

## Гранитоиды евьюганского комплекса Харбейского блока (Полярный Урал): новые геохронологические данные

И. И. Голубева\*, А. В. Травин\*\*,\*\*\*, В. В. Хубанов\*\*\*\*, А. С. Шуйский\*

\* Институт геологии имени академика Н. П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук,

г. Сыктывкар

\*\* Институт геологии и минералогии имени В. С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск

\*\*\* Новосибирский государственный университет,

г. Новосибирск

\*\*\*\* Геологический институт СО РАН,

г. Улан-Удэ

iigolybeva2@yandex.ru

### Аннотация

Впервые проведенные  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -изотопно-геохронологические исследования породобразующих минералов мусковита ( $345\pm 4$  млн лет) и порфиробластического микроклина ( $347\pm 14$  млн лет) в гнейсо-гранитах евьюганского комплекса Харбейского блока Харбейского антиклинория показали, что они являются синкинматическими и образовались в условиях Уральского орогенеза, так как полученные возрастные данные практически совпадают с возрастными глаукофанового метаморфизма ( $347\pm 72$  млн лет) и эксгумации эклогитов – ( $360$  млн лет) на Полярном Урале. Новые определения радиологического U/Pb возраста гнейсо-гранитов методом лазерной абляции ( $494\pm 2$  млн лет) с двойственной природой гнейсовидности гранитов (реликтовой и динамической) способствуют пониманию геологии становления сложного полигено-реоморфического евьюганского комплекса. Формирование гнейсо-гранитов евьюганского комплекса укладывается предположительно в период от позднего кембрия до раннего карбона.

### Ключевые слова:

гнейсо-граниты, евьюганский комплекс, Полярный Урал, Харбейский антиклинорий, U/Pb и  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -методы

### Введение

На Полярном Урале в Харбейском антиклинории (Центрально-Уральская зона), представляющем блок допалеозойского фундамента, выделяются Марункеуский и Харбейский (Ханмехойский по В. А. Душину [1]) высокометаморфизованные блоки (рис. 1 а). Харбейский блок, сложенный метаморфизованными вулканогенно-осадочными толщами – амфиболитами, пара- и ортогнейсами, кристал-

## Granitoids of the Evyugan complex of the Kharbey block (Polar Urals): new geochronological data

I. I. Golubeva\*, A. V. Travin\*\*,\*\*\*, V. V. Khubanov\*\*\*\*, A. S. Shuisky\*

\* Institute of Geology named after academician N. P. Yushkin, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar

\*\* Institute of Geology and Mineralogy named after V. S. Sobolev of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk

\*\*\*Novosibirsk State University, Novosibirsk

\*\*\*\*Geological Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude

iigolybeva2@yandex.ru

### Abstract

By the first conducted  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -isotope-geochronological studies of muscovite ( $345\pm 4$  Ma) and porphyroblastic microcline ( $347\pm 14$  Ma) in gneissogranites of the Evyugan complex of the Kharbey block of the Kharbey anticlinorium, these rock-forming minerals are synkinematic and formed under the conditions of the Ural orogeny. The obtained ages practically coincide with the ages of glaucophane metamorphism ( $347\pm 72$  Ma) and eclogite exhumation ( $360$  Ma) in the Polar Urals. New determinations of radiological U/Pb age of gneissogranites using the laser ablation method ( $494\pm 2$  Ma) with the dual nature of granite gneissic banding (relict and dynamic) contribute to the understanding the formation geology of the polygenic-rheomorphic Evyugan complex. The formation of gneissogranites of the Evyugan complex presumably matches with the period from the Late Cambrian to the Early Carboniferous.

### Keywords:

gneissogranites, Evyugan complex, Polar Urals, Kharbey anticlinorium, U/Pb and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  methods

лическими ставролит-гранатовыми сланцами, зелеными сланцами (относимыми к ханмехойской, лаптоюганской, париквасьшорской свитам) нижнего протерозоя [2], выделяется в структурном плане северо-западным простиранием, отличающимся от уральского северо-восточного и высокой насыщенностью территории многочисленными мелкими телами гнейсо-гранитов (рис. 1 б). В Харбейском

блоке Г. А. Кейльманом [3] выделены две брахиформные антиклинальные структуры – *Лаптаюганский* и *Евьюганский* гранитно-мигматитовые купола, образовавшиеся в результате вздымания гранитизированных толщ в центре многочисленных автохтонных пластообразных тел гнейсо-гранитов (рис. 1 б). Гнейсо-граниты как продукты ультраметаморфизма формируют согласные с вмещающими сланцами вытянутые или линзовидные тела с унаследованными от докембрийского материнского субстрата текстурными и минеральными особенностями. Учитывая пластообразные формы гранитных тел и гнейсовидные структуры пород, В. Н. Охотников [4] предложил модель образования комплекса, заключающуюся в интрузивном синскладчатом становлении гнейсо-гранитов.

По его мнению, граниты приобретают гнейсовидную текстуру и своеобразные формы пластообразных тел в результате «внедрения гранитоидов в условиях прояв-

ления интенсивных динамических нагрузок», а направление полосчатости «подчинялось как общей линейной ориентированности интрузий, так и субмеридиальному простиранию осевых плоскостей складчатых структур» [там же, с. 32], что предполагает их интрузивный характер и интервал формирования, относимый к раннему ордовику, подтверждаемый наличием гранитных галек в конгломератах нижнего карбона.

Согласно легенде Государственной геологической карты 1:1 000 000 масштаба третьего поколения [2], рассматриваемые гнейсо-граниты отнесены к евьюганскому комплексу поздневендско-кембрийского возраста, включающего породы в полях развития метаморфитов в Харбейском и Марункеуском блоках (рис. 1 б). Ранее эти гранитоиды картировались под названием полярноуральского или харбейского магматических комплексов [6, 7]. В. А. Душин разделил гнейсо-граниты на два магматиче-

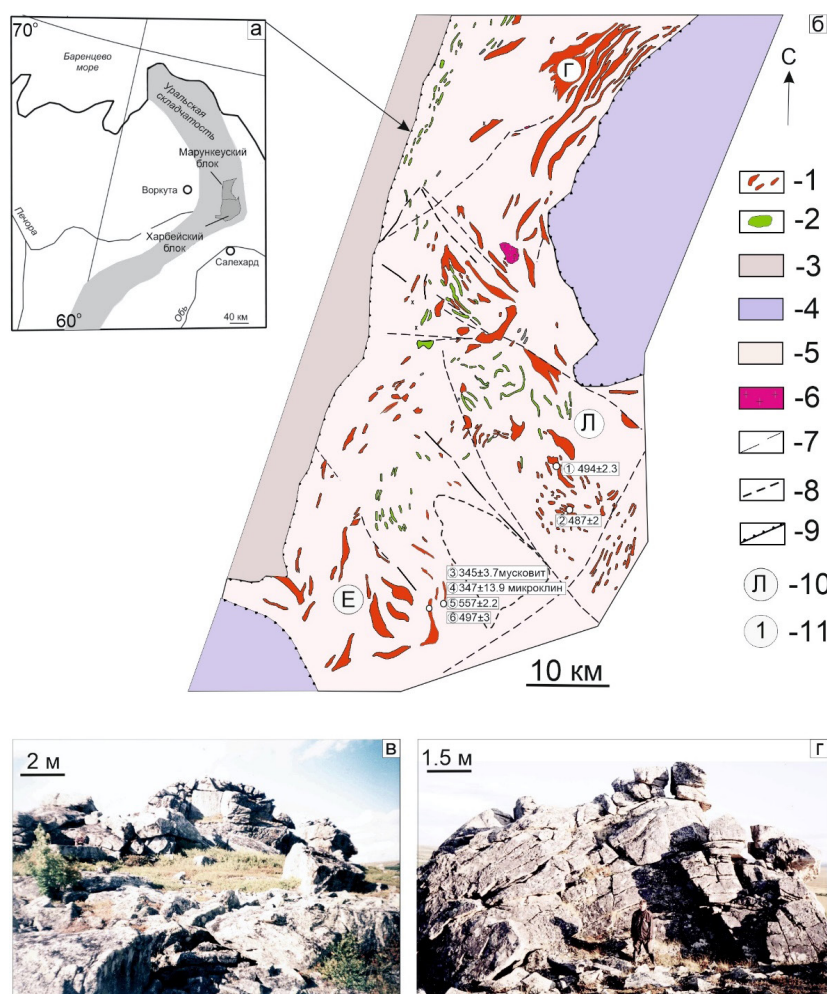


Рисунок 1. Схема геологического строения Харбейского антиклинория и обнажения гнейсо-гранитов: а – расположение Харбейского антиклинория в Уральской складчатой системе, сложенного Харбейским и Марункеуским блоками; б – схема геологического строения Харбейского антиклинория по В. Н. Охотникову [4], Г. А. Кейльману [3], Л. И. Зылевой и др. [2].

Условные обозначения: 1 – гнейсо-граниты; 2 – метадолериты; 3 – метаморфизованные вулканогенно-осадочные отложения (филлиты, серицит-альбит-хлоритовые сланцы, мраморизованные известковистые песчаники, измененные толеитовые базальты, туффиты) палеозойского возраста (орангский аллохтон); 4 – сутурная зона палеозойского возраста; 5 – метаморфизованные вулканогенно-осадочные отложения нижнего протерозоя (амфиболиты, пара- и ортогнейсы, кристаллические ставролит-гранатовые сланцы, зеленые парасланцы); 6 – эклогиты и метаморфиты высоких давлений (марункеуский комплекс); 7 – разломы; 8 – граница париквасьшорской свиты по В. Н. Охотникову [4]; 9 – надвиги; 10 – заглавными буквами «Л», «Е» обозначены гранитные купола по Г. А. Кейльману [3]; Л – Лаптаюганский, Е – Евьюганский; Г – Гердизский массив; 11 – цифрами обозначены места отобранных проб гнейсо-гранитов и породообразующих минералов для определения возрастов: 1 – образец В3 703 (цирконы,  $494 \pm 2,3$  млн лет, U/Pb метод); 2 – образец ПВГ 71 (цирконы,  $487 \pm 2$  млн лет, U/Pb метод [5]); 3 – образец ПВГ 33–22 (мусковит,  $345 \pm 3,7$  млн лет,  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  метод); 4 – образец ПВГ 33–22 (микроклин,  $347 \pm 13,9$  млн лет,  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  метод); 5 – образец ПВГ 33–22 (цирконы,  $557 \pm 2$  млн лет, U/Pb метод [там же]); 6 – ПВГ 40 (цирконы,  $497 \pm$ лет, U/Pb метод, [там же]). в – скальный выход гнейсо-гранитов Лаптаюганского купола; г – складка в массиве гнейсо-гранитов Лаптаюганского купола.

