

Геохимические особенности амфиболитов ханмейхойской свиты Марункеуского блока (харбейский метаморфический комплекс, Полярный Урал)

Уляшева Н.С.

ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, nataliaulyashewa@yandex.ru

Аннотация. Проведены петрографические и петрогеохимические исследования амфиболитов ханмейхойской свиты Марункеуского блока харбейского метаморфического комплекса. Породы состоят в основном из магнезиальной роговой обманки и альбита, в переменном количестве содержат кварц, биотит, гранат, КФШ, хлорит. По составу амфиболиты соответствуют умеренноглиноземистым толеитовым андезибазальтам. В породах наблюдаются признаки коровой контаминации. Среди metabasites можно выделить высокотитанистые образования с повышенным содержанием относительно базальта N-MORB Nb, Ta, Th и LREE, сформировавшиеся из обогащенного источника, и низкотитанистые – разновидности с низким количеством редких и редкоземельных элементов, расплавы которых выплавлялись, скорее всего, из деплетированной мантии. Между высокотитанистыми и низкотитанистыми metabasites наблюдается генетическая связь, выявленная по субпараллельным спектрам распределения элементов на графиках в области REE и HFSE и глубоким отрицательным аномалиям Zr и Hf. Установлено, что амфиболиты ханмейхойской свиты Харбейского и Марункеуского блоков схожи по геохимическим особенностям и сформировались, по-видимому, по одному и тому же протолиту в одной геодинамической обстановке.

Ключевые слова: амфиболит, ханмейхойская свита, геохимия, редкие и редкоземельные элементы.

Geochemical features of amphibolites of the Khanmeikhoi Formation of the Marunkeu block (Kharbei metamorphic complex, Polar Urals)

Ulyasheva N.S.

IG FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar, nataliaulyashewa@yandex.ru

Abstract. Petrographic and petrogeochemical studies of amphibolites of the Khanmeikhoi Formation of the Marunkeu block of the Kharbei metamorphic complex have been carried out. The rocks consist mainly of magnesian hornblende and albite and contain variable amounts of quartz, biotite, garnet, K-feldspar and chlorite. Amphibolites correspond in composition to moderately aluminous tholeiitic andesite-basalts. The rocks show signs of bark contamination. Metabasites include high-Ti formations with an increased content of Nb, Ta, Th and LREE relative to basalt N-MORB, formed from an enriched source and low-Ti varieties with a low content of rare and rare earth elements, the melts of which were smelted, most likely, from the depleted mantle. There is a genetic relationship between high-Ti and low-Ti metabasites, revealed by subparallel distribution spectra of elements in the REE and HFSE regions and deep negative Zr and Hf anomalies. It has been established that the amphibolites of the Khanmeikhoi Formation of the Kharbei and Marunkeu blocks are similar in geochemical features and were formed along the same protolith, apparently in the same geodynamic setting.

Keywords: amphibolite, Khanmeikhoi Formation, geochemistry, rare and rare earth elements.

Введение

В составе харбейского метаморфического комплекса (Центрально-Уральская зона, Полярный Урал) согласно (Стратиграфические схемы Урала, 1994) снизу вверх выделяют марункеускую, ханмейхойскую, лаптаюганскую и париквасьшорскую свиты. Ханмейхойская свита обнажается в северном и южном блоках рассматриваемого комплекса. Некоторыми исследователями предложено метаморфические породы Харбейского (южного) и Марункеуского (северного) блоков рассматривать в составе разных комплексов (Удовкина, 1971; Ленных, 1984) – соответственно харбейского амфиболит-гнейсового и марункеуского эклогит-амфиболит-гнейсового, так как, по их мнению, они сформировались в разных геодинамических обстановках (Пыстин, 1994).

Изучены петрографические и петрогеохимические особенности амфиболитов ханмейхойской свиты Марункеуского блока по руч. Нярсюр и Маруншор. Проведена сравнительная характери-

ка полученных данных с результатами исследований по амфиболитам ханмейхойской свиты Хар-бейского блока.

