Серия «НАУКИ О ЗЕМЛЕ»

УДК 552.48(234.851) DOI 10.19110/1994-5655-2021-3-5-13

Н.С. УЛЯШЕВА*, О.В. УДОРАТИНА*,**

ПЕТРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ Характеристика мафит-Ультрамафитовых пород Южной Части марункеуского блока (полярный урал)

*Институт геологии им. акад. Н. П. Юшкина ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар **Томский государственный университет, г. Томск

> <u>udoratina@geo.komisc.ru,</u> nataliaulyashewa@yandex.ru

N.S. ULYASHEVA*, O.V. UDORATINA*,**

PETROGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF MAFITE-ULTRAMAFITE ROCKS OF THE SOUTHERN PART OF THE MARUNKEU BLOCK (POLAR URALS)

*N.P.Yushkin Institute of Geology, Federal Research Centre Komi Science Centre, Ural Branch, RAS, Syktyvkar **Tomsk State University, Tomsk

Аннотация

В статье приведены результаты петрографического и петрогеохимического изучения измененных мафит-ультрамафитовых пород южной части Марункеуского блока Полярного Урала, локализованных в среднерифейских отложениях няровейской серии и принадлежащих ампельшорскому комплексу раннегосреднего ордовика. Установлено, что первичный состав метаморфитов соответствовал высокомагнезиальным, низкотитанистым, низкоглиноземистым и калиево-натриевым толеитовым габбро-долеритам и перидотитам. По содержаниям редких и редкоземельных элементов они отличаются от континентальных рифтогенных образований и близки к толеитам энсиматических островных дуг.

Ключевые слова:

перидотит, габбро-долерит, геохимия, метаморфизм, геодинамическая обстановка, Полярный Урал

Abstract

In the Polar Urals, in the Central and Western tectonic zones, small bodies of mafic-ultramafic rocks are widespread. Their age, petrographic and geochemical features are poorly studied. The paper presents the results of petrographic and petro-geochemical study of muscovite-albitepyroxene-amphiboleepidote-amphibole and chlorite rocks of the southern part of the Marunkeu block of the Polar Urals, localized in the Middle Riphean sediments of the Nyarovey belonging series and presumably to the complex (O₁₋₂). Ampelshor The primarv composition of metamorphites corresponded to high-magnesian, low-titanic, low-alumina, and potassium-sodium tholeiitic hornblende gabbrodolerites (dolerites) and peridotites formed either from primary magmas melted at the level of the spinel facies from the depleted mantle under the influence of an aqueous fluid, or by intra-chamber differentiation. In terms of the contents of rare and rare-earth elements, they differ from continental riftogenic formations (in particular, dolerites of the Orangyugan-Lemva complex) and are close to the tholeiites of the ensimatic island arcs.

Keywords:

peridotite, gabbro-dolerite, geochemistry, metamorphism, geodynamic setting, Polar Urals

Введение

Мафит-ультрамафитовые породы участвуют в строении океанической коры, а также распространены в надсубдукционных и платформенных обстановках. В пределах складчатых областей они встречаются в основном в составе офиолитовых ассоциаций. Геохимические особенности этих пород являются чуткими индикаторами геодинамических условий формирования. На Полярном Урале мафит-ультрамафиты в виде отдельных небольших блоков или тел приурочены к выходам докембрийского фундамента и палеозоя в пределах Центрально- и Западно-Уральской зон. Возраст их, согласно одним работам, варьирует от раннего протерозоя до ордовика [1, 2], а по другим источникам является палеозойским [3, 4]. Многие тела петрографически, геохимически и геохронологически слабо исследованы и требуют типизации.

Изучены мафит-ультрамафитовые породы в южной части Марункеуского блока (руч. Перидотитовый, рис. 1), где они приурочены к отложениям верхнехарбейской свиты няровейской серии верхнего рифея [5] и предположительно относятся к ранне-среднеордовикскому ампельшорскому комплексу [1]. Исследование петрографических и петрогеохимических особенностей этих пород позволит уточнить геодинамические обстановки их формирования.

Краткая геологическая характеристика Ампельшорского комплекса. Ампельшорский комплекс представлен телами аллохтонных апоперидотитовых, аподунитовых, антигоритовых серпентинитов, которые контролируются зонами тектонических нарушений надвигового типа в Западно- и Центрально-Уральской тектонических зонах Полярного Урала [1, 3, 4]. В состав ампельшорского комплекса согласно работам М. А. Шишкина и других