Figure 1. Geological structure of the Kharbey anticlinorium and outcrops of gneissogranites: а – location of the Kharbey anticlinorium within the Uralian fold system, composed of the Kharbey and Marunkeu blocks; б – geological structure of the Kharbey anticlinorium according to V. N. Okhotnikov [4], G. A. Keilman [3], L. I. Zyleva et al. [2]; в – rock outcrop of gneissogranites in the Laptauogan dome; г – fold in the gneissogranite massif of the Laptauogan dome. Symbols: 1 – gneissogranites, 2 – metadolerites, 3 – metamorphosed volcanogenic-sedimentary deposits (phyllites, sericite-albite-chlorite schists, marbleised calcareous sandstones, altered tholeiitic basalts, tuffites) of Paleozoic age (Orang allochthon), 4 – Paleozoic suture zone, 5 – metamorphosed volcanogenic-sedimentary deposits of the Lower Proterozoic (amphibolites, para- and orthogneisses, crystalline staurolite-garnet schists, green paraschists), 6 – eclogites and high-pressure metamorphic rocks (Marunkeu complex); 7 – faults, 8 – boundary of the Parikvashor formation according to V. N. Okhotnikov [4]; 9 – thrusts, 10 – uppercase letters 'L', 'E' indicate granite domes by G. A. Keilman [3]; Л – Laptauogan, E – Evyugan; Г – Gerdizsky massif; 11 – figures indicate sampling locations of gneissogranites and rock-forming minerals for age determination: 1 – В3 703 (zircons,  $494 \pm 2.3$  Ma, U-Pb method), 2 – ПВГ 71 (zircons,  $487 \pm 2$  Ma, U-Pb method [5]), 3 – ПВГ 33-22 (muscovite,  $345 \pm 3.7$  Ma,  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  method), 4 – ПВГ 33-22 (microcline,  $347 \pm 13.9$  Ma,  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  method), 5 – ПВГ 33-22 (zircons,  $557 \pm 2$  Ma, U/Pb method [5]), 6 – ПВГ 40 (zircons,  $497 \pm$  Ma, U/Pb method [5]).

ских комплекса: раннепротерозойский евьюганский мигматит-плагиогранитовый и вендско-раннекембрийский сядатаяхинский гранитовый [1].

Изотопные датировки цирконов из полигенных гнейсо-гранитов евьюганского комплекса Харбейского блока формируют временной интервал – 639–487 млн лет [1, 2, 5]. Возрастные данные (577–685 млн лет) цирконов из вмещающих амфиболитов ханмехойской свиты, по которым развивались гнейсо-граниты [8, 9], предполагают их частичную унаследованность из субстрата.

Полученные в последнее время Sm/Nd методом палеозойские возраста породообразующих минералов гранитизированных амфиболитов ханмехойской свиты – граната, плагиоклаза и породы в целом ( $392 \pm 23$  –  $367 \pm 40$  млн лет), роговой обманки, продатированной  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  методом ( $345,8 \pm 4,7$  млн лет) [9, 10], а также новые (представленные в нашей статье) авторские U/Pb геохронологические данные для цирконов из гранитов (образец ВЗ 703) и  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  датировки породообразующих минералов – калиевого полевого шпата и мусковита из ранее датированного нами  $494 \pm 2,3$  млн лет (SHRIMP-II) гранита (рис. 1 б, образец ПВГ 33-22) [5], подтверждают правомерность вышеприведенных гипотез и многоэтапность становления полингено-реоморфных гнейсо-гранитов Харбейского блока Харбейского антиклинория.

В работе приведены новые U/Pb геохронологические данные для цирконов из гнейсо-гранитов Харбейского блока Харбейского антиклинория, полученные методом ИСП масс-спектрометрии с лазерной абляцией (образец ВЗ 703), а также  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  датировки породообразующих минералов – калиевого полевого шпата и мусковита из ранее датированного нами U/Pb методом (SHRIMP-II) кактаклазированного гнейсо-гранита (рис. 1 б, образец ПВГ 33-22) [там же].

## Материалы и методы

Объект изучения – гнейсо-граниты, отобранные на Полярном Урале в южном районе Харбейского блока в ходе экспедиционных работ 2004 и 2007 гг. Петрографические исследования проводили в лаборатории петрографии ИГ Коми НЦ УрО РАН (оптический микроскоп OLYMPUS BX 51).

Определение содержаний породообразующих элементов производили на рентгенофлуоресцентном волнодисперсионном спектрометре Shimadzu XRF-1800 и методом классической химии. Содержание FeO получено методом титриметрии,  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$  – методом пламенной фотометрии. Корректировку полученных результатов осуществляли по стандартным образцам.

Состав минералов и растровые снимки получены с помощью сканирующего микроскопа Tescan Vega 3 с энергодисперсионным спектрометром X-Max (ЦКП «Геонаука» г. Сыктывкар).

Трасс-элементы в гнейсо-гранитах и плагиогнейсах определяли методом ИСП-МС на квадрупольном масс-спектрометре ELAN 9000 (PerkinElmer Instruments) в ИГГ УрО РАН (г. Екатеринбург) по методике [11].

Определение U/Pb изотопного возраста цирконов проводили методом лазерной абляции с использованием УФ лазера UP-213 (NewWave Research) и одноколлекторного магнитно-секторного масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Element XR (Thermo Science) (LA-ICP MS метод) в ЦКП «Геоспектр» ГИН СО РАН (г. Улан-Удэ) по методике В. Б. Хубанова и др. [12]. Монофракции калиевого полевого шпата и мусковита выделены из гнейсо-гранитов по стандартной методике.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  датирование выполнено в ЦКП многоэлементных и изотопных исследований СО РАН методом ступенчатого нагрева по методике А. В. Травина и др. [13].

## Гнейсо-граниты Харбейского блока

**Вещественный состав гнейсо-гранитов.** Гнейсо-граниты Харбейского блока Харбейского антиклинория, входящие в евьюганский комплекс [1], представлены элювиальными развалами среди амфиболитов и их альбитизированных разновидностей, эпидот-амфиболовых и биотит-амфиболовых плагиогнейсов и пегматитов в виде плит размерами до 1 м и более и редкими останцами высотой до 1–4 м (рис. 1 в, г). Гнейсо-граниты занимают многочисленные, относительно небольшие изолированные вытянутой миндалевидной формы поля, расположенные среди задернованных участков. Граниты серого, розового или кремового цвета характеризуются гнейсовидной текстурой (рис. 2), обусловленной унаследованным от материнского субстрата ориентированным ростом чешуек биотита или распределением клиноцоизита в виде цепочек согласно сланцеватости. Среди развалов гнейсо-гранитов отмечаются плитки лейкократовых эпидот-биотитовых и биотитовых плагиогнейсов, реже – амфиболитов или биотит-амфиболовых сланцев ханмехойской свиты. В сланцах и плагиогнейсах обнаруживается начальная стадия гранитизации, проявляющаяся в виде порфиробластеза альбита, нередко с шахматной структурой, и развития интерстиционного микроклина. В гнейсо-гранитах, в отличие от гранитизированных амфиболитов и биотит-амфиболовых сланцев и гнейсов, появляется биотит на фоне полного исчезновения роговой обманки. Отличительной особенностью гнейсо-гранитов Харбейского блока Харбейского антиклинория является кристаллизация минеральной фазы алланита. Отсутствие коренных выходов не позволяет проследить на местности контакты гнейсо-гранитов с вмещающими породами, но во всех случаях отмечаются признаки проявленного в разной степени катаклаза, сопровождающегося перекристаллизацией кварца и вторичной полевошпатизацией.

Петрохимические характеристики выборочных образцов гнейсо-гранитов Харбейского блока варьируют из-за нестабильного минерального состава, зависящего от степени гранитизации субстрата, первичных особенностей последнего и влияния вторичных изменений. Породы характеризуются относительно высокой кремнеземистостью (масс. %): 72,4–78,0, умеренной щелочностью (7,7–8,1) и относительно высокой глиноземистостью  $\text{Al}_2\text{O}_3=10,95\text{--}14,46$  (табл. 1, рис. 3 а). Наиболее значимые колебания содержаний породообразующих компонентов в гнейсо-гранитах

установлены для CaO=0,35–1,79 масс. % и коэффициента железистости  $(FeO+Fe_2O_3)/MgO=0,0–5,0$ , обусловленные варьирующими количеством биотита, клиноцоизита, роговой обманки и их процентным соотношением, а также степени гранитизации.