Методы исследования

Петрографические исследования проводились на поляризационном микроскопе Биоптик СР-200. Содержания породообразующих оксидов в амфиболитах получены с помощью комплексного метода мокрой химии с рентгенофлуоресцентным методом в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар). Определение концентраций редких и рассеянных элементов в этих породах осуществлялось путем кислотного разложения и дальнейшего анализа с помощью секторного (SF) масс-спектрометра с ионизацией в индуктивно связанной плазме (ICP-MS) в Институте геологии и геохимии им. А. Н. Заварицкого (г. Екатеринбург, масс-спектрометр ELEMENT2).

Петрография

Амфиболиты имеют лепидогранонематобластовую, порфиробластовую пойкилобластовую, катакластическую, мелко- и среднезернистую структуру и сланцеватую очковую текстуру (рис. 1 а). Они состоят (в об. %) из амфибола (35–50), альбита (35–50), кварца (1–8), клиноцоизита (0–5), биотита (0–8), хлорита (0–5), граната (0–2), титанита (2–3), КППШ (0–1), рутила (0–1).

Альбит равномерно развивается в породе в виде линзовидных порфиробластов размером до 1 мм с мелкими включениями минералов (амфибола, клиноцоизита, кварца, титанита), а также в виде удлинённых таблитчатых неправильной формы зерен (0.2–0.5 мм). Содержания анортитового компонента в минерале варьирует от 0.7 до 3 %. Амфибол представлен магнезиальной роговой обманкой (рис. 1 б). Он образует длиннопризматические зерна размером до 1.5 мм, минерал плеохроирует от бледно-зеленовато-желтого до зеленого. Нередко магнезиальная роговая обманка по краям обрастает актинолитом. Редкие изометричные зерна граната размером до 0.4 мм имеют бледно-розовую окраску и микроскопические включения минералов. Бледно-зеленый клиноцоизит образует призматические изометричные зерна размером до 0.8 мм между зернами амфибола и альбита. Биотит представлен удлинёнными чешуйками размером до 1 мм, плеохроирует от желтого до коричневого и темно-коричневого, замещается зеленым хлоритом. Нередко в породе можно наблюдать катаклазированный кварц (0.01–0.6 мм) с неравномерным погасанием и мозаичной структурой. Светло-коричневый титанит развивается в виде клиновидных удлинённых и изометричных

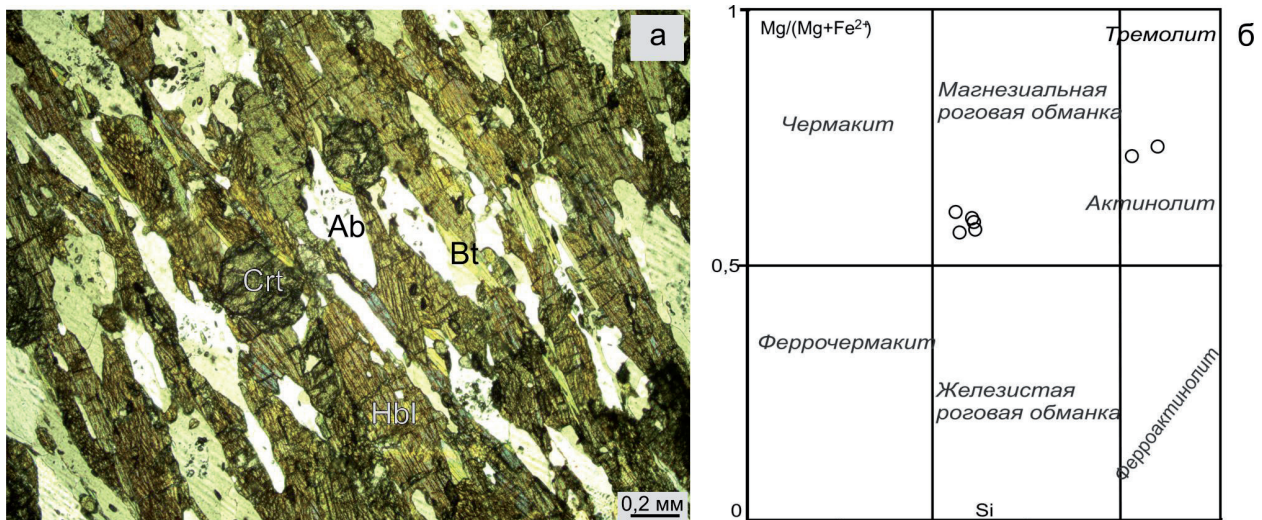


Рис. 1. Лепидогранонематобластовая структура амфиболита (а) и точки составов амфиболов из амфиболита на диаграмме (Leake et al., 1997, б). Условные обозначения: Hbl – роговая обманка, Ab – альбит, Crt – гранат, Bt – биотит.