Рис. 1. Схематическая геологическая карта бассейна р. Немуръеган (по [1]). Условные обозначения: 1 – марункеуская свита; 2 – ханмейхойская свита; 3 – верхнехарбейская свита; 4 – минисейшорская свита; 5 – немуръюганская свита; 6 – нижняя подсвита сядатинской свиты; 7 – верхняя подсвита сядатинской свиты; 8 – орангская свита; 9 – слюдяногорский комплекс габбро-гипербазитовый эклогитизированный плутонический; 10 – васькеуский комплекс плутонический метагаббродолеритовый гипабиссальный; 11 – евъюганский комплекс мигматитплагиогранитовый плутонический; 12 – минисейский комплекс измененных гипербазитов плутонический; 13 – харбей-собский комплекс габбро-гранодиоритовый; 14 – сядатояхинский комплекс гранитовый плутонический; 15 – ампельшорский комплекс измененных ультрамафитов плутонический; 16 – орангюганско-лемвинский комплекс габбродолеритовый гипабиссальный; 17 – сыумкеуский комплекс дунит-гарцбургитовый плутонический; 18 – войкаро-кемпирсайский комплекс тектонитов; 19 – разрывные нарушения: а – сдвиги, b – неустановленной кинематики, с – взбросонадвиги второстепенные, d – взбросонадвиги главные; 20 – место отбора проб. Fig. 1. Schemetic geological map of the Nemuryeron river basin (according to 11). Legrand: 1 – Marynew formation

Fig. 1. Schematic geological map of the Nemuryegan river basin (according to [1]). Legend: 1 – Marunkeu formation, 2 – Khanmeikhoi formation; 3 – Upper Kharbei formation; 4 – Miniseishor formation; 5 – Nemuryugan formation; 6 – Lower subformation of the Syadatin formation, 7 – Upper subformation of the Syadatin formation, 8 – Orang formation; 9 – Slyudyanogor complex gabbro-hyperbasite eclogitized plutonic; 10 – Vaskeyu complex plutonic metagabbrodoleritic hypabysal; 11 – Evyugan complex migmatite-plagiogranite plutonic; 12 – Minisey complex of altered hyperbasites plutonic; 13 – Kharbey-Sobsk gabbro-granodiorite complex; 14 – Syadatoyakh comlex granite plutonic; 15 – Ampelshor complex of altered ultramafic rocks, plutonic; 16 – Orangyugan-Lemva complex gabbrodoleritic hypabysal; 17 – Syumkeu complex dunite-harzburgite plutonic; 18 – Voykar-Kempirsai complex of tectonites; 19 – discontinuous faults: a – shifts, b – unidentified kinematics, c – minor upthrusts, d – major upthrusts; 20 – sampling site.



Рис. 2. Примеры микроструктур и формы выделения минералов в мусковит-альбит-клиноцоизит-амфиболовой (а) и пироксен-амфибол-хлоритовой (б) породах. Фотографии шлифов (без анализатора). Сго – клиноцоизит, Mg-hbl – магнезиальная роговая обманка, Act – актинолит, Ab – альбит, Prg – паргасит, Ttn – титанит, T-chl – тальк-хлорит, Pn – пеннин, Mag – магнетит.

Fig. 2. Examples of microstructures and forms of mineral separation in muscovite-albite-clinozoisite-amphibole (a) and pyroxene-amphibole-chlorite (6) rocks. Photos of thin sections (without the analyzer). Czo — clinozoisite, Mg-hbl — magnesian hornblende, Act — actinolite, Ab — albite, Prg — pargasite, Ttn — titanite, T-chl — talc-chlorite, Pn — pennine, Mag — magnetite.

[4] включены мелкие тела серпентинизированных метапикритов и пикродолеритов, локализованных в зоне Саурейяхинского надвига. В современном своем положении тела комплекса имеют тектонические взаимоотношения с вмещающими толщами и представлены протрузиями. Так как тела серпентинитов и метапикритов тяготеют к Саурейяхинскому разлому – крупному сутурному шву, который унаследован с рифтогенного этапа, исследователи считают [4], что формирование пород происходило на континентальном склоне в результате континентального рифтогенеза.

Возраст комплекса считают условно раннесреднеордовикским по приуроченности тел серпентинитов к разломам, которые в современном положении находятся среди образований няровейской серии, малопайпудынской и орангской свит [1, 3, 4]. Геохронологические определения возраста Sm-Nd методом метадунитов дали неизохронные датировки – 833 и 1426 млн лет [3], связанные, по мнению авторов, с многократным метаморфизмом пород.

Методы исследования

Отбор образцов и проб пород производился в 2017 г. по правому берегу руч. Перидотитового около 2 км выше его устья при тематических исследованиях магматических образований Марункеуского блока. Минеральный состав, структурные и текстурные особенности пород изучены под поляризационным микроскопом. Химический состав минералов исследован на сканирующем электронном микроскопе Tescan Vega 3 LMH с энергодисперсионной приставкой Instruments X-Max в ЦКП «Геонаука» в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар). Содержания петрогенных компонентов получены с помощью классического химического анализа, а концентрации редких и редкоземельных элементов установлены на масс-спектрометре с индуктивной связанной плазмой (ICP-MS метод) в ЦЛ ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург). Геодинамические реконструкции проведены исходя из предположения об изохимическом характере вторичных изменений [6], отдавая себе отчет в том, что и при изохимическом типе метаморфизма может быть заметное перераспределение элементов в объеме конкретных геологических тел.

