ПЕРВИЧНЫЙ СОСТАВ ПОРОД НЯРОВЕЙСКОЙ СЕРИИ (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

Н. С. Уляшева, О. В. Гракова

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

nsulasheva@geo.komisc.ru, ovgrakova@geo.komisc.ru

Няровейская серия является слабо изученным объектом Центрально-Уральской зоны Полярного Урала. Она представлена в основном различными сланцами, первичный состав и геодинамические обстановки формирования которых недостаточно исследованы. Возраст серии принимается условно как среднерифейский.

В результате петрографического и петрохимического изучения пород в составе няровейской серии выделены несколько групп метаморфитов, разделяемые по минеральному и химическому составу на орто- и параобразования. Ортопороды представлены metabasalts, metatuffs and metarhyolites. Pararocks are metapelites, metagraywackes, arkose and quartzite sandstones. These volcanic-sedimentary deposits seem to be formed in marginal oceanic or marginal marine settings.

Ключевые слова: няровейская серия, metabasalts, metapelites, the primary composition.

PRIMARY COMPOSITION OF ROCKS OF THE NYAROVEY SERIES (POLAR URALS)

N. S. Ulyasheva, O. V. Grakova

Institute of Geology, Komi Science Centre, Ural Branch of RAS, Syktvykar

Nyarovey series is a poorly studied subject of the Central Ural region of Polar Urals. It is represented mainly by various shales. The primary composition and geodynamic conditions of shale formation are not well studied. The age of the series is accepted conditionally — RF₂.

The petrographic and petrochemical studies of the Nyarovey series resulted in definition of several groups of metamorphites, divided by their mineral and chemical compositions to ortho- and pararocks. Orthorocks are represented by metabasalts, metatuffs and metarhyolites. Pararocks are metapelites, metagraywackes, arkose and quartzite sandstones. These volcanic-sedimentary deposits seem to be formed in marginal oceanic or marginal marine settings.

Keywords: nyarovey series, metabasalts, metapealites, the primary composition.

Няровейская серия представлена верхнедокембрийскими образованиями Харбейского выступа Центрально-Уральской мегазоны Полярного Урала (рис. 1), метаморфизованными в условиях зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фаций. Она протягивается в виде полос вдоль западной окраины раннепротерозойского харбейского комплекса и обрамляет с запада и востока раннепротерозойский марун-кеуский комплекс, метаморфизм которых достигал соответственно высоких ступеней амфиболитовой [14] и эклогитовой [16] фаций. Возраст серии принимается условно как среднерифейский по залеганию ниже мраморизованных известняков немурюганской свиты с микрофитолитами IV (укского) комплекса рифея [2].

Первые сведения о составе и геодинамических обстановках формирования пород няровейской серии отражены в работах А. В. Цимбалюка [18], В. Н. Охотникова [8], Л. Л. Подсосовой [9] и др. Было установлено, что няровейская серия представлена вулканогенно-терригенными образованиями, сформировавшимися на стадии геосинклинального развития полярно-уральского сегмента земной коры. Позднее В. И. Ленных [4] было выдвинуто предположение, что породы няровейской серии, распространенные с западной и восточной сторон марун-кеуского комплекса, отличаются по условиям образования. По его мнению, в разрезе няровейской серии с восточной стороны в отличие от разрезов западной части присутствуют амфиболиты, линзы глаукофановых эклогитов и гипербазитов, т.е. образования, протолиты которых сформировались в океанической обстановке. Большой вклад в изучение магматических об-

разований, залегающих среди метатерригенных пород няровейской серии, внес В. А. Душин [3]. Он показал, что в нижней части няровейской серии среди грубо-терригенных пород распространена metabasalt-dolerite formation магматитов с петрохимическими особенностями авлакоген-рифтогенных образований, а в средней толще среди углеродисто-кремнистых сланцев — formation натриевых базальтов, образовавшихся совместно с ассоциирующими с ними в океанической обстановке гипербазитами.

Несмотря на более чем пятидесятилетнюю историю изучения пород няровейской серии, некоторые вопросы до сих пор остаются открытыми: реконструкция первичного состава метатерригенных и метавулканогенных образований, установление геодинамической обстановки формирования пород и др.

Целью настоящей работы является реконструкция первичного состава пород няровейской серии. Изучение первичного состава пород позволит восстановить геодинамическую обстановку формирования протолитов метаморфитов няровейской серии, что очень важно для понимания истории геологического развития перспективных на полезные ископаемые верхнедокембрийских образований Центрально-Уральской мегазоны Полярного Урала. Няровейская серия специализирована на благороднометалльное и урановое оруденение, а также на проявления колчеданного и колчеданно-полиметаллического типа. Углеродистые сланцы характеризуются повышенными содержаниями серебра, цинка, свинца, ванадия, фосфора, платиноидов и др. [2]. К серии приурочены гранитоидные тела с редкометалльными месторождениями [13].