Fig. 1. Lepidogranonematoblast structure of amphibolite (а) and composition points of amphiboles from amphibolite in the diagram (Leake et al., 1997, б). Symbols: Hbl – hornblende, Ab – albite, Crt – garnet, Bt – biotite.

зерен размером 0.05–0.1 мм. Изредка в центральных частях зерен титанита можно наблюдать реликты рутила. По трещинкам в породе развивается калиевый полевой шпат.

Петрогеохимия

На диаграмме $Al_2O_3/SiO_2 - SiO_2$ (Антипин, Макрыгина, 2006) точки составов амфиболитов располагаются вне кривой составов терригенных осадочных пород, что указывает на первично-магматическую природу метаморфитов. Содержание кремнезема составляет $SiO_2 - 51.57-56.59 \%$. На TAS диаграмме точки составов пород располагаются в области андезибазальтов. В метабази-тах натрия превышает над калием ($Na_2O/K_2O - 2.3 - 6.36$). Содержания K_2O варьируют в пределах 0.47–1.59 %. Породы являются умеренноглиноземистыми образованиями. На диаграмме $Al - Fe^{+}Ti - Mg$ (рис. 2) точки составов амфиболитов образуют толеитовый тренд дифференциации вещества в области высокожелезистых базальтов.

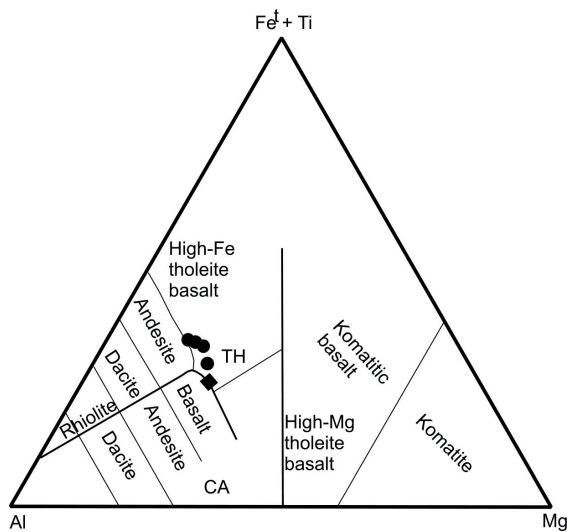


Рис. 2. Точки составов амфиболитов на диаграмме $Al - Fe^{+}Ti - Mg$ (Jensen, 1976).

Fig. 2. Amphibolite composition points on the $Al - Fe^{+}Ti - Mg$ diagram (Jensen, 1976).

Среди амфиболитов можно выделить высокотитанистые ($TiO_2 - 1.53-2.06 \%$) и низкотитанистые ($TiO_2 - 1.08 \%$) образования. Для высокотитанистых метабазитов характерны наклонные спектры (рис. 3 а) распределения LREE ($(La/Yb)_n = 3.6-5.3$), наиболее дифференцированные LREE ($(La/Sm)_n = 1.9-2.4$) по сравнению с HREE ($(Gd/Yb)_n = 1.3-1.6$). Отмечается неярко выраженная отрицательная европиевая аномалия ($Eu/Eu^* - 0.8-0.9$). По распределению нормированных к N-MORB редких элементов (рис. 3 б) видно, что эта группа пород имеет повышенные содержания Nb, Ta, LILE и LREE по сравнению с океаническими базальтами N-MORB. На спектрах наблюдаются отрицательные аномалии Ti, Ta, Nb, Sr, Zr и Hf. Магнезиальность (#MgO) пород составляет 0.39–0.49.

