. № 4. 2008. 76 p.

Sm-Nd AND ⁴⁰Ar/³⁹Ar ISOTOPE-GEOCHRONOLOGICAL INVESTIGATIONS OF AMPHIBOLITES OF THE KHANMEYKHOY FORMATION OF THE KHARBEY METAMORPHIC COMPLEX (POLARIUS URAL)

N. S. Ulyasheva^{*a*,#}, P. A. Serov^{*b*}, and A. V. Travin^{*c*}

^a Institute of Geology Federal Research Center of the Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russian Federation

^b Geological Institute Federal Research Center of the Kola Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Apatity, Russian Federation

^c V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation

[#]E-mail: nataliaulyashewa@yandex.ru

Presented by Academician of the RAS A.M. Askhabov June 10, 2022

The first Sm/Nd and 40Ar/39Ar isotope-geochronological studies of amphibolites of the Khanmeykhoy Formation of the Kharbey metamorphic complex (Kharbey block, Polar Urals) showed that metamorphic changes reaching the conditions of the amphibolite facies of moderate and elevated pressures occurred in the Devonian (367 ± 40 Ma years (amphibole, plagioclase, rock), 392 ± 23 Ma (amphibole, garnet, rock), Sm/Nd method) and are consistent with the age estimates of high-pressure and regressive metamorphism within the Marunkeu block. They correspond to the stage of radical restructuring of subduction processes that began in the Silurian to the east of the Baltic, associated with the subsidence of the paleocontinent edge under the island arc and wedging of the subduction zone. The regressive stage and the beginning of the exhumation of the Kharbey metamorphic complex is marked by the Early Carboniferous (346 ± 5 Ma according to amphibole, 40Ar/39Ar method).Judging by the model age of the amphibolites (T(DM2) – 1.07 and 1.13 Ga) corresponding to the Middle–Late Riphean boundary, the Khanmeykhoy Formation is not older than this time.

Keywords: Khanmeykhoy Formation, Polar Urals, Sm/Nd and ⁴⁰Ar/³⁹Ar methods, metamorphism