Рис. 1. Схематическая геологическая карта нижнего течения р. Немурьюган (Полярный Урал) по [2]. Условные обозначения: 1—2 марун-кеуский комплекс: 1 — марун-кеуская свита, 2 — ханмейхойская свита; 3—4 — няровейская свита: 3 — верхнехарбейская свита, 4 — минисейшорская свита; 5 — слюдяногорский комплекс габбро-гипербазитовый эклогитизированный плутонический; 6 — евьюганский комплекс мигматит-плагиогранитовый плутонический; 7 — минисейский комплекс измененных гипербазитов плутонический; 8 — харбей-собский комплекс габбро-гранодиоритовый; 9 — сядатояхинский комплекс гранитовый плутонический; 10 — сыум-кеуский комплекс дунит-гарибуржитовый плутонический; 11 — войкаро-кемпирсайский комплекс тектонитов; 12 — марунский комплекс щелочно-базитовый; 13 — разрывные нарушения: а — сдвиги, б — неустановленной кинематики, в — взбросо-надвиги второстепенные, г — взбросо-надвиги главные; 14 — места отбора проб с номерами проб

Fig. 1. Schematic geological map of lower reaches of Nemuryugan river (Polar Urals) (in [2]). Legend: 1–2 marun-keyusky complex: 1 – marun-keuskaya suite, 2 – khammeyhoyskaya suite; 3–4 – nyaroveyskaya suite: 3 – verkhnekharbeyskaya suite, 4 – miniseyshorskaya suite; 5 – slyudyanogorsky gabbro-ultramafic plutonic eclogitized complex; 6 – evyugansky migmatite-plagiogranite plutonic complex; 7 – miniseysky altered ultramafic plutonic complex; 8 – kharbey-sobsky gabbro-granodiorite complex; 9 – syadatoyakhinsky granite plutonic complex; 10 – symkeusky dunite-harzburgite plutonic complex; 11 – voykaro-kempirsaysky complex of tectonites; 12 – marunsky alkaline basite complex; 13 – dislocations: a – shifts, b – of unknown kinematics, B – secondary overthrust reversed faults, r – main overthrust reversed faults; 14 – sampling locations with numbers of samples

Геологическая позиция

Наровейская серия (R_2nr) впервые была выделена С. Д. Беляковым и Ю. С. Бушканец в 1954 г. Согласно стратиграфическим схемам Урала [12], снизу вверх выделяются верхнехарьбейская (R_2vh) и минисейшорская (R_2mn) свиты. Верхнехарьбейская свита мощностью 400—500 м сложена метаморфизованными терригенно-осадочными отложениями — слюдяно-кварц-полевошпатовыми кварцитопесчаниками и гравелитами с подчинёнными пластами и пачками хлорит-слюдяно-кварц-альбитовых, хлорит-серицит-альбит-кварцевых, графитоидных сланцев. Нижняя граница проводится по основанию горизонта конгломератов, а верхняя — по основанию первого горизонта углеродистых сланцев. Базальный горизонт полимиктовых конгломератов обнажается по рр. Паестарка, Пэсавей-Яха, ручьям Саль-Тальба, Трудному, Бурному. Общая протяжённость горизонта конгломератов по простиранию составляет около 20 км, а мощность — от первых метров до 30—40 м [2].

Минерально-магматическая свита представлена метабазальтами, филлитовидными, эпидот-хлорит-амфиболовыми, эпидот-альбит-хлоритовыми сланцами с

подчинённым развитием углеродистых и карбонатных разностей. Верхняя граница свиты проводится по исчезновению из разреза филлитовидных сланцев и появлению зеленых парасланцев немурюганской свиты (R_2 nm). Мощность свиты 1200—1400 м [2].

Отложения няровейской серии прослеживаются в северо-восточном направлении и замыкаются на севере на широте оз. Байто. Взаимоотношения с нижележащими харбейским и марун-кеуским метаморфическими комплексами тектонические. Полоса пород минисейшорской свиты, протягивающаяся вдоль восточной стороны марун-кеуского комплекса, с востока граничит по Главному Уральскому разлому с тектонитами войкаро-кемпирсайского комплекса. Для пород няровейской серии характерна складчатость с интенсивной микроскладчатостью. При этом её линейность и напряженность резко усиливаются при приближении к разломам [2]. По данным К. С. Нейман [7], в няровейской серии широкое развитие получили процессы структурно-вещественного преобразования пород, обусловленные становлением уралид. По результатам структурных исследований было установлено как минимум три этапа деформации. Ранние структурные

элементы встречаются в виде реликтов и имеют северо-западную ориентировку.

Рифейский вулканизм, проявившийся в отложениях няровейской серии, по данным В. А. Душина [3], разделяется на раннесреднерифейский рифтогенный (бадьяюганский комплекс metabазальтов и метандезибазальтов) и среднепозднерифейский океанически-островодужный (верхнехарьбейско-енганепэйский комплекс метаморфизованных базальтов, долеритов, андезибазальтов и андезитов).

Метаморфизм пород няровейской серии соответствовал условиям мусковит-хлоритовой, хлорит-биотитовой и актинолит-эпидот-биотитовой субфаций зеленосланцевой фации. Повышение уровня метаморфизма до эпидот-амфиболитовой фации отмечается на локальных участках и связано с внедрением интрузивных тел [7]. По геологическому положению и уровню метаморфизма няровейская серия схожа с пуйвинской свитой среднерифейского возраста Приполярного Урала [11].

Методы исследования

Для изучения вещественного состава метаморфитов няровейской серии был произведен отбор слабоизмененных метасоматическими процессами проб (150 штук) из естественных обнажений. Минералогический состав, а также микроструктурные особенности пород определялись с помощью поляризованного микроскопа. В связи с тем что региональный метаморфизм практически полностью стирает первичные литологические признаки пород, основной упор при реконструкции первичного состава метаморфитов был сделан на изучение их химического состава, так как химическая классификация может частично или полностью заменять литологическую [19]. При этом мы исходили из предположения, что региональный метаморфизм протекал изохимически.