Концентрация трасс-элементов характеризуется широким интервалом (г/т) Rb=54,8–137; Y=0,0–54,0; Sr=20–470, Nb 5,0–15,81 (табл. 1). Отмечается необычное для гранитов в целом весьма низкое содержание Zr 12–70 (г/т), меньшее в десятки раз кларковых значений для кислых пород. Несмотря на значительные вариации концентраций элементов-примесей, их нормированные на хондрит спектры (кроме сланцев и гнейсов) характеризуются высокой степенью подобию, что отражает их генетическое

единство (рис. 2 б). Для гнейсо-гранитов характерны повышенные концентрации легких редкоземельных элементов и наличие европиевой аномалии, отсутствующей в плагиогнейсах и сланцах (рис. 2 а, б). На классификационной диаграмме субстратно-генетической принадлежности гранитов [15] (табл. 1, рис. 3 б) дискриминационные точки анализов гнейсо-гранитов расположены в основном в полях I и S, что создает неопределенность в их генетической интерпретации. Можно предположить принадлежность гранитов к апобазитовому (I-граниту) изолигитогенному ряду, учитывая глиноземистость биотита  $Al_2O_3=15,36–17,44$  масс. % (табл. 2), указывающую на установленный ранее базитовый субстрат плагиогнейсов ханмехойской свиты [9]. Глиноземистость биотита в гней-

Таблица 1

Петрохимические (масс. %) и геохимические (г/т) составы гнейсо-гранитов Харбейского блока

Table 1

Petrochemical (wt. %) and geochemical (ppm) compositions of gneiss-granites from the Kharbey block

Компоненты	ПВГ70	ПВГ71	ПВГ73а	ПВГ75	Вз703	Вз700	ПВГ65а	ПВГ66	ПВГ 66б	ПВГ 67	ПВГ 40	ПВГ 38-3	ПВГ 48	ПВГ 33-22	ПВГ 75
SiO <sub>2</sub>	72,4	75,86	77,26	76,34	77,06	77,06	78,6	75,48	77,41	75,8	77,68	77,56	63,21	74,75	76,34
TiO <sub>2</sub>	0,24	0,13	0,04	0,12	0,14	0,14	0,09	0,2	0,11	0,1	0,13	0,08	0,8	0,17	0,12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,46	12,07	12,6	12,35	11,57	14,01	12,67	13,29	13,04	12,1	10,95	11,88	14,89	13,84	12,35
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,91	0,67	0,14	0,71	1,08	0,68	0,4	0,95	0,57	0,6	1,19	0,65	2,43	0,48	0,71
FeO	1,18	0,75	0,28	0,67	0,58	0,61	0,65	0,84	0,71	0,69	0,61	0,58	2,22	0,43	0,67
MnO	0,07	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,07	0,01	0,03
MgO	0,6	0,5	0,5	0,5	0,32	0,25	0,56	0,68	0,00	0,5	0,0	0,0	4,65	0,0	0,5
CaO	1,79	0,91	0,67	0,56	0,93	0,75	0,5	1,7	0,94	0,67	0,35	0,78	3,46	1,2	0,56
Na <sub>2</sub> O	4,83	4,78	4,7	4,15	2,42	3,99	6,47	4,56	5,59	4,34	2,94	3,44	3,86	2,81	4,15
K <sub>2</sub> O	3,61	3,46	4,5	4,25	5,34	5,02	0,48	1,44	1,11	4,01	5,26	4,81	1,99	5,32	4,26
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,08	0,043	0,02	0,02	0,1	0,1	0,02	0,09	0,06	0,02	0,05	0,02	0,2	0,01	0,02
п.п.п.	0,35	0,5	0,39	0,35	0,53	0,53	0,28	0,76	0,44	0,23	0,81	0,76	2,19	0,98	0,35
сумма	100,52	100,68	100,11	100,05	100,09	103,16	100,73	100,01	100,0	99,09	99,99	100,58	99,97	100,0	100,06
La	13,3	25,98	0,62	18,4	30	20	14,4	39,30	9,16	27,7	21,78	23,3	13,32	23,3	18,4
Ce	24,0	70,65	1,92	30,8	90	50	22,6	67,10	17,10	46,7	81,96	79,34	22,8	51,1	30,8
Pr	2,49	6,32	0,35	3,08	7,0	5,7	2,21	6,8	1,95	4,6	4,8	6,162	2,7	5,7	3,08
Nd	9,0	22,87	2,26	10,8	27	22	7,22	22,6	7,12	15,0	16,4	21,99	9,7	21,66	10,8
Sm	2,15	3,98	0,97	2,47	6,0	4,8	1,61	5,05	1,81	3,4	2,5	3,39	1,61	3,5	2,47
Eu	0,75	0,39	0,06	0,08	0,6	0,35	0,01	1,1	0,43	0,21	0,14	0,123	0,56	0,948	0,07
Gd	3,02	2,8	1,37	3,5	6,96	5,57	2,24	6,5	2,81	4,6	2,00	2,183	1,07	2,6	3,5
Tb	0,52	0,45	0,22	0,58	0,9	0,7	0,37	1,06	0,51	0,73	0,42	0,401	0,16	0,33	0,58
Dy	3,21	3,0	1,31	3,6	6,0	5,0	2,48	6,5	3,30	4,59	3,2	3,2	0,94	2,02	3,6
Ho	0,75	0,57	0,31	0,85	1,4	1,1	0,58	1,5	0,80	1,1	0,7	0,74	0,19	0,35	0,85
Er	2,25	1,7	0,86	2,59	5,5	3,0	1,76	4,33	2,5	3,2	2,3	2,44	0,54	0,91	2,59
Tm	0,37	0,27	0,13	0,43	0,7	0,6	0,26	0,64	0,43	0,49	0,388	0,39	0,08	0,126	0,43
Yb	2,0	2,11	0,74	2,5	4,7	3,9	1,71	3,8	2,60	2,83	2,49	2,768	0,58	0,728	2,5
Lu	0,39	0,31	0,13	0,44	0,7	0,6	0,29	0,63	0,48	0,5	0,37	0,419	0,09	0,11	0,44
Rb	4,69	61,07	104,9	137,7	160	160	6,34	4,51	30,10	124,8	151,1	172,0	166,9	54,8	137,7
Sr	470	53,7	43	51	100	20	65,00	310,0	0,0	120	52,3	12,98	186,1	381,79	51,0
Ni	30	0,0	30	60	6,0	8,0	0,0	40,0	3,37	0,0	0,25	–	–	18,1	60,0
Hf	2,96	2,14	2,19	3,25	1,3	1,9	2,85	4,8	0,0	4,05	2,3	2,79	1,1	0,44	3,2
Ta	1,62	0,93	2,91	1,73	1,6	1,5	1,05	1,0	12,0	1,79	1,2	1,5	0,25	0,59	1,73
Zr	30	57,86	10	35	67	81	70	35	34	40	63,5	72,99	36,4	12,2	35
Y	23	12,15	0,0	59	70	50	12,0	41,0	0,0	54,0	19,2	18,5	4,7	8,6	59,0
Nb	10	11,97	5,0	8,0	42	38	0,0	5	0,0	15,0	14,3	15,3	3,4	9,2	8,0
Ga	13,67	13,67	15,81	13,7	22	18	н.о	н.о	н.о	н.о	13,7	14,35	12,2	15,8	н.о

Примечание. Жирным шрифтом обозначены образцы с продатированными цирконами U/Pb методом.

Note. Samples with U/Pb dated zircons are highlighted in bold.



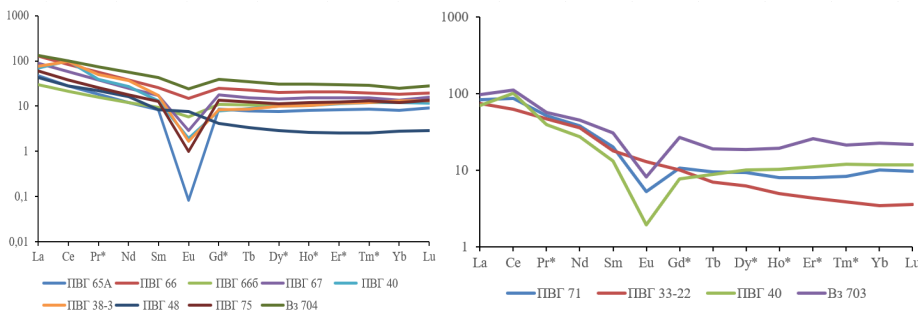


Рисунок 2. Графики нормированных редкоземельных элементов на хондрит [14] гнейсо-гранитов Харбейского блока Харбейского антиклинария: а – гнейсо-граниты с протитированными цирконами (образцы ПВГ 71, ПВГ 33-22, ПВГ 40, Вэ 703); б – гнейсо-граниты и плаггиогнейсы.

Figure 2. Chondrite-normalised rare earth element (REE) graphs [14] for gneiss-granites of the Kharbey block of the Kharbey anticlinorium: а – gneiss-granites with dated zircons (samples ПВГ 71, ПВГ 33-22, ПВГ 40, Вэ 703); б – gneiss-granites and plagiogneisses.

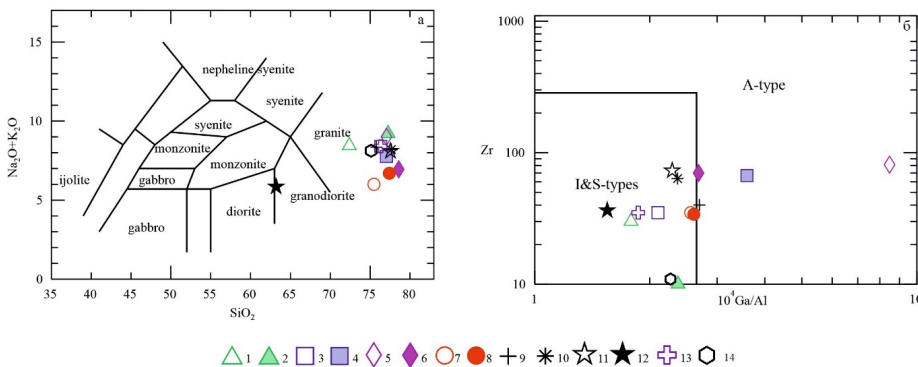


Рисунок 3. Петрогеохимические диаграммы для гранитоидов: а – диаграмма TAS; б – субстратно-генетическая классификационная диаграмма Zr-10<sup>4</sup>Ga/Al [15].

Условные обозначения: 1 – ПВГ 70; 2 – ПВГ 73; 3 – ПВГ 75; 4 – Вэ 703; 5 – Вэ 700; 6 – ПВГ 65а; 7 – ПВГ 66; 8 – ПВГ 666; 9 – ПВГ 67; 10 – ПВГ 40; 11 – ПВГ 38-3; 12 – ПВГ 48; 13 – ПВГ 75; 14 – ПВГ 33-22.

Figure 3. Petrogeochemical diagrams for granitoids. а – TAS diagram, б – source-genetic classification diagram Zr-10<sup>4</sup>Ga/Al [15].

Symbols: 1 – ПВГ 70; 2 – ПВГ 73; 3 – ПВГ 75; 4 – Вэ 703; 5 – Вэ 700; 6 – ПВГ 65а; 7 – ПВГ 66; 8 – ПВГ 666; 9 – ПВГ 67; 10 – ПВГ 40; 11 – ПВГ 38-3; 12 – ПВГ 48; 13 – ПВГ 75; 14 – ПВГ 33-22.

со-граните наследуется от материнского субстрата, так как его содержание определяется химической характеристикой метаморфизируемой породы и не зависит от степени метаморфизма в ходе ультраметаморфогенных преобразований [1–17].