Низкотитанистый метабазит образуют пологий спектр распределения REE без европиевой аномалии ($Eu/Eu^* - 1$), содержания которых в 10 раз выше хондритовых (рис. 3 а). На мультиэлементной

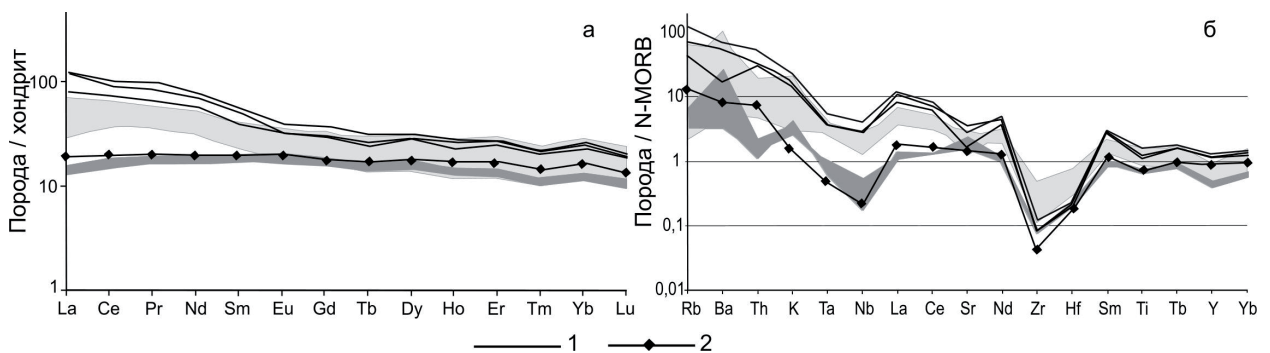


Рис. 3. Содержания редких и редкоземельных элементов в амфиболитах ханмейхойской свиты, нормированные на состав хондрита (а) и базальта N-MORB (б) (Sun, McDonough, 1989). Спектры амфиболитов ханмейхойской свиты Марункеуского блока: 1 – высокотитанистых; 2 – низкотитанистых. Спектры амфиболитов ханмейхойской свиты Харбейского блока: светло-серое поле – высокотитанистых, темно-серое поле – низкотитанистых.

Fig. 3. Contents of rare and rare earth elements in amphibolites of the Khanmeikhoi Formation, normalized to the composition of chondrite (a) and basalt N-MORB (б) (Sun and McDonough, 1989). Spectra of amphibolites of the Khanmeikhoi Formation of the Marunkeu block: 1– high-titanium; 2 – low-titanium. Spectra of amphibolites of the Khanmeikhoi Formation of the Kharbei block: light gray field – high-Ti, dark gray field – low-Ti.

диаграмме видно, что он характеризуется более низкими содержаниями редких и редкоземельных элементов по сравнению с высокотитанистыми амфиболитами, но линии спектра идут субпараллельно друг другу в области LILE, HFSE и HREE (рис. 3б). В породе наблюдаются отрицательные аномалии Ti, Ta, Nb, Zr и Hf. Для него характерна повышенная магнезиальность ($\#MgO=0.53$) и глиноземистость ($al^1=0.94$) по сравнению с высокотитанистыми разновидностями.

Титанистость пород хорошо коррелируется с магнезиальностью, содержаниями редких и редкоземельных элементов. С уменьшением титанистости уменьшаются содержания SiO_2 , Fe_2O_3 , La, Th, Nb, Zr, Yb и увеличиваются MgO и Al_2O_3 .

Результаты и обсуждение

Считают, что на прогрессивном этапе метаморфизма химический состав пород не меняется, за исключением содержаний воды и углекислоты (Петров, Макрыгина, 1975). На регрессивном этапе литофильные, щелочные и щелочноземельные элементы (Rb, Ba, Sr, K, Na), а также элементы с переменной валентностью (Eu и U) могут стать подвижными под воздействием флюида, привносимого в породу (Беляев, 2012). Поэтому при интерпретации составов магматических источников и геодинамической обстановки формирования пород будем основываться на содержаниях инертных элементов – REE и HFSE.

Средняя магнезиальность пород свидетельствует о том, что метабазиты кристаллизовались не из первичных магм, а претерпели фракционирование.