Петрографическая и петрогеохимическая характеристика пород. Изученные породы представлены мусковит-альбит-клиноцоизит-амфиболовыми и пироксен-амфибол-хлоритовыми образованиями.

Мусковит-альбит-клиноцоизит-амфиболовая порода темного серо-зеленого цвета, характеризуется под микроскопом массивной текстурой и лепидогранонематобластовой, порфиробластовой (реликтовой порфировидной (?)) микроструктурой. Порода состоит (об., %) из амфибола (70), клиноцоизита (15–20), альбита (5–10) и мусковита (5). Акцессорные минералы представлены титанитом (2), апатитом (до 1) и баритом (менее 1), рудные – пиритом (1–2), редкими зернами пирротина, халькопирита и галенита.

Порфиробласты образуют призматические и ромбовидные (поперечные сечения) зерна амфибола размером до 2-3 мм с пятнистой зеленоватокоричневой окраской. В одном зерне амфибола участки с буровато-коричневой окраской приурочены обычно к центральным частям минерала и отвечают по составу амфиболу - высокотитанистому хромистому паргаситу и эдениту (TiO₂ - 1.57-3.83 мас., %), а пятна с бледно-зеленой окраской и бесцветные зоны отвечают по составу магнезиальной роговой обманке и актинолиту (рис. 2, а). Между порфиробластами в межзерновом пространстве развиваются более мелкие бесцветные и бледнозеленые призматические образования амфибола в основном актинолита совместно с клиноцоизитом, альбитом и мусковитом размерами от 0.15 до 1.5 мм. Единственным сохранившимся магматическим минералом, скорее всего, является амфибол – парХимический состав (мас., %), содержание редких, рассеянных и редкоземельных элементов (г/т) в исследованных породах

Элемент	1	2	Элемент	1	2
SiO ₂	38.08	49.98	La	2.23	3.57
TiO ₂	0.33	0.59	Ce	5.31	8.86
Al ₂ O ₃	5.45	11.08	Pr	0.74	1.38
Fe ₂ O ₃	5.92	1.69	Nd	3.33	6.75
FeO	7.55	6.01	Sm	0.89	2.00
MnO	0.18	0.13	Eu	0.33	0.71
CaO	1.22	12.82	Gd	0.95	2.39
MgO	30.95	12.82	Tb	0.16	0.4
K2O	0.04	0.82	Dy	0.98	2.51
Na ₂ O	0.14	1.07	Ho	0.2	0.55
P ₂ O ₅	0.048	0.055	Er	0.55	1.52
Sc	13.2	58.2	Tm	0.08	0.2
V	89.8	297	Yb	0.54	1.27
Cr	2830	837	Lu	0.08	0.2
Co	120	43.0	Hf	0.52	1.07
Ni	289	69.0	Pb	2.81	3.57
Cu	32.4	76.5	Th	0.38	0.58
Zn	99.6	78.0	U	0.12	0.19
Rb	<2	19.8	(La/Yb)n	2.92	1.99
Sr	9.63	128	(La/Sm)n	1.56	1.11
Y	5.35	13.7	(Gd/Yb)n	1.42	1.52
Zr	20.5	35.1	(Sm/Yb)n	1.86	1.78
Nb	0.64	1.10	Th/Nb	0.59	0.52
Ba	11.8	215	Ce/Nh	8 29	8.05

Chemical composition (wt.%), content of rare, trace and rareearth elements (ppm) in the studied rocks

Примечание: 1 (обр. U34/17) – пироксен-амфибол-хлоритовая порода – (метаультрамафит), 2 (обр. U34a/17) – мусковит-альбит-клиноцоизитамфиболовая порода (метабазит).

Note: 1 (sample U34/17) – pyroxene-amphibole-chlorite rock (metaultra-mafite), 2 (sample U34a/17) – muscovite-albite-clinozoisite-amphibole rock (metabasite).

гасит и эденит, который, по-видимому, в магматиче-

ской породе представлял собой фенокристаллы на фоне более мелкозернистой кристаллической массы. При вторичных изменениях по нему начали развиваться актинолит, мусковит и титанит. Клиноцоизит и альбит, по всей видимости, представляют собой продукты замещения не сохранившегося основного по составу плагиоклаза.