Наиболее лейкократовые разновидности гнейсо-гранитов с петрохимическими характеристиками А-гранитов (рис. 2 б), образующиеся за счет корового анатексиса по субстрату, претерпевшего ранее ультраметаморфические преобразования [18], характеризуются преобладанием калия над натрием и самыми высокими содержаниями редкоземельных элементов (табл. 1, рис. 3 а, б).

**<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar, U/Pb датирование гнейсо-гранитов и обсуждение результатов.** Гнейсо-граниты евьюганского комплекса Харбейского блока Харбейского антиклинария являются полигенными образованиями, формирующимися с большим возрастным разрывом между началом гранитизации и завершения их становления. Поэтому была поставлена задача изучить возрастные данные не только цирконов, но и породообразующих минералов пород.

Выборный для изотопного <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar исследования методом ступенчатого прогрева по мусковиту и порфиробласту микроклина образец гранита ПВГ 33-22 (рис. 4 б)

характеризуется среди ранее изученных нами гранитов [5] более древней U/Pb датировкой по циркону (557±2 млн лет, левый борт р. Евьюган, Евьюганский купол) и отличающимся минеральным составом, а также структурными особенностями.

Гнейсо-граниты пробы ПВГ 33-22 имеют лейкократовый облик при содержании темноцветных минералов (клиноцоизита) меньше 1 % и характеризуются относительно крупнозернистой, порфиробластовой структурой (рис. 4 б). В гнейсо-граните на макроуровне хорошо диагностируются порфиробласты калиевого полевого шпата линзовидной (деформированной) формы размером 1-2 см, ориентированные согласно сланцеватости. Их количество не превышает 2-3 % относительно объема породы. В основной массе микроклин с размерностью в среднем 4-5 мм несет следы деформации в виде трещин, по которым развиваются мелкозернистый гранулированный кварц и вторичный микроклин (рис. 5 а).

Перекристаллизованный постдеформационный кварц образует относительно крупные гипидиоморфные зерна с размерностью около 0,5-0,8 мм, слагающие линзовидные обособления или прожилки, вытянутые согласно сланцеватости. Мусковит, подчеркивая гнейсовидность породы, развивается в виде чешуек с размерностью 0,6-0,8 мм вдоль плоскостей сближенных параллельных трещин.

Проведенное исследование показало, что в <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar спектре мусковита из пробы ПВГ 33-22 наблюдается возрастное плато из семи последовательных ступеней, характеризующееся значением возраста 345±4 млн лет, СКВО=0,41 и долей выделенного <sup>39</sup>Ar 95,5 % (рис. 6 а). В спектре микроклина также выделяется кондиционное плато из трех ступеней, характеризующееся значением возраста 342±14 млн лет, СКВО=2,3 и долей выделенного <sup>39</sup>Ar 78,6 %.

Температура закрытия изотопной системы мусковита порядка 370° С [19], что сопоставимо с температурой хрупко-пластических деформаций. Вероятно, формирование синдеформационного мусковита произошло 345±4 млн лет назад. Очевидно, что формирование порфиробластов калиевого полевого шпата произошло в это же время. Температура закрытия изотопной системы микроклина значительно ниже – порядка 220° С [там же]. Согласованность

Химический состав биотитов в гнейсо-гранитах

Chemical composition of biotites in gneiss-granites

Образец	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	сумма
ПВГ 68	37,43	1,7	15,87	28,78	0,72	6,22	0,0	-	9,28	100
	36,82	2,71	17,07	24,13	0,5	8,92	0,15	-	9,49	99,79
	37,42	2,46	16,03	23,84	0,6	9,31	0,21	-	9,57	99,44
	37,96	2,51	17,51	22,54	0,45	9,09	0,0	-	9,35	99,47
ПВГ 67	36,56	2,97	16,06	29,68	0,72	5,32	0,16	-	8,23	99,14
	36,9	2,26	16,08	28,68	1,11	5,2	0,15	-	9,41	99,72
	36,32	3,05	15,36	29,85	0,61	5,06	-	0,25	9,13	99,72
ПВГ 65а	38,44	2,73	16,66	20,25	0,74	7,67	0,0	0,16	9,82	101,06
	36,45	3,3	15,22	28,74	0,9	6,15	0,03	0,72	9,1	99,26
	35,75	3,45	15,5	28,67	0,56	6,16	-	0,02	9,24	99,55
	36,48	2,85	15,83	28,74	0,43	5,80	0,10	0,38	9,13	96,61
ПВГ 69б	37,97	2,77	17,44	20,32	0,57	11,12	-	0,03	8,23	99,62
	38,57	2,65	17,55	19,99	0,32	10,81	-	0,3	9,41	99,24
	38,03	3,21	17,14	20,05	0,86	10,78	0,21	0,18	9,13	99,6
ПВГ 76	37,57	2,98	15,83	24,86	0,76	7,61	0,0	0,0	9,73	100,42
	38,18	2,96	16,11	24,4	0,74	7,77	0,12	0,0	9,42	99,95
	37,97	3,04	15,65	24,82	0,43	7,64	-	0,3	9,58	99,63
Вз 703	36,78	2,24	15,81	20,54	0,3	10,7	-	-	10,7	96,27
	36,62	1,89	15,57	19,73	0,2	10,74	-	-	10,74	94,12
	36,98	2,05	15,64	20,54	-	10,97	-	-	10,97	96,16
	37,0	2,17	15,43	20,80	0,24	10,65	-	-	10,65	95,93

Таблица 2

Table 2

в пределах ошибки <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar датировок двух выделенных из гнейсо-гранита проб ПВГ 33–22 минералов, а также – <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar датировок по мусковиту (350±2,7 млн лет), развивающемуся по плоскостным трещинам деформации гранита Гердизского массива (см. рис. 1 б), расположенного в Марункеуском блоке Харбейского антиклинория, [20, 21] и порфиروبластическому калиевому полевому шпату (351±12 млн лет) из амфиболита ханмехойской свиты [22] свидетельствуют о процессе тектонического выведения пород Харбейского антиклинория к поверхности.

Полученные нами датировки совпадают с датировками глаукофанового метаморфизма (347±72 млн лет), эксгмации эклогитов (360 млн лет), диафтореза (346±5 млн лет) на Полярном Урале [10] палеозойского коллизийного этапа формирования уральского орогена.

Возрастные значения цирконов (557±2,2 млн лет, образец ПВГ 33–22), полученные ранее [5], исследованного нами этого же гнейсо-гранита на предмет возраста породообразующих минералов мусковита и микроклина согласуются с датировками таковых, извлеченных из гранитизированных амфиболитов, альбитовых амфиболитов и плагиогнейсов ханмехойской свиты – 577–685 млн лет [8, 9, 23], что предполагает их унаследованность. Изотопные датировки цирконов и метасоматических минералов свидетельствуют о полигенной природе данного массива, являющегося, скорее всего, автохтонным образованием, практически не утратившим признаки докембрийского материнского метабазитового субстрата, о чем свидетельствует спектр нормированных редкоземельных элементов. На рис. 3 а отмечаются отсутствие европиевого минимума и низкая степень дифференциации редкоземельных элементов (образец ПВГ 33–22), подобно спектрам плагиогнейсов (образец ПВГ 66) и эпидот-амфиболовых сланцев (образец ПВГ 48) ханмехойской свиты, представленных для сравнения на рис. 3 б.

Совершенно иная картина наблюдается для гнейсо-гранитов Харбейского блока с полученными ранее возрастными цирконов 487±2 млн лет (образец ПВГ 71)

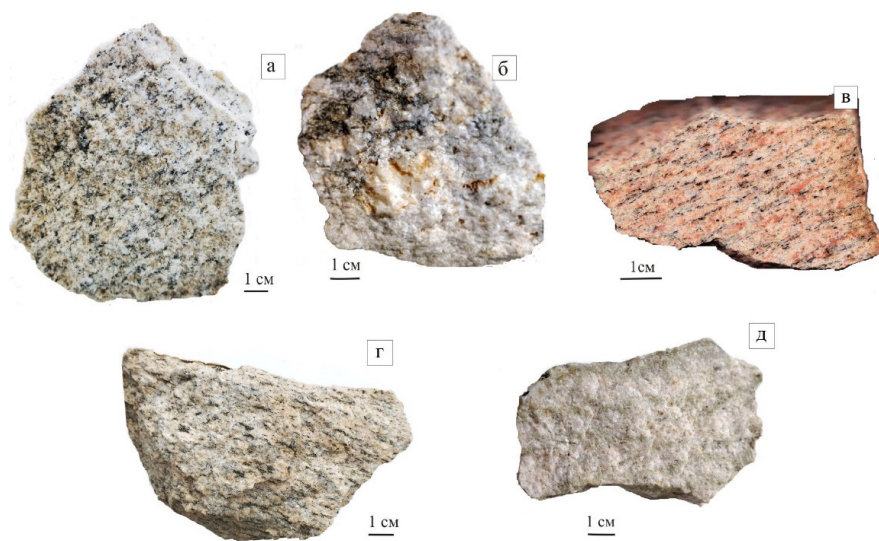


Рисунок 4. Гнейсо-граниты евьюганского комплекса Харбейского блока Харбейского антиклинория: а – гнейсовая структура гнейсо-гранитов (образец ПВГ 68); б – гнейсо-гранит с порфиروبластами микроклина и чешуйками мусковита (образец ПВГ 33–22), продатированными <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar методом ступенчатого прогрева. Результаты определения представлены в данной статье (калиевый полевой шпат – 347±13,9 млн лет; мусковит – 345±3,7 млн лет). В этом же образце ранее продатирован U/Pb методом циркон – 557±2,2 млн лет [5]; в – полосчатая текстура, обусловленная чередованием слоев микроклина, альбита и чешуек биотита (образец ПВГ 71); г – гнейсо-гранит Евьюганского купола (образец ПВГ 67); д – лейкократовый гранит (Вз 703), продатированный U/Pb методом по циркону – 494±2,3 млн лет (результаты определения представлены в данной статье).