Для разделения орто- и парапород была использована дискриминантная функция $DF(x) = -0.24SiO_2 - 0.16TiO_2 - 0.25Al_2O_3 - 0.28FeO^* - 0.30MgO - 0.48CaO - 0.79Na_2O - 0.46K_2O - 0.10P_2O_5 + 26.64$, $FeO^* = 0.9Fe_2O_3 + FeO$ С. Д. Великославинского с соавторами [1]. 95 % магматических пород соответствует значениям $DF(x)$ менее 0.3, а 95% осадочных пород — значениям $DF(x)$ более -0.8 , область неопределенности $-0.8 < DF(x) < 0.3$. Дополнительная характеристика пород производилась с помощью идентификационных диаграмм А. А. Предовского [10], А. Н. Неелова [6] и геохимических модулей Я. Э. Юдовича [19]. Приведем формулы вычисления геохимических модулей: ГМ — гидролизатный модуль — $(TiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + FeO + MnO)/SiO_2$; ТМ — титановый модуль — TiO_2/Al_2O_3 ; ЖМ — железный модуль — $(Fe_2O_3 + FeO + MnO) / (TiO_2 + Al_2O_3)$; ФМ — фемический модуль — $(Fe_2O_3 + FeO + MnO + MgO)/SiO_2$; НКМ — модуль нормированной щелочности — $(Na_2O + K_2O)/Al_2O_3$; АМ — алюмокремниевый модуль — Al_2O_3/SiO_2 .

Химические составы пород получены с помощью метода мокрой химии (аналитик О. В. Кокшарова), рентгенофлуоресцентного (аналитик С. Т. Неверов) и атомно-эмиссионного спектрального (аналитик И. А. Перовский) анализов в ЦКП «Геонаука» ИГ Коми НЦ УрО РАН.

Петрогеохимическая характеристика пород и реконструкция первичного состава

Нами изучены породы няровейской серии по руч. Няршор, Сядатояха, Графитовый, Харчерузь с западной стороны марун-кеуского комплекса и по руч. Ингилоръеган и его левым притокам с восточной стороны. Азимуты падения пород по руч. Няршор, Маруншор и Харчерузь составляют в основном $350-355^\circ$, $0-20^\circ$, по руч. Графитовый $0-35^\circ$, углы падения пород — $30-65^\circ$. По безымьанным притокам руч. Ингилор азимуты падения метаморфитов варьируют от 20 до 70° , углы падения — $60-75^\circ$. В связи с тем что породы смяты в крупные изоклинальные складки, в разрезах нарушается последовательность их формирования.

Петрографические исследования позволили выделить по минеральному составу две разновидности образований: кварц-эпидот-хлорит-актинолитовые породы и слюдисто-кварцевые сланцы.

Кварц-эпидот-хлорит-актинолитовые породы имеют сланцеватую, иногда слабосланцеватую и массивную текстуру, нематолепидогранобластовую, редко порфиробластовую структуру. Они характеризуются содержаниями кальцита ($0-10\%$), кварца ($1-10\%$), мусковита ($1-3\%$), альбита ($3-30\%$), хлорита ($5-25\%$), эпидота ($5-40\%$), амфибола (преимущественно актинолита) ($15-35\%$). К данной группе пород мы также отнесли кварц-эпидот-альбит-хлоритовый сланец (н-4-69) с высоким содержанием хлорита (40%). Мощность толщ варьирует от 1 до 17 м. По содержанию глинозема и согласно дискриминантной функции С. Д. Великославинского и др. [1] они разделились на две группы (табл. 1). Умеренноглиноземистые ($Al_2O_3 - 12.63-15.68\%$) сланцы обнаруживают сходство в основном с ортообразованиями (I группа), а более высокоглиноземистые ($Al_2O_3 - 16.06-17.66\%$) породы попадают в область неопределенности (II группа).

I группа пород имеет содержания кремнезема $39.06-51.67\%$. При этом карбонатсодержащие разновидности отличаются низким количеством кремнезема, закисного железа (н-4-68, н-4-69) и высоким — оксида кальция и углекислоты, что, скорее всего, связано с карбонатизацией пород. На диаграмме А. А. Предовского (рис. 2) точки составов пород занимают поле базитов [10, 15]. По классификации А. Н. Неелова [6] они относятся к толеитовым базальтам и пикритовым базанитам (рис. 3). Согласно классификации Я. Э. Юдовича, рассматриваемые породы близки к псевдогипогидролизатам¹ и псевдосуперсиаллитам с ГМ $0.44-0.64$. Высокие значения ТМ ($0.04-0.12$), ЖМ ($0.61-0.87$) и ФМ ($0.35-0.47$) указывают на магматическую природу данных образова-

¹ По значениям модуля ГМ выделяются три типа кремневых и терригенных осадочных пород: силиты (гиперсилиты — менее 0.05 , суперсилиты — $0.06-0.10$, нормосилиты — $0.11-0.20$, миосилиты — $0.21-0.30$), сиаллиты (гипосиаллиты — $0.30-0.35$, нормосиаллиты — $0.36-0.48$, суперсиаллиты — $0.49-0.55$), гидролизаты (гипогидролизаты — $0.56-0.85$, нормогидролизаты — $0.86-0.2$, супергидролизаты — $2.1-10$, гипергидролизаты — более 10). Псевдосилиты, псевдосиаллиты и псевдогидролизаты выделяются в рамках типов силитов, сиаллитов и гидролизатов по аномально высоким содержаниям MgO [19].