Пироксен-амфибол-хлоритовая порода имеет нематолепидобластовую и реликтовую пойкилитовую микроструктуру, местами сланцеватую текстуру. Основной объем породы (до 70-80 об., %) занимают хлорит (тальк-хлорит и пеннин) и в меньшей степени тремолит, развивающиеся по первично-магматическим минералам: клинопироксену (авгит, диопсид) и амфиболу (паргасит, эденит). В сланце сохранились контуры идиоморфного субизометричного и удлиненного минерала, по всей видимости, реликтового оливина, размером до 2.5 мм, занимающего до 40-50 % от объема породы (рис. 2, б). Контуры этого минерала распознаются по наличию систем поперечных трещин, выполненных магнетитом. Промежутки между трещинами заполнены мелкочешуйчатым хлоритом и реже тремолитом. В пространстве между реликтами оливина наблюдаются зерна бесцветного пироксена и высокомагнезиального, высокохромистого зеленовато-бурого амфибола – паргасита и эденита. Крупные призматические зерна амфибола содержат реликтовый оливин и пироксен в виде включений и тем самым обнаруживают позднюю кристаллизацию, возможно, из остаточных расплавов [7]. Местами пространство (10-15 об., %) между выделениями оливина, пироксена и амфибола заполнено бледнозеленым чешуйчатым хлоритом, образующим сланцеватую текстуру породы. Рудные минералы представлены (об., %) магнетитом (4-5), хроммагнетитом (2-3), пиритом (2) и кобальтином (1). Так как магматические минералы: оливин, пироксен и амфибол практически полностью замещены вторичными образованиями, то не удается восстановить первоначальный облик породы. Выделение идиоморфных кристаллов оливина на ранних этапах кристаллизации магмы характерно как для интрузий (кумулятивная фаза), так и для вулканитов (порфировые выделения).

Петрохимический состав вышеописанных пород показан в таблице. На классификационной диаграмме SiO₂ – Na₂O+K₂O [8] точка состава мусковит-альбит-клиноцоизит-амфиболовой породы располагается в области базальта, долерита и габбро, а пироксенамфибол-хлоритовая порода обнаруживает сходство с пикритом и перидотитом (рис. 3, а). Породы

являются высокомагнезиальными (#mg – 78–85), низкотитанистыми (TiO₂ – 0.33–0.59, мас., %), низкоглиноземистыми и калиево-натриевыми образованиями. Точки составов аподунита, метаперидотитов и серпентинитов ампельшорского комплекса, содержания породообразующих оксидов, которые заимствованы из литературы [2, 3], на диаграмме SiO₂ – Na₂O+K₂O располагаются соответственно в областях дунит-оливинита, перидотита и пироксенита (пикробазальта). На диаграмме AFM [9] точки составов пород образуют тренд, близкий к толеитам (рис. 3, б).

Согласно работам В.С. Куликова с соавторами [10], разработавшими классификацию для высокомагнезиальных вулканических и плутонических пород, ультраосновные породы с количеством MgO – 34–44 мас., % (с пересчетом на сухой остаток) не содержат стекловатой фазы и относятся к перидотитам и дунитам. На диаграмме MgO–Al₂O₃/TiO₂ точки составов мусковит-альбит-клиноцоизит-амфиболовой и пироксен-амфибол-хлоритовой пород (MgO–34.42, мас., %) располагаются соответственно в полях габбро-норита и перидотита, поэтому в дальнейшем будем считать их полнокристаллическими породами. Серпентиниты и метаперидотиты ампельшорского комплекса обнаруживают сходство с пироксенитами (рис. 4).

По химическому и частично минеральному составу согласно петрографическому кодексу [11]



Рис. 3. Классификационные (SiO₂-Na₂O+K₂O (a, [8]) и AFM (б, [9])), мультиэлементные (в, г) и идентификационная диаграммы Th/Nb – Ce/Nb (д, [14]). Условные обозначения: 1 – пироксен-амфибол-хлоритовая, 2 – мусковит-альбит-клиноцоизит-амфиболовая порода; 3–5 – породы ампельшорского комплекса: 3 – метаперидотит, 4 – серпентинит [2], 5 – аподунит [3]. Спектры: ОІВ – базальтов океанических островов, Е-MORB – обогащенных базальтов срединно-океанических хребтов, N-MORB – примитивных базальтов срединно-океанических хребтов [12], серое поле – толеитовых базальтов Южно-Сандвичевой энсиматической островной дуги [13], ТКР – толеитов красноморского рифта [16], ДОЛ – долеритов орангюганско-лемвинского комплекса [4]. Поля: I – островных дуг, II – задуговых бассейнов, III – океанического плато Онтонг Джава. Точки составов: DMM – деплетированная мантия, SDC – субдукционный компонент, CC – континентальная кора.