Figure 4. Gneiss-granites of the Evyugan complex of the Kharbey block of the Kharbey anticlinorium: a – gneiss structure of gneiss-granites (sample ПВГ 68); б – gneiss-granite with microcline porphyroblasts and muscovite flakes (ПВГ 33–22), dated by the stepwise heating <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar method. The age determination results are presented in this article: potassium feldspar – 347 ± 13.9 Ma; muscovite – 345 ± 3.7 Ma. In this sample, zircon was previously dated by the U/Pb method at 557 ± 2.2 Ma [5]; в – banded texture caused by alternating layers of microcline, albite, and biotite flakes (ПВГ 71); г – gneiss-granite of the Evyugan dome (ПВГ 67); д – leucocratic granite (Вз 703), zircon-dated by the U/Pb method at 494 ± 2.3 Ma (determination results are presented in this article).



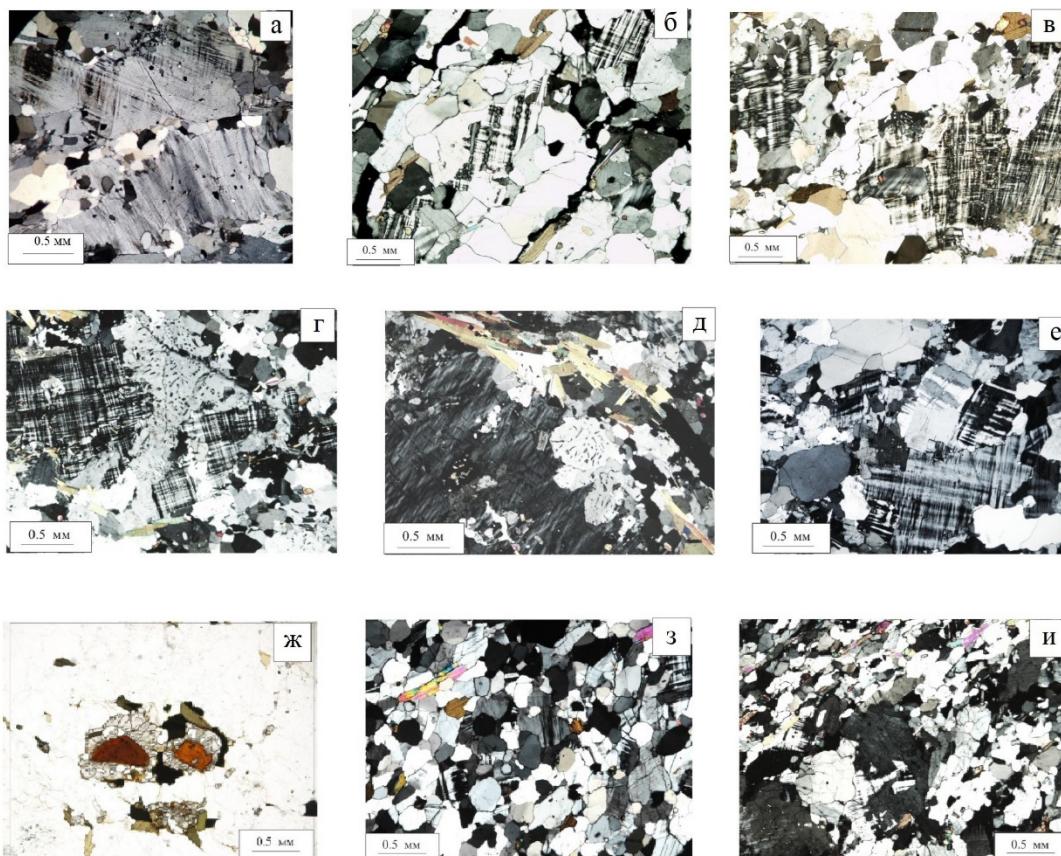


Рисунок 5. Петрографические особенности гнейсо-гранитов евьюганского комплекса Харбейского блока Харбейского антиклинария: а – расколотовое зерно микроклина (образец ПВГ 33-22); б – синкинематическая кристаллизация микроклина в полосчатом гнейсо-граните (образец ПВГ 71); в – катакластическая структура (образец ПВГ 70); г – развитие посткинематических мирмекитов (образец ПВГ 70); д – обломок калиевого полевого шпата с мирмекитами (образец ПВГ 70); е – реликтовый некатаклизированный участок гнейсо-гранита (образец ПВГ 70); ж – алланит в агрегате клиноцоизита (образец Вэ 703); з – реликтовый недеформированный участок гранита (Вэ 703); и – синкинематический кварц-полевошпатовый агрегат, обтекающий обломки первичного гранита (Вэ 703).

Figure 5. Petrographic features of the Evyugan complex of the Kharbey block of the Kharbey anticlinorium: а – split grain of microcline (sample ПВГ 33-22); б – synkinematic crystallization of microcline in banded gneiss-granite (sample ПВГ 71); в – cataclastic texture (sample ПВГ 70); г – development of postkinematic myrmekites (sample ПВГ 70); д – fragment of potassium feldspar with myrmekites (sample ПВГ 70); е – relict non-cataclased domain of gneiss-granite (sample ПВГ 70); ж – allanite in a clinozoisite aggregate (sample Вэ 703); з – relict undeformed granite domain (Вэ 703); и – synkinematic quartz-feldspar aggregate surrounding fragments of primary granite (Вэ 703).

и  $497 \pm 3$  млн лет (образец ПВГ 40), отобранных в пределах Евьюганского и Лаптаюганского гранитно-мигматитовых куполов (см. рис. 1 б).

Возраста значительно отличаются от U/Pb датировок по циркону из вмещающих плагиогнейсов ханмехойской свиты. В связи с этим в ранних работах [5] мы предположили модель их параавтохтонного или протрузивного становления, т. е. граниты, сохраняя реликтовые текстурные особенности, претерпели ранее процессы реоморфизма [16]. Следует отметить, что гнейсовидность гранитов имеет двойственный характер, так как помимо унаследованной директивной текстуры проявляются вторичные деформационные признаки за счет протоклаза или катаклаза.

На унаследованные текстурные особенности, обусловленные ориентированным ростом биотита и распределением клиноцоизита в виде вытянутых цепочек, накладывается развитие гранулированного кварца, образующего пересекающиеся между собой системы тонких лентулярных жил, разделяющих породу на линзы. Вдоль участков расланцевания кристаллизуются синкинематические вытянутые зерна решетчатого микроклина,

обуславливающего совместно с лентулярным кварцем своеобразную полосчатую текстуру (рис. 5 б; в). Наиболее крупные зерна микроклина, подвергшиеся катаклазу, раскалываются и растаскиваются в виде обломков вдоль плоскостей смещения (рис. 5 е). По трещинам микроклина развивается гранулированный кварц или вторичный альбит, в котором в отдельных случаях отмечаются кварцевые вставки, подобные мирмекитовым (рис. 5 г). Кварц имеет несколько генераций, зависящих от наличия или отсутствия внешних деформационных условий. Синкинематический кварц кристаллизуется в виде лентулярных слоев, сложенных удлиненными зернами, а в случае снятия напряжения минерал образует полигональные кристаллы. В породе тем не менее сохраняются реликтовые участки, сложенные кварц-полевошпатовым относительно крупнозернистым агрегатом, не затронутые какой-либо деформацией (рис. 5 з).

Подобные структурные особенности пород могут возникать и при протоклазе гранитного материала за счет его реоморфного течения при становлении параавтохтонного массива [там же]. В этом случае очень важно определить

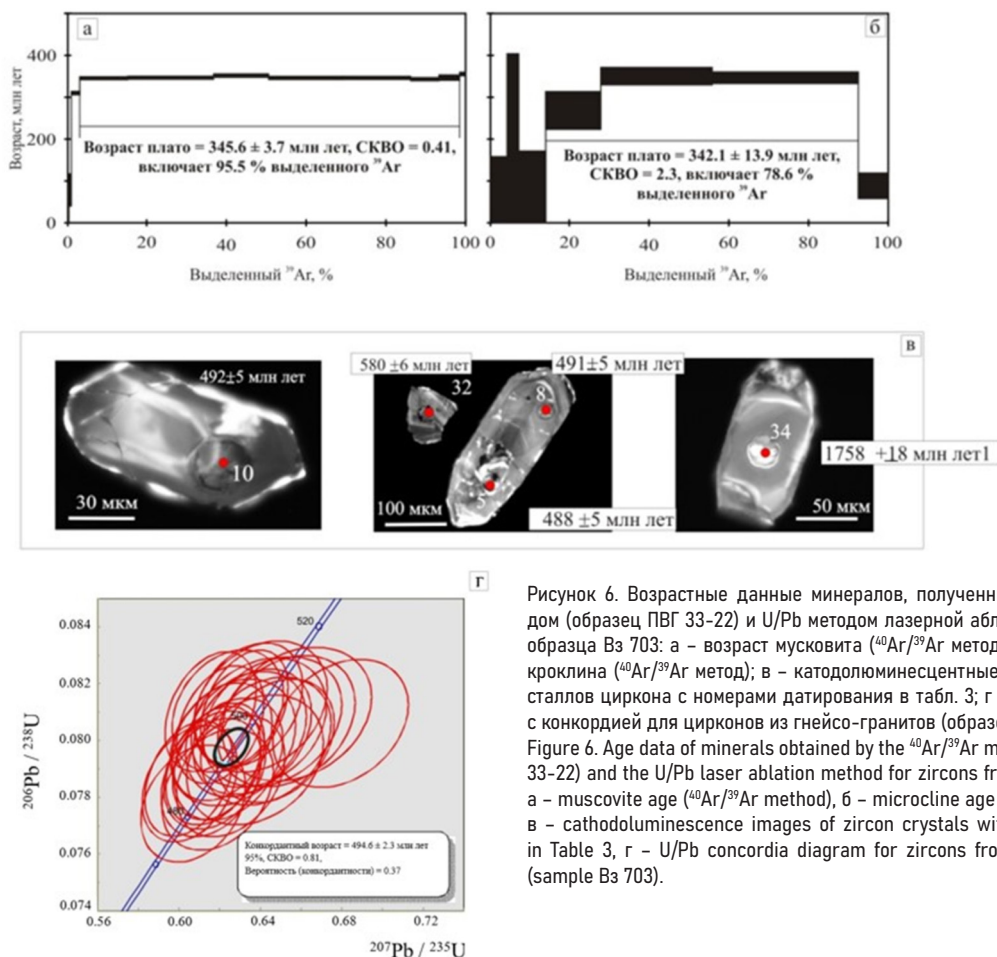


Рисунок 6. Возрастные данные минералов, полученные  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  методом (образец ПВГ 33-22) и U/Pb методом лазерной абляции цирконов из образца Вэ 703: а – возраст мусковита ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  метод); б – возраст микроклина ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  метод); в – катодолуминесцентные фотографии кристаллов циркона с номерами датирования в табл. 3; г – U/Pb диаграмма с конкордией для цирконов из гнейсо-гранитов (образец Вэ 703).  
 Figure 6. Age data of minerals obtained by the  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  method (sample ПВГ 33-22) and the U/Pb laser ablation method for zircons from sample Вэ 703: а – muscovite age ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  method), б – microcline age ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  method), в – cathodoluminescence images of zircon crystals with dating numbers in Table 3, г – U/Pb concordia diagram for zircons from gneiss-granites (sample Вэ 703).