Таблица 1

Химический состав пород няровейской серии, мас. %

Table 1

Chemical composition of rocks of nyaroveyskaya series wt. %

Компо- ненты Compo- nents	Кварц-эпидот-хлорит-актинолитовые породы Quartz-epidote-chlorite-actinolite rocks														Кварц-слюдистые сланцы Quartz-mica shales									
	I группа									II группа					III группа									
	н-4-62	н-4-70	н-5-18	н-05-3	н-05-19	н-05-16	н-4-68	н-4-44	н-04-69*	н-5-24	н-5-17	н-5-20	н-4-61	н-5-9	н-4-11	н-04-23	н-5-15	н-4-33	н-5-28	н-04-40	н-4-63	н-4-65		
SiO ₂	49.04	47.61	48.82	51.57	51.67	47.64	39.06	46.22	39.75	44.77	40.53	47.32	40.41	46.88	48.54	52.97	54.85	60.59	58.56	49.17	53.52	50.82		
TiO ₂	1.73	0.88	0.79	0.76	0.90	1.16	0.52	1.19	0.97	1.59	1.07	0.65	2.85	1.53	1.38	1	0.96	0.82	1.04	1.13	0.92	0.78		
Al2O ₃	14.92	14.34	15.06	12.55	12.63	15.68	12.7	14.22	14.93	16.06	17.05	17.66	17.2	17.28	22.45	19.85	21.1	18.67	20.87	19.8	16.3	17.5		
Fe ₂ O ₃	4.13	4.98	4.4	3.79	4.51	4.77	5.83	5.53	5.01	4.91	9.22	4.33	5.09	3.89	3.57	3.35	3.33	3.64	3.25	1.22	3.62	3.71		
FeO	5.81	4.51	4.42	7.61	4.39	8.47	2.5	7.01	4.99	6.94	6.77	4.19	7.39	7.81	6.56	6.55	4.91	4.06	2.42	7.69	5.73	4.94		
MnO	0.17	0.16	0.14	0.21	0.15	0.19	0.16	0.22	0.43	0.18	0.22	0.13	0.16	0.19	0.16	0.17	0.11	0.26	0.41	0.13	0.29	0.18		
MgO	7.57	9.01	8.85	6.16	8.96	6.50	6.12	8.97	9.11	9.71	7.85	10.63	9.59	6.98	5.1	4.55	3.40	3.93	3.01	4.81	6.40	7.85		
CaO	9.26	12.93	10.84	11.09	10.47	7.06	19.60	10.67	14.09	8.63	11.02	6.06	10.01	7.00	0.89	1.13	1.02	0.15	1.03	3.95	4.85	3.70		
Na ₂ O	3.62	2.12	3.17	2.3	2.83	3.51	3.15	1.28	2.42	2.6	1.49	2.97	1.78	1.82	3.27	2.51	5.61	0.79	3.46	0.99	3.18	3.37		
K ₂ O	0.15	0.44	0.1	0.69	0.33	0.26	0.09	0.14	1.44	0.05	0.06	0.32	0.13	2.35	3.13	3.18	0.98	3.27	1.78	6.09	1.42	2.6		
P ₂ O ₅	0.23	0.06	0.06	0.12	0.09	0.21	0.07	0.11	0.1	0.18	0.03	0.05	0.33	0.19	0.15	0.19	0.07	0.07	0.08	0.28	0.17	0.15		
CO ₂	0.13	0.04	0.1	0.67	0.1	0.77	7.37	0.36	4.37	0.13	0.1	0.1	0.05	0.1	0.1	0.1	0.1	0.17	0.13	0.1	0.17	0.95		
П.п.п.	3.37	2.98	3.37	3.16	3.07	4.54	10.20	4.45	8.25	4.37	4.7	3.07	5.05	4.09	4.8	4.55	3.66	3.75	4.09	4.75	3.61	4.39		
ГМ	0.55	0.52	0.51	0.48	0.44	0.64	0.56	0.61	0.66	0.66	0.85	0.57	0.81	0.65	0.7	0.58	0.55	0.45	0.48	0.61	0.5	0.53		
ТМ	0.12	0.06	0.05	0.06	0.07	0.07	0.04	0.08	0.06	0.1	0.06	0.04	0.17	0.09	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05	0.06	0.06	0.04		
ЖМ	0.61	0.63	0.57	0.87	0.67	0.8	0.64	0.83	0.65	0.68	0.89	0.47	0.63	0.63	0.43	0.48	0.38	0.41	0.28	0.43	0.56	0.48		
ФМ	0.36	0.39	0.36	0.34	0.35	0.42	0.37	0.47	0.47	0.49	0.59	0.41	0.55	0.4	0.32	0.28	0.21	0.2	0.16	0.28	0.3	0.33		
HKM	0.25	0.18	0.22	0.24	0.25	0.24	0.26	0.1	0.26	0.17	0.09	0.19	0.11	0.24	0.29	0.29	0.31	0.22	0.25	0.36	0.28	0.34		
AM	0.3	0.3	0.31	0.24	0.24	0.33	0.33	0.31	0.38	0.36	0.42	0.37	0.43	0.37	0.46	0.37	0.38	0.31	0.36	0.4	0.3	0.34		
DF(x)	-1.47	-1.82	-1.72	-1.39	-1.54	-0.73	-1.94	-0.45	-1.5	-0.71	-0.59	-0.1	-0.35	-0.3	0.55	0.75	0.57	1.87	0.74	-0.14	-0.37	-0.37		

Примечание. *Данная порода имеет кварц-эпидот-альбит-хлоритовый состав без актинолита.

Note. *These rocks have quartz-epidote-albite-chlorite compositon without actinolite.