Fig. 3. Classification (SiO₂ - Na₂O + K₂O (a, [8]) and AFM (6, [9])), multielement (B, r) and identification diagrams Th/Nb - Ce/Nb (α , [14]). Legend: 1 - pyroxene-amphibole-chlorite, 2 - muscovite-albite-clinozoisite-amphibole rock; 3-5 - rocks of the Ampelshor complex: 3 - metaperidotite, 4 - serpentinite [2], 5 - apodunite [3]. Spectra: OIB - basalts of oceanic islands, E-MORB - enriched basalts of mid-oceanic ridges, N-MORB - primitive basalts of mid-oceanic ridges [12], gray field - tholeiitic basalts of the South Sandwich ensimatic island arc [13], TKP - tholeiites of the Red Sea rift [16], α of the Orangyugan-Lemva complex [4]. Fields: I - island arcs, II - backarc basins, III - oceanic plateau Ontong Java. Composition points: DMM - depleted mantle, SDC - subduction component, CC - continental crust.



Рис. 4. Классификационная диаграмма Al₂O₃/TiO₂-MgO [10]. Условные обозначения см. на рис. 3. Fig. 4. Classification diagram Al₂O₃/TiO₂-MgO [10]. Legend in Fig. 3.

пироксен-амфибол-хлоритовая порода близка к верлитам или роговообманковым перидотитам, а мусковит-альбит-клиноцоизит-амфиболовая – к роговообманковым габбро. Структурные и химические особенности пород, а также реликты магматических минералов дают основание предположить, что первичный состав их соответствовал, скорее всего, роговообманковому долериту или габбро-долериту (мусковит-альбит-клиноцоизит-амфиболовая порода) и роговообманковому перидотиту (пироксенамфибол-хлоритовая). Вторичные минералы в них представлены актинолитом, клиноцоизитом, тремолитом, хлоритом и мусковитом.

Спектры содержаний редких и редкоземельных элементов в метаультрамафите (пироксенамфибол-хлоритовая порода) и метабазите (мусковит-альбит-клиноцоизит-амфиболовая порода) имеют субпараллельные линии, что, возможно, указывает на их генетическую связь (рис. 3, в–г). Метаультрамафит характеризуется более низкими содержаниями (см. таблицу) элементов (∑REE – 16.37), чем метабазит (∑REE – 32.31). Спектры распределения редкоземельных элементов (РЗЭ), нормированные на состав хондрита [12], слабо дифференцированы ((La/Yb)_n – 1.9; 2.9; (La/Sm)_n – 1.1; 1.5; (Gd/Yb) – 1.5; 1.4)), наблюдается превышение легких РЗЭ над тяжелыми без какой-либо аномалии по Eu (рис. 3, в).

На диаграмме мультиэлементного распределения элементов (рис. 3, г) спектр содержаний элементов метабазита отличается от линий океанических вулканитов [12] и наиболее близок к составам базальтов энсиматической островной дуги [13], отличаясь от них лишь немного меньшим количеством тяжелых редкоземельных элементов. Так же, как и в вулканитах островных дуг, в нем наблюдаются положительные аномалии по Sr, Pb и K и отрицательные – по Nb, Zr и Ti. Для метаультрамафита характерна положительная аномалия по Pb и отрицательная – по Nb.

Высокие содержания магния и когерентных элементов (г/т) Ni – 289, 69; Co – 120, 43; Cr – 2830, 837 в породах являются свидетельством того, что формирование их происходило либо из первичных магм, либо при внутрикамерной дифференциации. Невысокие значения отношений (Gd/Yb)_n – 1.4; 1.5,



Рис. 5. Диаграммы Zr-Ti/100-3*Y (a, [17]), DF2-DF1 (б, [18]), Zr/4-2*Nb-Y (в, [19]), Th_n-Nb_n (г, [20]). Условные обозначения. Поля: WPB – внутриплитных базальтов; IAT (IAB) – толеитов островных дуг; MORB+... – базальтов срединно-океанических хребтов; CAB – известково-щелочных базальтов островных дуг; CRB – континентальных рифтогенных базитов и ультрабазитов; BABB – базальтов задуговых бассейнов; AI, AII – внутриплитных толеитов; B – океанических базальтов Е-MORB; С – вулканитов островных дуг; D – вулканитов островных дуг и океанических базальтов N-MORB. Закрашенный круг – метаперидотит, незакрашенный круг – метагаборо-долерит, закрашенный треугольник – долериты орангюганско-лемвинского комплекса. Fig. 5. Diagrams Zr-Ti/100-3*Y (a, [17]), DF2-DF1 (б, [18]), Zr/4-2*Nb-Y (в, [19]), Th_n-Nb_n (г, [20]). Symbols.