Таблица 3

Химический состав (масс. %) и кристаллохимические коэффициенты граната

Table 3

Chemical composition (wt. %) and crystallochemical coefficients of garnet

Обр. Вэ 704						
Компоненты	3-1 ц	3-2 к	5-1к	5-2 к	5-3ц	5-3к
SiO <sub>2</sub>	38,91	38,01	38,63	38,53	38,75	36,27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,68	21,37	21,49	21,68	21,17	20,5
FeO*	16,97	18,02	16,78	17,94	11,93	18,25
MgO	0,52	0,45	0,0	0,59	0,0	0,48
CaO	19,96	18,04	20,06	17,74	25,94	17,45
MnO	3,46	4,12	3,54	4,37	2,39	4,48
сумма	101,5	100,1	100,5	100,85	100,18	97,46
Формульные коэффициенты						
Si	3,0	2,99	3,0	3,0	2,88	2,94
Al	1,97	1,98	1,98	2,0	1,85	1,96
Fe <sup>3</sup>	0,03	0,04	0,0	0,0	0,38	0,16
Fe <sup>2</sup>	1,07	1,14	1,09	1,15	0,67	1,06
Mn	0,23	0,27	0,23	0,29	0,14	0,31
Mg	0,06	0,05	0,0	0,07	0,0	0,06
Ca	1,65	1,52	1,68	1,48	2,07	1,52
Миналы						
adr	0,01	0,01	0,0	0,0	0,0	0,0
grs	0,47	0,44	0,56	0,43	0,6	0,43
alm	0,25	0,26	0,28	0,27	0,16	0,29
sps	0,08	0,08	0,08	0,08	0,04	0,9
prp	0,15	0,13	0,15	0,15	0,14	0,13

возрастные данные синкинематического новообразованного микроклина, которые согласовали бы его развитие с геодинамическими режимами становления складчатой системы Полярного Урала, и время образования полосчатых гнейсо-гранитов в целом, на которые в свое время обратил внимание В. Н. Охотников [4], предполагая их палеозойский возраст.

Новые возрастные данные для гнейсо-гранитов Харбейского блока Харбейского антиклинория были получены для пород, расположенных в левом борту р. Лаптоюган и публикуются впервые (см. рис. 1 б, образец Вэ 703). На макроуровне данные гнейсо-граниты на обозначенном участке различаются степенью меланократовости и текстурно-структурными особенностями. Наиболее меланократовые разности имеют гнейсовидную текстуру за счет ориентированного роста биотита и цепочечного вытянутого агрегата мелкозернистого клиноцоизита. Менее распространенными минералами являются роговая обманка и гранат альмандин-гроссулярового состава (табл. 3) с размерностью около 0,05 мм. Для пород также характерен алланит, кристаллизующийся в центральной части клиноцоизитового агрегата (см. рис. 5 ж). Гранит (образец Вэ 703), из которого были отобраны цирконы для U/Pb датирования, отличается от ранее датированных гранитоидов других участков лейкократовостью (см. рис. 4 д), относительно высоким содержанием суммы редкоземельных элементов и хорошо выраженной европиевой аномалией (см. табл. 1;



рис. 3 а), что предполагает присутствие значительного количества гранитного расплава. В нем проявился ярко выраженный катаклиз (или протоклаз?) в виде удлиненных остроугольных блоков с четко выраженными границами, сложенных кварц-полевошпатовым крупнозернистым агрегатом без каких-либо признаков деформаций. Обломки обтекаются мелкозернистым кварц-полевошпатовым, перекристаллизованным в синкинематических условиях агрегатом, сложенным удлиненными и ориентированными в одном направлении согласно деформационному давлению (или реоморфическому течению гранитного материала) зернами (см. рис. 5 з; и). Наличие участков в этой же породе с полигональными мелкими зернами полевых шпатов с явно выраженной структурой роста в посткинematическом состоянии свидетельствует о длительно текущем, многоэтапном процессе становления породы.

Цирконы, отобранные из данного лейкократового гранита, имеют розовый цвет и хорошо ограненные кристаллы длиннопризматического габитуса с размерностью от 0,09 до 0,25 мм. На катодолюминесцентном изображении цирконов наблюдается концентрическая зональность (рис. 6 в). Конкордантное значение возраста, полученное методом лазерной абляции составляет  $494 \pm 2,3$  млн лет (табл. 4, рис. 6 г), практически совпадают с возрастными гранито-гнейсов евьюганского комплекса в Харбейском и Марункеуском блоках Харбейского антиклинория, исключая древние ядра с возрастом  $1758 \pm 18 - 1080 \pm 17$  млн лет [1, 5].

### Заключение

Новые возрастные данные для цирконов гнейсо-гранитов Харбейского блока Харбейского антиклинория ( $494 \pm 2,3$  млн лет), а также калиевого полевого шпата и мусковита (соответственно  $347 \pm 13,9$  млн лет и  $345 \pm 3,7$  млн лет) согласуются с уже установленным геохронологическим интервалом и дополняют геологическую историю становления гранитов евьюганского комплекса в целом.

Ранее было установлено, что гнейсо-граниты Харбейского блока являются продуктами ультраметаморфизма, а субстратом гранитообразования послужили докембрийские амфиболиты и плагиогнейсы ханмехойской свиты. Об этом же свидетельствуют петро-

химические, геохимические и минералогические данные, указывающие на их принадлежность апобазитовым гранитам I-типа.

Возраст гранитизации и время становления гнейсо-гранитов евьюганского комплекса Харбейского антиклинория на данный момент времени установить сложно, так как они имеют длительное полигенно-реоморфическое становление. Требуются дополнительные неединичные возрастные данные кристаллизации породообразующих минералов на всех этапах формирования гранитных тел. Учитывая последние полученные Sm/Nd методом палеозойские возраста породообразующих минералов гранитизированных амфиболитов ханмехойской свиты (являющихся субстратом для исследуемых гнейсо-гранитов) – граната, плагиоклаза и породы в целом ( $392 \pm 23 - 367 \pm 40$  млн лет), также роговой обманки амфиболитов, продатированной  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$

Таблица 4  
Результаты U/Pb датирования цирконов, выделенных из образца гранита Вз 703

Table 4

#### Results of U/Pb dating of zircons extracted from granite sample Bz 703

Номер зерна	Изотопные отношения						Rho0.3	Возраст. млн лет				D. %
	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\pm 1\sigma$ %	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$ %	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$ %		$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\pm 1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\pm 1\sigma$	
1	0.0567	0.001	0.6071	0.0105	0.0778	0.0008	0.3	485	5	478	38	0
2	0.0574	0.001	0.6191	0.0112	0.0783	0.0009	0.3	486	5	508	40	1
3	0.056	0.0009	0.6054	0.0096	0.0785	0.0008	0.3	487	5	453	35	-1
4	0.0577	0.001	0.6255	0.0109	0.0787	0.0009	0.3	489	5	517	38	1
5	0.0568	0.0009	0.6160	0.0101	0.0787	0.0009	0.3	488	5	484	36	0
6	0.0558	0.0008	0.6049	0.0089	0.0787	0.0008	0.4	488	5	445	32	-1
7	0.0568	0.001	0.6178	0.0102	0.790	0.0009	0.3	490	5	483	37	0
8	0.0566	0.0009	0.6169	0.0096	0.0791	0.0009	0.3	491	5	476	34	-1
9	0.0584	0.0013	0.6375	0.0137	0.0793	0.0009	0.3	492	6	543	46	2
10	0.0568	0.0009	0.6196	0.0092	0.0793	0.0008	0.3	492	5	481	33	0
11	0.0572	0.001	0.6245	0.0109	0.0793	0.0009	0.3	492	5	497	38	0
12	0.0588	0.0011	0.6473	0.0119	0.800	0.0009	0.3	496	5	558	40	2
13	0.0584	0.0012	0.6427	0.0131	0.800	0.0009	0.3	496	5	543	44	2
14	0.0569	0.0012	0.6266	0.0126	0.0799	0.0009	0.3	496	5	488	44	0
15	0.0564	0.0009	0.6213	0.01	0.0800	0.0009	0.3	496	5	468	36	-1
16	0.0612	0.0012	0.6796	0.0136	0.806	0.0009	0.3	500	6	647	42	5
17	0.0573	0.0011	0.6331	0.0121	0.0802	0.0009	0.3	497	5	503	42	0
18	0.0575	0.0011	0.6361	0.0119	0.0803	0.0009	0.3	498	5	510	41	0
19	0.0588	0.0012	0.6530	0.0138	0.0807	0.0009	0.3	500	6	558	45	2
20	0.0582	0.0013	0.6461	0.0139	0.0807	0.0009	0.3	500	6	535	47	1
21	0.0576	0.0012	0.6395	0.0136	0.0806	0.0009	0.3	500	6	514	47	0
22	0.0559	0.0008	0.6205	0.0088	0.0806	0.0009	0.4	499	5	449	31	-2
23	0.0591	0.0014	0.6580	0.015	0.0809	0.001	0.3	502	6	569	49	2
24	0.0559	0.001	0.6241	0.0112	0.0810	0.0009	0.3	502	5	449	40	-2
25	0.0566	0.0008	0.6323	0.0088	0.0811	0.0009	0.4	503	5	475	31	-1
26	0.0573	0.0012	0.6401	0.0134	0.0812	0.0009	0.3	503	6	501	46	0
27	0.0552	0.0008	0.6156	0.0092	0.0810	0.0009	0.4	502	5	419	33	-3
28	0.0567	0.001	0.6344	0.0108	0.0813	0.0009	0.3	504	5	479	38	-1
29	0.0619	0.001	0.7193	0.0114	0.0844	0.0009	0.3	523	5	669	34	5
30	0.0574	0.0009	0.6640	0.107	0.0840	0.0009	0.3	520	5	520	35	-1
31	0.057	0.0008	0.6621	0.0097	0.0843	0.0009	0.3	522	5	522	33	-1
32	0.0585	0.0009	0.7591	0.0113	0.0942	0.001	0.4	580	6	580	32	-1
33	0.0801	0.0012	2.0114	0.0310	0.1823	0.002	0.3	1080	17	1080	30	4
34	0.1138	0.0024	4.9144	0.1021	0.3135	0.0037	0.3	1758	18	1758	37	3