Продолжение таблицы 1

Continuation of Table 1

Компо- ненты Спро- нents	Кварц-слюдистые сланцы Quartz-mica shales																					
	IV группа									V группа					VI группа			VII группа				VIII группа
	н-04- 25	н-4-27	н-4-47	н-5-2	н-5-11	н-4-34	н-4-64	н-5-26	н-5-1	н-5-8	н-5-6	н-04- 66	н-04- 43	н-4-49	н-4-41	н-04-6	н-4-7	н-4-32	н-4-48	н-4-26	н-4-60	н-4-54
SiO ₂	59.83	62.92	58.73	59.47	63.55	65.18	61.91	60.74	64.46	66.88	66.9	68.44	71.26	73.6	70.64	73.55	74.83	71.79	76.77	85.87	86.64	93.78
TiO ₂	0.98	1	1.17	1.06	0.86	0.53	0.71	0.77	0.84	0.62	0.61	0.41	0.36	0.8	0.31	0.28	0.17	0.35	0.68	0.25	0.21	0.27
Al ₂ O ₃	14.99	16.93	19.62	17.63	16.48	16.07	15.35	17.14	16.74	15.02	15.32	14.05	12.04	11.4	14.34	14.42	13.47	7.65	7.98	5.78	4.46	2.02
Fe ₂ O ₃	4.43	2.71	5.32	2.35	3.59	3.57	2.77	2.88	2.26	2.1	2.02	1.96	1.39	2.46	1.9	0.45	0.53	2.08	2.92	1.67	1.41	0.77
FeO	4.41	3.44	1.84	4.61	3.57	1.6	2.54	3.11	2.56	2.36	3.49	2.08	2.67	2.13	0.93	1.5	0.84	0.52	1.67	0.39	0.79	0.59
MnO	0.2	0.05	0.2	0.13	0.41	0.02	0.13	0.11	0.05	0.07	0.09	0.06	0.19	0.09	0.09	0.03	0.03	0.01	0.08	0.01	0.07	0.01
MgO	2.81	2.55	2.61	2.85	2.85	3.59	4.80	3.21	2.03	2.00	2.87	3.16	3.40	1.89	1.71	0.96	0.59	1.44	3.17	1.35	2.45	0.50
CaO	1.7	0.88	1.03	2.19	0.34	0.42	2.49	3.12	2.33	2.55	0.86	3.47	1.71	1.97	0.88	0.22	0.49	4.17	2.28	0.46	0.44	0.62
Na ₂ O	2.99	2.54	2.33	2.12	2.44	0.19	4.83	3.49	1.94	2.2	1.61	3.37	2.51	3.6	5.28	4.55	3.12	0.1	2.29	0.21	0.66	0.18
K ₂ O	3.57	1.54	3.57	3.97	2.34	5.97	1.29	2.08	4.01	2.5	3.09	1.02	1.66	0.2	1.94	2.59	5.02	1.56	0.22	1.49	0.88	0.42
P ₂ O ₅	0.56	0.15	0.25	0.05	0.09	0.1	0.14	0.18	0.08	0.1	0.05	0.1	0.1	0.14	0.09	0.14	0.06	3.23	0.12	0.36	0.11	0.023
CO ₂	0.25	0.11	0.1	0.37	0.12	0.1	0.29	0.17	0.17	1.05	0.17	0.13	0.8	0.1	0.25	0.1	0.1	0.26	0.49	0.1	0.1	0.1
П,п.п.	3.53	5.3	3.33	3.58	3.50	2.86	3.04	3.17	2.70	3.61	3.09	1.99	2.81	1.47	1.89	1.32	0.83	7.09	1.82	2.14	1.88	0.72
ГМ	0.42	0.38	0.48	0.43	0.39	0.33	0.35	0.4	0.35	0.3	0.32	0.27	0.23	0.23	0.25	0.23	0.2	0.15	0.17	0.09	0.08	0.04
ТМ	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.03	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.07	0.02	0.02	0.01	0.05	0.09	0.04	0.05	0.13
ЖМ	0.57	0.35	0.35	0.38	0.44	0.31	0.34	0.34	0.28	0.29	0.35	0.28	0.34	0.38	0.2	0.13	0.1	0.33	0.54	0.34	0.49	0.6
ФМ	0.2	0.14	0.17	0.17	0.16	0.13	0.17	0.15	0.11	0.1	0.13	0.11	0.11	0.09	0.03	0.04	0.03	0.06	0.1	0.04	0.05	0.02
HKM	0.44	0.24	0.3	0.35	0.29	0.38	0.4	0.32	0.36	0.31	0.31	0.31	0.35	0.33	0.47	0.5	0.6	0.22	0.31	0.29	0.35	0.3
AM	0.25	0.27	0.33	0.3	0.26	0.25	0.25	0.28	0.26	0.22	0.23	0.21	0.17	0.15	0.12	0.2	0.18	0.11	0.1	0.07	0.05	0.02
DF(x)	0.3	1.49	0.81	0.49	1.19	1.48	-0.63	-0.13	0.45	0.82	1.19	-0.19	0.77	0.31	-0.69	-0.38	-0.93	3.58	0.94	2.19	2.23	2.44

Рис. 3. Распределение точек составов пород няровейской серии на диаграмме **a** ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$, ат. кол.) — **b** ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO} + \text{MgO} + \text{CaO}$, ат. кол.) А. Н. Неелова. Условные обозначения — на рис. 2.