Fig. 5. Diagrams Zr-Ti/100-3*Y (a, [17]), DF2-DF1 (6, [18]), Zr/4-2*Nb-Y (B, [19]), Th_n-Nb_n (r, [20]). Symbols. Fields: WPB – intraplate basalts; IAT (IAB) –tholeiites of island arcs; MORB+... – basalts of mid-oceanic ridges; CAB – calc-alkaline basalts of island arcs; BABB – back-arc basalts; CRB – continental riftogenic mafic and ultramafic rocks; AI, AII – intraplate tholeiites; B – oceanic basalts E-MORB; C – island arc volcanic; D – island arc volcanics and N-MORB oceanic basalts. Filled circle – metaperidotite, open circle – metagabbro-dolerite, filled triangle – dolerites of the Orangyugan-Lemva complex. и (Sm/Yb)_n – 1.8; 1.9 указывают на то, что магмообразование могло осуществляться на уровне шпинелевой фации. В то же время повышенные значения отношений Th/Nb – 0.59; 0.53, Ce/Nb – 8.3; 8.1 являются признаком влияния на слабообогащенный мантийный источник (Zr/Y – 3.8; 2.6, Nb/Y – 0.11; 0.08, La/Yb – 4,1; 2,8) субдукционного компонента или водного флюида (рис. 3, д) [14, 15].

Предположение о формировании изучаемых метаморфизованных магматитов в надсубдукционной геодинамической обстановке энсиматической островной дуги не согласуется с представлениями исследователей [3, 4], по мнению которых породы ампельшорского комплекса образовались в обстановке рифтогенеза континентальной коры, синхронного с началом океанической стадии. Для сравнения на рис. 3, в и г приведены составы долеритов орангюганско-лемвинского комплекса, становление которых, по мнению авторов [3, 4], происходило одновременно с породами ампельшорского комплекса в одной геодинамической обстановке в условиях рифтогенеза. На диаграмме относительно хондрита (рис. 3, в) они имеют более дифференцированный спектр распределения редкоземельных элементов с повышенным содержанием LREE по сравнению с составом изучаемых пород. На спайдер-диаграмме (рис. 3, г) долериты характеризуются повышенными количествами Th, U, Nb, Sr, P и Zr относительно метаультрамафита и метабазита, а линии распределения содержаний этих элементов близки к спектру толеита красноморского рифта [16]. На идентификационных диаграммах [17-20] точки составов долеритов орангюганско-лемвинского комплекса располагаются в области внутриплитных и континентальных рифтогенных обстановок, а точки составов изучаемых пород – в области толеитов островных дуг (задуговых бассейнов) и N-MORB (см. рис. 5).

Выводы

Изучены породы южной части Марункеуского блока Полярного Урала, локализованные в зоне разрывного нарушения среди верхнерифейских отложений няровейской серии и предположительно принадлежащие ампельшорскому комплексу раннего-среднего ордовика. Они представлены мусковитальбит-клиноцоизит-амфиболовыми и пироксенамфибол-хлоритовыми образованиями, первичный состав которых, скорее всего, соответствовал роговобоманковым габбро-долериту (долериту) и перидотиту. Породы являются высокомагнезиальными, низкотитанистыми, низкоглиноземистыми и калиево-натриевыми толеитами. Спектры содержаний в них редких и редкоземельных элементов образуют субпараллельные линии, что может указывать на генетическое родство метаморфизованных магматитов. По характеру распределения малых элементов метаультрамафит и метабазит отличаются от рифтогенных образований, в частности долеритов орангюганско-лемвинского комплекса, и близки к базальтам энсиматической островной дуги. Однако необходимо отметить, что выводы, касающиеся геодинамических обстановок формирования пород с учетом пока еще очень ограниченного количества

аналитических данных, следует рассматривать как предварительные, требующие проведения дополнительных исследований.

Литература

- Душин В.А., Сердюкова О.П., Малюгин А.А. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Полярно-Уральская. Лист R Q-42-I. II (Лаборовая). Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2009. 372 с.
- 2. Прямоносов А.П., Степанов А.Е., Телегина Т.В., Кузнецов В.И. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000 (издание второе). Серия Полярно-Уральская. Лист Q-41-XII. Салехард. Объяснительная записка. М.: МФ ВСЕГЕИ, 2013. 213 с.
- Зылёва 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.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2014. 396 с. + 7 вкл.
- Шишкин М.А., Файбусович Я.Э., Шкарубо С.И., Назаров Д.В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Западно-Сибирская. Лист R-42. П-ов Ямал. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. 366 с. +11 вкл.
- 5. Пыстин А.М., Уляшева Н.С., Пыстина Ю.И., Гракова О.В. Источники сноса и U-Pb возраст обломочных цирконов из верхнепротерозойских отложений Полярного Урала: к вопросу о времени заложения тиманской пассивной окраины // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2020. Т. 28. № 5.С. 3-25.
- 6. *Макрыгина В.А.* Геохимия регионального метаморфизма и ультраметаморфизма умеренных и низких давлений. Новосибирск: Наука, 1981. 200 с.
- Базылев Б.А. Петрология и геохимия океанических и альпинотипных шпинелевых перидотитов в связи с проблемой эволюции мантийного вещества: автореф. дис. доктора геолого-минералогических наук: 25.00.09 / Ин-т геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН. М., 2003. 49 с.
- 8. *Магматические горные породы*. Классификация, номенклатура, петрография. Т. 1. М.: Наука, 1983. 360 с.
- Irvine T E., Baragar W. R. A. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks //Can. J. Earth Sci. 1971. Vol. 8. № 5. P. 523-548.
- 10. Палеопротерозойский мафит-ультрамафитовый магматизм восточной и центральной Карелии / В.С. Куликов, В.В. Куликова, И.С. Пухтель, Я.В. Бычкова, А.Ю. Бычков // Глубинный магматизм, магматические источники и проблемы плюмов. Тр. II Межд. семинара. Ирк.-Влад., 2002. С. 235-257.
- 11. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические,