методом ( $345,8 \pm 4,7$  млн лет) [9], можно предположить, что полигенно-реоморфические гнейсо-граниты Харбейского блока Харбейского антиклинория образовались в результате ультраметаморфизма, являвшегося последовательной высшей стадией развития регионального метаморфизма в данном регионе, и окончательно сформировались в раннем карбоне в условиях коллизионных процессов, происходящих в Уральском орогене.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Источники и литература

1. Душин, В. А. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. Издание второе. Серия Полярно-Уральская. Лист Q-42-VII, VIII (Обской). Объяснительная записка / В. А. Душин, О. П. Сердюкова, А. А. Малюгин [и др.]. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2014. – 384 с.
2. Зылёва, Л. И. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Западно-Сибирская. Лист Q-42. – Салехард. Объяснительная записка / Л. И. Зылёва, А. Л. Коновалов, А. П. Казак [и др.]. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2014. – 396 с.
3. Кейльман, Г. А. Мигматитовые комплексы подвижных поясов / Г. А. Кейльман. – М.: Недра, 1974. – 100 с.
4. Охотников, В. Н. Гранитоиды и рудообразование (Полярный Урал) / В. Н. Охотников. – Л.: Наука, 1985. – 184 с.
5. Голубева, И. И. Первые результаты U-Pb датирования цирконов гнейсогранитов Харбейского комплекса Полярного Урала / И. И. Голубева // ДАН. – 2011. – Т. 439, № 4. – С. 508–513.
6. Бутин, В. В. Геология и условия формирования гнейсо-амфиболитового комплекса южной части Харбейского антиклинория: автореф. дис. ... канд. г.-м. наук / В. В. Бутин. – Свердловск, 1973. – 20 с.
7. Кейльман, Г. А. К вопросу о геологическом строении осевой зоны Полярного Урала / Г. А. Кейльман, В. В. Бутин, Л. Л. Подсосова [и др.]. // Труды СГИ. – 1973. – Вып. 91. – С. 5–0.
8. Коновалов, А. Л. О тектонической границе между метаморфическими сланцами и кристаллическими образованиями позднего протерозоя Харбейского антиклинория / А. Л. Коновалов, К. И. Лохов, А. В. Черкашин [и др.] // Региональная геология металлогения. – 2016. – № 68. – С. 5–20.
9. Уляшева, Н. С. Амфиболиты харбейского метаморфического комплекса (Полярный Урал): геохимические и геохронологические данные / Н. С. Уляшева, А. С. Шуйский, В. Б. Хубанов // Геосферные исследования. – 2024. – № 2. – С. 37–52.
10. Уляшева, Н. С. Sm/Nd- и  $40\text{Ar}/39\text{Ar}$  изотопно-геохронологические исследования амфиболитов ханмехойской свиты харбейского метаморфического комплекса (Полярный Урал) / Н. С. Уляшева, П. А. Серов, А. В. Травин // Доклады академии наук. – 2022. – Т. 506, № 2. – С. 72–79.
11. Chashchin, V. V. Platinum content and formation conditions of the sulphide PGE-Cu-Ni Nyud-II. Deposit of the Monchegorsk Pluton, Kola Peninsula, Russia / V. V. Chashchin, S. V. Petrov, D. V. Kiseleva [et al.] // *Geology of Ore Deposits*. – 2021. – Vol. 63, № 2. – P. 87–117.
12. Хубанов, В. Б. U-Pb изотопное датирование цирконов из Pz-Mz магматических комплексов Забайкалья методом магнитно-секторной масс-спектрометрии с лазерным пробоотбором: процедура определения и сопоставления с SHRIMP данными / В. Б. Хубанов, М. Д. Буянтуев, А. А. Цыганков // *Геология и геофизика*. – 2016. – Т. 57, № 1. – С. 241–258.
13. Травин, А. В. Термохронология Чернорудской гранулитовой зоны (Ольхинский регион. Западное Прибайкалье) / А. В. Травин, Д. С. Юдин, А. Г. Владимиров [и др.] // *Геохимия*. – 2009. – № 11. – С. 1181–1199.
14. Тейлор, С. Р. Континентальная кора: ее состав и эволюция / С. Р. Тейлор, С. Мак-Ленон. – М.: Мир, 1985. – 339 с.
15. Chappell, B. W. Two contrasting granite types: 25 years later / B. W. Chappell and A. J. R. White // *Australian Journal of Earth Sciences*. – 2001. – Vol. 48. – P. 489 – 499.
16. Махлаев, Л. В. Генетические гранитоидные ряды докембрия Таймыра (Метаморфизм, ультраметаморфизм, гранитообразование) / Л. В. Махлаев, Н. И. Коробова // Труды Сибирского научно-исследовательского института геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГИМС). Красноярское отделение. – Красноярск: Кн. Издательство, 1972. – 154 с.
17. Щербаков, И. Б. Петрография докембрийских пород центральной части Украинского щита / И. Б. Щербаков. – Киев: Наукова думка, 1975. – 279 с.
18. Макрыгина, В. А. Геохимия регионального метаморфизма умеренных и низких давлений / В. А. Макрыгина. – Новосибирск: Наука, 1981. – 200 с.
19. Whalen, J. B. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis / J. B. Whalen, K. L. Currie, B. W. Chapell // *Contr. Miher. Petrol.* – 1987. – Vol. 95. – P. 407–419.
20. Hodges, K. V. Geochronology and thermochronology in orogenic systems / K. V. Hodges // In: *Treatise on Geochemistry*. – Oxford, Elsevier. – 2004. – P. 263–292.
21. Шуйский, А. С. Гранитоиды центральной части Гердизского массива (Полярный Урал): U-Pb (SIMS) данные / А. С. Шуйский, О. В. Удоратина, М. А. Кобл // *Методы и геологические результаты изучения изотопных геохронометрических систем минералов и пород*. – М.: ИГЕМ РАН, 2018. – С. 383–386.
22. Шуйский, А. С. Гранитоиды северной части Гердизского массива (Полярный Урал): Ar-Ar данные / А. С. Шуйский, А. В. Травин // *Структура, вещество, история литосферы Тимано-Северо-Уральского сегмента*. – Сыктывкар: ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2019. – С. 210–214.
23. Голубева, И. И. Новые возрастные данные Гердизского массива (Полярный Урал) / И. И. Голубева, А. С. Шуйский, А. В. Травин [и др.] // *Региональная геология и металлогения*. – 2022. – № 92. – С. 50–63.