Поля магматических пород (1): 1 — липаритоиды, 2 — липарит-дациттоиды, 2а — трахилипарит-дациты, 3а — трахидациты, 3 — дациттоиды, 4 — андезит-дациттоиды, 4а — трахиандезит-дациты, 5 — андезиттоиды, 5а — трахиандезиты, 6 — андезит-базальтоиды, 6а — трахиандезит-базальты, 6в — толеитовые андезит-базальты, 7 — базальтоиды, 7а — трахибазальты, 7в — толеитовые базальты, 8 — базанит-базальтоиды, 8а — трахибазанит-базальты, 8в — лунные базанит-базальты, 9 — базанитоиды, 9б — трахибазаниты, 9в — щелочные базаниты. Поля осадочных пород (2): I — мономиктовые псаммитолиты, силициты: Ia — слабокарбонатистые, Ib — карбонатистые, Iv — карбонатные; II — олигомиктовые псаммитолиты, силициты: IIa — слабокарбонатистые, IIб — карбонатистые, IIв — карбонатные, IIг — песчаные карбонатолиты; III — кислые туффиты, субсилициты: IIIa — аркозы, IIIб — граувакковые песчаники, туффиты среднего состава, IIIв — карбонатные, IIIг — песчаные карбонатолиты; IV — олигомиктовые алевролиты, кислые туффиты: IVa — полимиктовые алевролиты, IVб — граувакковые алевролиты, аргиллиты, туффиты основного состава, IVв — карбонатные алевролиты, IVг — алевролитовые карбонатолиты; V — Va — алевропелитовые аргиллиты: Vб — карбонатистые, Vв — карбонатные, Vг — мергели; VI — VIa — пелитовые аргиллиты: VIб — карбонатистые, VIв — карбонатные, VIг — мергели, VIIa — гидрослюдистые субсиллиты. Точки составов пород — на рис. 2

Fig. 3. Distribution of points of rock compositions of nyaroveyskaya series on the diagram **a** ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$, atomic ratio) — **b** ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO} + \text{MgO} + \text{CaO}$, atomic ratio) A. N. Neelova. Legend is in Fig. 2.

Areas of magmatic rocks (1): 1 — liparitoides, 2 — liparite-dacitoides, 2a — trachyliparite-dacites, 3a — trachydacites, 3 — dacitoides, 4 — andesite-dacitoides, 4a — trachyandesite-dacites, 5 — andesitoides, 5a — trachyandesites, 6 — andesite-basalts, 6a — trachyandesite-basalts, 6b — tholeiitic andesite-basalts, 7 — basalts, 7a — trachybasalts, 7b — tholeiitic basalts, 8 — basanite-basalts, 8a — trachybasanite-basalts, 8b — lunar basanite-basalts, 9 — basanitoids, 9b — trachybasanites, 9v — alkaline basanites. Areas of sedimentary rocks (2): I — monomictic psammitolites, silicites: Ia — low carbonaceous, Ib — carbonaceous, Iv — carbonate; II — oligomictic psammitolites, silicites: IIa — low carbonaceous, IIб — carbonaceous, IIв — carbonate, IIг — sandy carbonatolites; III — acid tuffites, subsilicites: IIIa — arkoses, IIIб — graywacke sandstones, tuffites with medium composition, IIIв — carbonate, IIIг — sandy carbonatolites; IV — oligomictic siltstones, acid tuffites: IVa — polymictic aleurolites, IVб — graywacke aleurolites, argillites, tuffites with basic composition, IVв — calcareous aleurolites, IVг — aleurolite carbonatolites; V — Va — aleuropelitic argillites: Vб — carbonaceous, Vв — carbonate, Vг — marls; VI — VIa — pelitic argillites: VIб — carbonaceous, VIв — carbonate, VIг — marls, VIIa — hydromicaceous subsilicites. Rock composition points in Fig. 2.

ний [19]. Исходя из вышеизложенного описания, рассматриваемые сланцы являются метабазальтами.

По химическому составу метабазальты являются толеитовыми натриевыми и калиево-натриевыми низко- и умеренноглиноземистыми породами. На тройных диаграммах Дж. Пирса [20] Zr–Ti–Y и Zr–Ti–Sr точки составов метаморфизованных ортопород располагаются в области низкокальциевых толеитов островных дуг (рис. 4). Содержания в метабазальтах

Рис. 4. Распределение точек составов метабазальтов няровейской серии на диаграмме Zr–Ti/100–Y*3 J. A. Pearce. Поля: А и В — низкокальциевые толеиты островных дуг, В — базальты дна океана, В и С — известково-щелочные базальты островных дуг, D — внутриплитные базальты

Fig. 4. Distribution of points of metabasalts compositions of nyaroveyskaya series on diagram Zr–Ti/100–Y*3 J. A. Pearce. Areas: A and B — low-potassium tholeiites of island arcs, B — basalts of ocean floor, B and C — calc-alkaline basalts of island arcs, D — intraplate basalts

тах редких элементов (табл. 2) — Ba (14–472 ppm), Cr (54–285 ppm), Ni (42–134 ppm), Sr (121–210 ppm), La (0.8–7 ppm), Ce (8–25 ppm), Nd (10–19 ppm), Zr (24–64 ppm) и Nb (1.6–2 ppm) указывают на то, что они схожи как с океаническими базальтами, так и с низкокальциевыми толеитовыми образованиями островных дуг [17].

Содержание кремнезема во II группе пород варьируется от 40.41 до 47.32 %. Эти породы по сравнению с метабазальтами имеют повышенные содержания глинозема, оксида титана и в некоторых случаях оксида калия. По диаграмме А. А. Предовского они диагностируются как туффиты с основным и ультраосновным материалом (рис. 2). Согласно диаграмме А. Н. Неелова, они схожи с карбонатными аргиллитами и базальтами (рис. 3). Породы относятся к псевдогипогидролизатам. Высокие значения ГМ (0.57–0.81), ТМ (0.04–0.17), ФМ (0.4–0.59), ЖМ (0.47–0.89) и низкие — НКМ (0.09–0.19) указывают на пирогенную природу данных образований, возможно с некоторым смешением осадочного материала (повышенные содержания глинозема) [19]. Следовательно, рассматриваемые сланцы нами диагностируются как метатифы. Содержания редких элементов в них и в метабазальтах близки, что указывает на их близкий генезис.

Слюдисто-кварцевые сланцы по количеству темноцветных минералов можно разделить на меланократовые (50 % и более), мезократовые (30–50 %) и лейкократовые (менее 30 %) разновидности.