импактные образования. Издание второе, переработанное и дополненное. Санкт-Петербург: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. 204 с.

- 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. No 42. P. 313-345. http://DOI:10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19
- Pearce J. A., Baker P. E., Harvey P. E., Luff I. W. in press. Geochemical evidence for subduction fluxes, mantle melting and fractional crystallization beneath the South Sandwich island arc // J. Petrol., 1995. № 36. P. 1073-1109.
- 14. Saundres A.D., Norry M.J., Tarney J. Origin of MORB and chemically-depleted mantle reservoirs: trace element constraints //J. Petrol. 1988. Special Lithosphere Issue. P. 415-445.
- Condie K.C. High field strength element ratios in Archean basalts: a window to evolving sources of mantle plumes? // Lithos. 2005. Vol. 79. P. 491-504. DOI: <u>10.1016 / j.</u> <u>lithos.2004.09.014</u>
- 16. Mattash M.A., Pinarelli L., Vaselli O. et al. Geochemical evolution of southern Red Sea and Yemen floodvolcanism: evidence for mantle heterogeneity. Arab J Geosci, 2014. P. 4831-4850. <u>http://DOI10.1007/s12517-013-1120-1</u>
- Pearce J.A., Cann J.R. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses // Earth Planet. Sci. Lett. 19. 1973. P. 290-300.
- Verma S.P., Guevara M., Agrawal S. Discriminating four tectonic settings: five new geochemical diagrams for basic and ultrabasic volcanic rocks based on log-ratio transformation of major-element data. Journal of Earth System Science 115, 2006. P. 485-528. <u>http://doi:10.1007/BF02702907</u>
- Meschede M. A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram // Chem. Geol. 1986. Vol. 56. P. 207-218.
- 20. Saccani E. A new method of discriminating different types of post Archean ophiolitic basalts and their tectonic significance using Th-Nb and Ce-Dy-Yb systematic // Geoscience Frontiers, 2014. P. 1-21. http://dx.doi.org /10.1016/j. gsf. 2014. 03. 006.

References

- Dushin V.A., Serdyukova O.P., Malyugin A.A. et al. Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii masshtaba 1:200 000. Izdanie vtoroe. Serija Poljarno-Ural'skaja. List R Q-42-I, II (Laborovaja). Objasnitel'naja zapiska [State Geological Map of the Russian Federation, scale 1: 200 000. Second edition. Polar-Urals series. Sheet R Q-42-I. II (Labor). Explanatory note]. St.Petersburg: VSEGEI, 2009. 372 p.
- 2. Pryamonosov A.P., Stepanov A.E., Telegina T.V., Kuznetsov V.I. et al. Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii.

Masshtab 1:200 000 (izdanie vtoroe). Serija Poljarno-Ural'skaja. List Q-41-XII – Salekhard. Objasnitel'naja zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 200 000 (second edition). Polar-Urals series. Sheet Q-41-XII. Salekhard. Explanatory note]. Moscow: MF VSEGEI, 2013. 213 p.