## References

1. Dushin, V. A. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1: 200 000. Izdaniye vtoroye. Seriya Polyarno-Ural'skaya. List Q-42-VII, VIII (Obskoy). Obyasnitel'naya zapiska [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:200,000. Second Edition. Polar-Ural Series. Sheet Q-42-VII, VIII (Ob River). Explanatory Note] / V. A. Dushin, O. P. Serdyukova, A. A. Malyugin [et al.]. – SPb: Cartographic Factory of VSEGEI. – 2014. – 384 p.
2. Zyleva, L. I. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1: 1 000 000 (tret'ye pokoleniye). Seriya Zapadno-Sibirskaya. List Q-42 – Salekhard. Obyasnitel'naya zapiska [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (Third Generation). West Siberian Series. Sheet Q-42 – Salekhard. Explanatory Note] / L. I. Zyleva, A. L. Konovalov, A. P. Kazak [et al.]. – SPb: Cartographic Factory of VSEGEI. – 2014. – 396 p.
3. Keylman, G. A. Migmatitovyye komplekсы podviznykh poyasov [Migmatite complexes of mobile belts]. – M.: Nedra. – 1974. – 100 p.
4. Okhotnikov, V. N. Granitoidy i rudoobrazovaniye (Polyarny Ural) [Granitoids and ore formation (Polar Urals)]. – L.: Nauka. – 1985. – 184 p.
5. Golubeva, I. I. Pervye rezul'taty U-Pb datirovaniya tsirkonov gneisso-granitov Kharbeyskogo kompleksa Polyarnogo Urala [First results of U-Pb dating of zircons from gneiss-granites of the Kharbey complex of the Polar Urals] // Reports of the Academy of Sciences. – 2011. – Vol. 439, № 4. – P. 508–513.
6. Butin, V. V. Geologiya i usloviya formirovaniya gneisso-amfibolitovogo kompleksa yuzhnoy chasti Kharbeyskogo antiklinoriya [Geology and formation conditions of the gneiss-amphibolite complex in the southern part of the Kharbey anticlinorium]: extended abstract of Candidate's dissertation (Geology and Mineralogy) / Butin V. V. – Sverdlovsk, 1973. – 20 p.
7. Keylman, G. A. K voprosu o geologicheskoy stroenii osevoi zony Polyarnogo Urala [On the geological structure of the axial zone of the Polar Urals] / G. A. Keylman, V. V. Butin, L. L. Podsova [et al.] // Trudy SGI. – 1973. – Issue 91. – P. 5–10.
8. Konovalov, A. L. O tektonicheskoy granitse mezhdru metamorficheskimi slantsami i kristallicheskim obrazovaniyami pozdnego protyerazoya Kharbeyskogo antiklinoriya [On the tectonic boundary between metamorphic schists and Late Proterozoic crystalline formations of the Kharbey anticlinorium] / A. L. Konovalov, K. I. Lokhov, A. V. Cherkashin [et al.] // Regionalnaya geologiya i metallogeniya [Regional Geology and Metallogeny]. – 2016. – № 68. – P. 5–20.
9. Ulyasheva, N. S. Amfibolity Kharbeyskogo metamorficheskogo kompleksa (Polyarny Ural): geokhimicheskiye i geokhronologicheskiye dannyye [Amphibolites of the Kharbey metamorphic complex (Polar Urals): Geochemical and geochronological data] / N. S. Ulyasheva, A. S. Shuyskiy, V. B. Khubanov // Geosfernye issledovaniya [Geospheric Research]. – 2024. – № 2. – P. 37–52.
10. Ulyasheva, N. S. Sm/Nd i 40Ar/39Ar izotopno-geokhronologicheskiye issledovaniya amfibolitov khammekhoyskoi svity Kharbeyskogo metamorficheskogo kompleksa (Polyarny Ural) [Sm/Nd and 40Ar/39Ar isotope-geochronological studies of amphibolites of the Khanmekhoy formation of the Kharbey metamorphic complex (Polar Urals)] / N. S. Ulyasheva, P. A. Serov, A. V. Travin // Proceedings of the Academy of Sciences. – 2022. – Vol. 506, № 2. – P. 72–79.
11. Chashchin, V. V. Platinum content and formation conditions of the sulphide PGE-Cu-Ni Nyud-II. Deposit of the Monchegorsk Pluton, Kola Peninsula, Russia / V. V. Chashchin, S. V. Petrov, D. V. Kiseleva [et al.] // Geology of Ore Deposits. – 2021. – Vol. 63, № 2. – P. 87–117.
12. Khubanov, V. B. U-Pb izotopnoye datirovaniye tsirkonov iz Pz-Mz magmaticheskikh kompleksov Zabaykal'ya metodom magnitno-sekturnoy mass-spektrometrii s lazernym probotoorom: protsedura opredeleniya i sopostavleniya s SHRIMP dannymi [U-Pb isotopic dating of zircons from Paleozoic-Mesozoic magmatic complexes of Transbaikalia using magnetic sector mass spectrometry with laser sampling: Determination and comparison procedure with SHRIMP data] / V. B. Khubanov, M. D. Buyantuev, A. A. Tsygankov // Geologiya i geofizika [Geology and Geophysics]. – 2016. – Vol. 57, № 1. – P. 241–258.
13. Travin, A. V. Termokhronologiya Chernorudskoy granulitovoy zony (Ol'khinskiy region, Zapadnoye Zabaykal'ye) [Thermochronology of the Chernorud granulite zone (Olkhinsky Region, Western Transbaikalia)] / A. V. Travin, D. S. Yudin, A. G. Vladimirov [et al.] // Geokhimiya [Geochemistry]. – 2009. – № 11. – P. 1181–1199.
14. Taylor, S. R. Kontinentalnaya kora: yeye sostav i evolutsiya [The continental crust: Its composition and evolution] / S. R. Taylor, S. M. McLennan. – Moscow: Mir. – 1985. – 339 p.
15. Chappell, B. W. Two contrasting granite types: 25 years later / B. W. Chappell and A. J. R. White // Australian Journal of Earth Sciences. – 2001. – Vol. 48. – P. 489 – 499.
16. Makhlaev, L. V. Geneticheskiye granitoidnyye ryady dokembriya Taymyra (metamorfizm, ultrametamorfizm, granitobrazovaniye) [Genetic granitoid series of the Precambrian of Taimyr (metamorphism, ultrametamorphism, granite formation)] / L. V. Makhlaev, N. I. Korobova // Transactions of the Siberian Research Institute of Geology, Geophysics, and Mineral Resources. Krasnoyarsk Branch. – Krasnoyarsk: Publishing House. – 1972. – 154 p.
17. Shcherbakov, I. B. Petrografiya dokembriyskikh porod tsentral'noy chasti Ukrainskoro shchita [Petrography of Precambrian rocks of the central part of the Ukrainian shield]. – Kiev: Naukova Dumka. – 1975. – 279 p.
18. Makrygina, V. A. Geokhimiya regional'nogo metamorfizma umerennykh i nizkikh davleniy [Geochemistry of regional metamorphism at moderate and low pressures]. – Novosibirsk: Nauka. – 1981. – 200 p.
19. Whalen, J. B. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis / J. B. Whalen, K. L.



- Currie, B. W. Chapell // *Contr. Miher. Petrol.* – 1987. – Vol. 95. – P. 407–419.
20. Hodges, K. V. Geochronology and thermochronology in orogenic systems / K. V. Hodges // In: *Treatise on Geochemistry.* – Oxford, Elsevier. – 2004. – P. 263–292.
21. Shuyskiy, A. S. Granitoidy tsentral'noy chasti Gerdizskogo massiva (Polyarnyy Ural): U-Pb (SIMS) dannyye [Granitoids of the central Part of the Gerdiz massif (Polar Urals): U-Pb (SIMS) data] / A. S. Shuyskiy, O. V. Udoratina, M. A. Kobel // *Methods and Geological Results of Studying Isotopic Geochronometric Systems of Minerals and Rocks.* – M.: IGEM RAS. – 2018. – P. 383–386.
22. Shuyskiy, A. S. Granitoidy severnoy chasti Gerdizskogo massiva (Polyarnyy Ural): Ar-Ar dannyye [Granitoids of the northern part of the Gerdiz massif (Polar Urals): Ar-Ar data] / A. S. Shuyskiy, A. V. Travin // *Structure, Substance, History of the Lithosphere of the Timan-North Urals Segment.* – Syktyvkar: IG FRC Komi SC UB RAS. – 2019. – P. 210–214.
23. Golubeva, I. I. Novyye vozrastnyye dannyye Gerdizskogo massiva (Polyarnyy Ural) [New age data for the Gerdiz massif (Polar Urals)] / I. I. Golubeva, A. S. Shuyskiy, A. V. Travin [et al.] // *Regionalnaya geologiya i metallogeniya [Regional Geology and Metallogeny].* – 2022. – № 92. – P. 50–63.

#### Благодарность (госзадание):

Работа выполнена в рамках тем государственного задания ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН «Глубинное строение, геодинамическая эволюция, взаимодействие геосфер, магматизм, метаморфизм и изотопная геохронология Тимано-Североуральского литосферного сегмента» (№ 122040600012-2), ГИН СО РАН (№ AAA-A21-121011390002-2) и ИГМ СО РАН (№ 122041400171-5).

#### Acknowledgements (state task)

The work was carried out within the frames of the state task of the Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS 'Deep structure, geodynamic evolution, geosphere interaction, magmatism, metamorphism and isotope geochronology of the Timan and Northern Urals lithospheric segment' (№ 122040600012-2), Geological Institute SB RAS (№ AAA-A21-121011390002-2) and Institute of Geology and Mineralogy SB RAS (№ 122041400171-5).

#### Информация об авторах:

**Голубева Ирина Игоревна** – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института геологии имени академика Н. П. Юшкина Федерального исследовательского центра Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; Scopus; Author ID 35503292600, <https://orcid.org/0000-0001-9956-6271> (167982, Российская Федерация, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 54; e-mail: [iigolybeva2@yandex.ru](mailto:iigolybeva2@yandex.ru)).

**Травин Алексей Валентинович** – доктор геолого-минералогических наук Института геологии и минералогии имени В. С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук; Scopus Author ID: 7005725588, <https://orcid.org/0000-0002-5640-4560> (630090, Российская Федерация, г. Новосибирск, пр-кт Академика Коптюга, д. 3; e-mail: [travin@igm.nsc.ru](mailto:travin@igm.nsc.ru)).

**Хубанов Валентин Борисович** – кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией геохронологии и геохимии окружающей среды Федерального государственного бюджетного учреждения науки Геологического института Сибирского отделения Российской академии наук; Scopus Author ID: 6507227953 <https://orcid.org/0000-0001-5237-6614> (670047, Российская Федерация, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 6а; e-mail: [khubanov@mail.ru](mailto:khubanov@mail.ru)).

**Шуйский Александр Сергеевич** – младший научный сотрудник Института геологии имени академика Н. П. Юшкина Федерального исследовательского центра Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; Scopus Author ID: 5721240694, <https://orcid.org/0000-0002-6928-9354> (167982, Российская Федерация, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 54; e-mail: [self88@yandex.ru](mailto:self88@yandex.ru)).

#### About the authors:

**Irina I. Golubeva** – Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy), Senior Researcher, Institute of Geology named after academician N. P. Yushkin, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Scopus Author ID 35503292600, <https://orcid.org/0000-0001-9956-6271> (54 Pervomaiskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, 167982 Russian Federation; e-mail: [udoratina@geo.komisc.ru](mailto:udoratina@geo.komisc.ru)).

**Alexey V. Travin** – Doctor of Sciences (Geology and Mineralogy), V. S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Scopus Author ID: 7005725588, <https://orcid.org/0000-0002-5640-4560> (3 Academician Koptuyug ave., Novosibirsk, 630090 Russian Federation; e-mail: [travin@igm.nsc.ru](mailto:travin@igm.nsc.ru)).

**Valentin B. Khubanov** – Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy), Head of the laboratory of Geochronology and Environmental Geochemistry, Geological Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Scopus Author

ID: 6507227953, <https://orcid.org/0000-0001-5237-6614> (6a Sakhyanova st., Ulan-Ude, 670047 Russian Federation; e-mail: [khubanov@mail.ru](mailto:khubanov@mail.ru)).

**Alexander S. Shuisky** – Junior Researcher, Institute of Geology named after academician N. P. Yushkin, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Scopus Author ID: 5721240694, <https://orcid.org/0000-0002-6928-9354> (54 Pervomaiskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, 167982 Russian Federation; e-mail: [self88@yandex.ru](mailto:self88@yandex.ru)).

**Для цитирования:**

Голубева, И. И. Гранитоиды евьуганского комплекса Харбейского блока (Полярный Урал): новые геохронологические данные / И. И. Голубева, А. В. Травин, В. В. Хубанов [и др.] // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Серия «Науки о Земле». – 2025. – № 3 (79). – С. 40–52.

**For citation:**

Golubeva, I. I. Granitoidy evyuganskogo kompleksa Harbejskogo bloka (Polyarnyj Ural): novye geohronologicheskie dannye [Granitoids of the Evyugan complex of the Kharbey block (Polar Urals): new geochronological data] / I. I. Golubeva, A. V. Travin, V. V. Khubanov [et al.] // Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Series "Earth Sciences". – 2025. – № 3 (79). – P. 40–52.

Дата поступления статьи: 10.09.2024

Прошла рецензирование: 25.11.2024

Принято решение о публикации: 01.04.2025

Received: 10.09.2024

Reviewed: 25.11.2024

Accepted: 01.04.2025