Меланократовые породы представлены альбит-эпидот-мусковит-кварцевыми, альбит-мусковит-хлорит-кварцевыми, альбит-кварц-актинолит-мусковитовыми, биотит-хлорит-эпидот-кварцевыми, мусковит-альбит-биотит-эпидот-хлорит-кварцевыми, кварц-мусковитовыми, эпидот-мусковит-хлорит-кварцевыми, углеродистыми хлорит-мусковит-кварцевыми, кальцит-биотит-хлорит-мусковит-кварцевыми, гранат-альбит-эпидот-хлорит-мусковит-кварцевыми, гранат-хлорит-мусковит-кварцевыми сланцами с полосчатой текстурой, порфиробластовой и лепидогранобластовой структурой и следующими вариациями породообразующих минералов: эпидот (0–20 %), альбит (1–10 %), мусковит (5–40 %), хлорит (0–30 %), актинолит (0–20 %), кварц (20–60 %), биотит (0–10 %) и гранат (0–2 %). Мощность этих сланцев составляет от 0.5 до 6 м. По дискриминантной функции С. Д. Великославинского [1] они обнаруживают сходство с осадочными образованиями, часть точек попадает в область неопределенности.

Среди меланократовых паропород были выделены группа III и группа IV с различным содержанием кремнезема и глинозема.

К группе III относятся породы с содержанием кремнезема от 48.54 до 60.59 %, глинозема от 16.3 до 22.45 %. На диаграмме А. А. Предовского рассматриваемые сланцы занимают область гидрослюдистых глин и продуктов глубокого выветривания основных и ультраосновных пород (рис. 2). Согласно классификации А. Н. Неелова, породы схожи с карбонатистыми и железистыми аргиллитами (рис. 3). Рассматриваемые образования являются псевдогипогидролизатами и псевдонормосиллитами. Высокие значения в породах значений ГМ (0.45–0.61), АМ (0.3–0.46), ЖМ (0.28–0.56) и ФМ (0.16–0.33) также подтверждают пелитовую природу протолита метаморфитов и указывают на существенную примесь туфогенного материала. На диаграмме НКМ – ФМ (рис. 5) точки составов пород попадают в область II, IV и V, из чего можно сделать вывод, что исходный состав метапелитов был хлорит-монтмориллонит-гидрослюдистый. По сравнению с метабазами и метатифами рассматриваемые образования имеют несколько повышенные содержания La, Ce, Zr и пониженные Sr и Ni (табл. 2). Это, вероятно, указывает на то, что протолитами для них могли являться породы как основного, так и среднего состава.

IV группа пород характеризуется содержанием кремнезема (58.73–65.18 %) и глинозема (14.99–19.62 %). По диаграмме А. А. Предовского изучаемые сланцы близки к грауваккам, а по классификации А. Н. Неелова — к алевропелитовым аргиллитам и граувакковым алевролитам (рис. 2 и 3). Согласно классификации Я. Э. Юдовича [19], они являются нормосиллитами, псевдогипосиллитами и псевдонормосиллитами. Как известно, глинистые породы по сравнению с псаммитами имеют более высокие значения гидролизатного, фемического и алюмокремниевых модулей [19]. Рассматриваемые сланцы характеризуются ГМ (0.33–0.48), ФМ (0.11–0.2) и АМ (0.25–

Рис. 5. Распределение точек составов метапелитов няровейской серии на диаграмме ФМ — НКМ [19]. Поля глинистых пород: I — с доминированием каолинита; II — с преобладанием монтмориллонита; III — с доминированием хлорита; IV — с преобладанием гидрослюда и хлорита; V — хлорит-монтмориллонит-гидрослюдистого состава; VI — гидрослюдистого состава со значительным количеством калиевого полевого шпата. Условные обозначения см. на рис. 2

Fig. 5. Distribution of points of metapelite compositions of nyaroveyskaya series on diagram [19]. Areas of argillaceous rocks: I — kaolinite dominance; II — montmorillonite dominance; III — chlorite dominance; IV — hydromica and chlorite predominance; V — chlorite-montmorillonite-hydromicaceous composition; VI — hydromicaceous composition with a significant amount of potassium feldspar. Legend see Fig. 2

0.33), что сближает их с глинистыми образованиями. Следовательно, четвертая группа пород представлена также метапелитами. На диаграмме НКМ – ФМ (рис. 5) точки составов пород занимают область глин хлорит-монтмориллонит-гидрослюдистого состава. По сравнению с метапелитами III группы они имеют более низкие значения ГМ, ЖМ, ФМ, АМ и более высокие НКМ. Содержания редких элементов в обоих видах метапелитов близки. Содержания легких редкоземельных элементов (La, Nd, Ce), а также Zr заметно выше, чем в метабазах, а количество Sr и Ni ниже, что указывает, скорее всего, на формирование глинистых пород за счет разных источников сноса — основных, средних и, возможно, кислых пород. Скорее всего, метапелиты III и IV групп являются водно-осадочными образованиями, нежели элювиальными, и отличаются лишь составом материнских пород.

К мезократовым образованиям относятся кальцит-гранат-мусковит-эпидот-хлорит-кварцевые, гранат-мусковит-хлорит-альбит-кварцевые, хлорит-эпидот-мусковит-кварцевые, эпидот-альбит-хлорит-мусковит-кварцевые, хлорит-биотит-мусковит-альбит-кварцевые и мусковит-альбит-кварцевые сланцы. Мощность слоев составляет 1–9 м. Породообразующие минералы представлены кальцитом (0–3 %), гранатом (0–2 %), эпидотом (0–20 %), мусковитом (10–30 %), хлоритом (0–15 %), альбитом (0–10 %), кварцем (50–70 %), биотитом (0–5 %).