Отрицательные аномалии Eu, Ta, Nb, Sr и Ti на графиках (рис. 3) является признаком коровой контаминации базальтового расплава, за счет чего в породах повышаются содержания Th и LREE. Контаминация могла осуществляться как в процессе подъема магмы к поверхности, так и на уровне магмогенерации расплава (субдукционная компонента).

Фракционная кристаллизация и коровая контаминация не влияют на содержания в расплаве Nb, Ta, HREE и Ti (Puchtel et al, 1997). Эти элементы характеризуют состав мантийного источника. В высокотитанистых амфиболитах содержания Nb и Ta выше, чем в базальте N-MORB, что указывает на выплавление расплава из более обогащенного источника, чем для примитивных океанических базальтов. Источником для низкотитанистого амфиболита, по-видимому, была сильно деплетированная мантия (низкие содержания Nb). Субпараллельные спектры распределения элементов в области REE и HFSE, а также глубокие отрицательные аномалии Zr и Hf свидетельствуют о генетической связи между высокотитанистыми и низкотитанистым амфиболитами. Формирование их произошло, скорее всего, в результате эволюции магматического расплава, связанной с изменением глубины магмогенерации и степени частичного плавления мантийного вещества.

Если сравнивать состав высокотитанистых амфиболитов ханмейхойской свиты Марункеуского блока с высокотитанистыми амфиболитами ханмейхойской свиты Харбейского блока (Уляшева, 2020), то они образуют субпараллельные в значительной степени совпадающие спектры в области REE и HFSE. Аналогичная картина наблюдается для низкотитанистых амфиболитов. Это указывает, скорее всего, на то, что амфиболиты ханмейхойской свиты Харбейского и Марункеуского блока сформировались по одному и тому же протолисту в одной геодинамической обстановке.

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

Литература

1. Антипин В.С., Макрыгина В.А. Геохимия эндогенных процессов. Иркутск. Изд-во: Ирк. ун-та. 2006. 354 с.
2. Беляев В.А., Горнова М.А., Медведев А.Я., Пахомова Н.Н. Геохимические особенности включений метабазитов в «серых» гнейсах Байдарикского блока (Центральная Монголия) // Геология и геофизика. 2012. Т. 53. № 4. С. 419–434.
3. Ленных В.И. Доуралиды зоны сочленения Восточно-Европейской платформы и Урала // Метаморфизм и тектоника западных зон Урала. Сб. статей. Свердловск. Изд-во: УНЦ АН СССР. 1984. С. 21–41.

4. Петров Б.В., Макрыгина В.А. Геохимия регионального метаморфизма и ультраметаморфизма. Новосибирск. Изд-во: Наука. 1975. 341 с.
5. Пыстин А.М. Полиметаморфические комплексы западного склона Урала. СПб. Изд-во: Наука. 1994. 208 с.
6. Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой). Екатеринбург. 1994.
7. Удовкина Н.Г. Эклогиты Полярного Урала на примере южной части хребта Марункеу. М. Изд-во: Наука. 1971. 190 с.
8. Уляшева Н.С. Геохимия амфиболитов харьбейского палеопротерозойского метаморфического комплекса (Полярный Урал) // Труды Карельского научного центра РАН. Геология докембрия. 2020. № 10. С. 49–59.
9. Jensen, L. S. A new cation plot for classifying subalkaline volcanic rocks: Ontario Geol. Survey, Misc. Paper 66. 1976. 22 p.
10. Leake B.E., Woolley A.R., Arps C.E.S. et al. Nomenclature of amphiboles: Report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names. Canadian Mineralogist. 1997. V. 35. P. 219–246.
11. Puchtel I.S., Haase K.M., Hofmann A.W. et al. Petrology and Geochemistry of Crustally Contaminated Komatiitic Basalts from the Vetreny Belt, Southeastern Baltic Shield: Evidence for an Early Proterozoic Mantle Plume beneath Rifted Archean Continental Lithosphere. Geochim. Cosmochim. Acta. 1997. V. 61. P. 1205–1222.
12. Sun S.S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Magmatism in the oceanic basins. Geol. Soc. Spec. Publ. 1989. № 42. P. 313–345. <http://DOI:10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19>.