- Zylyova L.I., Konovalov A.L, Kazak A.P., Zhdanov A.V. et al. Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1:1 000 000 (tret'e pokolenie). Serija Zapadno-Sibirskaja. List Q-42 – Salekhard. Objasnitel'najazapiska. [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1 000 000 (third generation). West Siberian series. Sheet Q-42. Salekhard. Explanatory note]. St.Petersburg: Map Factory of VSEGEI, 2014. 396 p.
- Shishkin M.A., Faibusovich Ya.E., Shkarubo S.I., Nazarov D.V. et al. Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1:1 000 000 (tret'e pokolenie). Serija Zapadno-Sibirskaja. List R-42 – p-ov Jamal. Objasnitel'naja zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1 000 000 (third generation). West Siberian series. Sheet R-42. Yamal Peninsula. Explanatory note]. St.Petersburg: Map Factory of VSEGEI, 2015. 366 p.
- Pystin A.M., Ulyasheva N.S., Pystina Yu.I., Grakova O.V. Istochniki snosa i U-Pb vozrast oblomochnyh cirkonov iz verhneproterozoiskih otlochenii Polyarnogo Urala: k voprosu o vremeni zalocheniya timanskoi passivnoi okrainy [Provenance and U-Pb age of detrital zircons from the Upper Proterozoic deposits of the Polar Urals: to the question of the time of formation of the Timan Passive Margin // Stratigraphy. Geological Correlation]. 2020. Vol. 28. No. 5. P. 457-478.
- 6. Makrygina V.A. Geohimija regional'nogo metamorfizma i ul'trametamorfizma umerennyh i nizkih davlenij [Geochemistry of regional metamorphism and ultrametamor-phism of moderate and low pressures]. Novosibirsk: Nauka, 1981. 200 p.
- 7. Bazylev B.A. Petrologiya i geohimiya okeanicheskih i alpinotipnih shpiinelevih peridotitov v svyazi s problemoi evolucii mantiinogo veschestva [Petrology and geochemistry of oceanic and alpine-type spinel peridotites in connection with the problem of mantle matter evolution]: Abstract of diss. ...Dr. Sci. (Geol. & Mineral.): 25.00.09 / V.I. Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, RAS. Moscow, 2003. 49 p.
- 8. Magmaticheskie gornye porody. Klassifikacija, nomenklatura, petrografija [Igneous rocks. Classification, nomenclature, petrography]. Vol. 1. Moscow: Nauka, 1983. 360 p.
- Irvine T.E., Baragar W.R.A. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks //Can. J. Earth Sci. 1971. Vol. 8. № 5. P. 523-548.
- 10. Paleoproterozojskij mafit-ul'tramafitovyj magmatizm vostochnoj i central'noj Karelii [Paleoproterozoic mafic-ultramafic magmatism of the Eastern and Central Karelia] / V.S. Kuli-

kov, V.V. Kulikova, I.S. Pukhtel', Ya.V. Bychkova, A.Yu. Bychkov // Glubinnyj magmatizm, magmaticheskie istochniki i problemy pljumov [Deep magmatism, magmatic sources and plume problems] : Proc. of the II Intern. Seminar. Irkutsk-Vladivostok, 2002. P. 235–257.

- 11. Petrograficheskij kodeks Rossii. Magmaticheskie, metamorficheskie, metasomaticheskie, impaktnye obrazovanija. Izdanie vtoroe, pererabotannoe i dopolnennoe [Petrographic Code of Russia. Magmatic, metamorphic, metasomatic, impact formations. Second edition, revised and updated]. St.Petersburg: VSEGEI Publ., 2008. 204 p.
- 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. No. 42. P. 313-345. http://DOI:10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19
- Pearce J.A., Baker P.E., Harvey P.E., Luff I.W. in press. Geochemical evidence for subduction fluxes, mantle melting and fractional crystallization beneath the South Sandwich island arc // J. Petrol., 1995. No.36. P. 1073-1109.
- Saundres A.D., Norry M.J., Tarney J. Origin of MORB and chemically-depleted mantle reservoirs: trace element constraints //J. Petrol. 1988. Special Lithosphere Issue. P. 415-445.
- Condie K.C. High field strength element ratios in Archean basalts: a window to evolving sources of mantle plumes? // Lithos. 2005. Vol. 79. P. 491-504. DOI: <u>10.1016 / j.</u> <u>lithos.2004.09.014</u>

- 16. Mattash M.A., Pinarelli L., Vaselli O. et al. Geochemical evolution of southern Red Sea and Yemen floodvolcanism: evidence for mantle heterogeneity. Arab J Geosci, 2014. P. 4831-4850. <u>http://DOI10.1007/s12517-013-</u> 1120-1
- Pearce J.A., Cann J.R. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses // Earth Planet. Sci. Lett. 19. 1973. P. 290-300.
- Verma S.P., Guevara M., Agrawal S. Discriminating four tectonic settings: five new geochemical diagrams for basic and ultrabasic volcanic rocks based on log-ratio transformation of major-element data. J. of Earth System Science 115, 2006. P. 485-528. <u>http://doi:10.1007/BF02702907</u>
- Meschede M. A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram // Chem. Geol. 1986. Vol. 56. P. 207-218.
- 20. Saccani E. A new method of discriminating different types of post Archean ophiolitic basalts and their tectonic significance using Th-Nb and Ce-Dy-Yb systematic // Geoscience Frontiers, 2014. P. 1-21. http://dx.doi.org/10.1016/j gsf. 2014. 03. 006.

Статья поступила в редакцию 17.12.2020