По дискриминантной функции С. Д. Великославинского [1] мезократовые образования схожи с паропородами и попадают в область ортообразований и неопределенности. Метаосадочные образования были объединены в V группу, а породы, схожие с магматитами с низкими содержаниями оксида титана и высоким — щелочей, отнесены к VI группе.

В V группе пород содержания кремнезема изменяется от 66.88 до 73.6 %, глинозема — от 11.4 до

Таблица 2

Содержания редких элементов в породах няровейской серии, ppm

Table 2

Rare element composition in rocks of nyaroveyskaya series, ppm

Элементы	Кварц-эпидот-хлорит-актинолитовые породы Quartz-epidote-chlorite-actinolite rocks											Слюдисто-кварцевые сланцы Mica-quartz shales												
	I группа							II группа				III группа				IV группа					VII группа			
	н-5-3	н-5-16	н-5-18	н-5-19	н-4-44	н-4-62	н-4-70	н-5-9	н-5-20	н-5-24	н-4-61	н-5-28	н-4-63	н-4-65	н-5-15	н-4-27	н-4-64	н-5-26	н-5-2	н-4-47	н-4-32	н-4-48	н-4-60	
Ba	260	184	287	472	34	14	193	596	215	451	93	253	53	304	254	271	155	468	872	50	270	51	116	
Be	1.2	0.9	0.2	0.3	0.2	0.4	0.2	0.7	0.3	0.4	0.4	3.1	0.6	0.8	1	1.5	0.5	1.4	5	2	2.3	0.1	0.2	
Co	50	44	42	42	61	40	43	52	46	53	34	35	28	24	23	7	17	19	234	30	1	10	4	
Cr	65	54	285	252	280	275	254	234	420	342	316	98	40	21	93	84	49	38	81	95	111	70	46	
Cu	97	165	23	29	70	94	15	47	17	18	21	119	10	39	2.8	13	19	35	7	-	10	5	19	
Ni	47	42	109	83	134	116	92	95	192	154	73	60	25	22	42	21	30	20	50	62	35	41	8	
Sc	43	38	36	35	41	35	35	39	35	32	42	19	32	28	17	16	19	15	18	21	7	8	5	
Sr	165	179	121	171	136	210	160	178	118	148	200	118	307	122	105	140	94	321	85	90	70	154	12	
V	252	289	221	219	270	262	225	297	204	223	330	108	283	157	95	146	97	108	106	101	270	40	33	
Zn	85	103	57	48	92	90	48	92	77	75	112	110	108	152	98	116	130	84	83	91	83	40	32	
Ce	18	25	-	15	-	8	-	16	9	19	21	48	14	15	101	-	31	43	62	74	14	43	12	
Nd	-	-	-	-	12	19	10	-	-	-	15	23	10	17	33	-	16	19	24	31.6	5	18	4	
La	5	7	0.8	1.9	3	7	1	5	2	4	13	18	4	6	29	4	15	24	24	28	8	21	5	
Y	16	24	13	17	22	24	14	21	12	22	36	20	14	20	26	19	22	21	37	29	18	20	8	
Li	12	18	8	13	15	-	4	19	13	19	13	25	8	15	29	40	-	17	25	16	21	5	-	
Zr	33	36	26	33	30	2	24	54	29	52	117	106	36	60	112	150	68	83	101	110	51	82	16	
Nb	-	1.6	-	-	2	-	-	-	-	3.5	11	5	-	-	11	3	-	2	14	5	3	3	-	
Pb	14	-	-	20	37	-	5	17	22	-	22	-	4	6	-	-	17	19	-	23	10	34	13	

15.32 %. По идентификационной диаграмме А. А. Предовского породы близки к грауваккам, по классификации А. Н. Неелова — к граувакковым и полимиктовым алевролитам (рис. 2 и 3). Рассматриваемые сланцы являются гипосиаллитами, псевдомиосиаллитами, миосилитами. По сравнению с метапелитами литохимические модули: ГМ (0.23—0.32), ФМ (0.09—0.13), АМ (0.15—0.23) имеют пониженные значения и диагностируют рассматриваемые образования как псаммиты [19], поэтому, возможно, они являются метаморфизованными граувакковыми песчаниками и алевролитами.

VI группа пород характеризуется следующими колебаниями составов: SiO_2 — 70.64—74.83 %, TiO_2 — 0.17—0.31 %, Al_2O_3 — 13.47—14.34 %, CaO — 0.22—0.88 %, $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ — 7.14—8.14 %. По А. А. Предовскому и А. Н. Неелову, точки составов пород попадают в поле пересечения полевошпатовых кварцитов и аркозов с гранитами (рис. 2 и 3). По высокой сумме щелочей (7.14—8.14 %), низким значениям ФМ (0.03—0.04) и ТМ (0.01—0.02) [19], а также наличию в них цирконов, представленных светло-розовыми субидiomорфными кристаллами дипирамидально-призматического габитуса без видимых признаков транспортировки, мы можем охарактеризовать эти породы как метариолиты.

К лейкократовым образованиям отнесены мусковитовые кварциты, часто углеродистые, мусковит-клинозоизит-хлорит-кварцевые, хлорит-мусковит-кварцевые сланцы с содержаниями кварца (70 % и более), мусковита (0—20 %), хлорита (0—15 %), эпидота (0—10 %), с мощностью выходов 2—7 м. Эти породы плотные, с заметной сланцеватой текстурой. В них практически отсутствует плагиоклаз. По содержанию кремнезема эти породы были разделены на VII и VIII группы.

Содержания кремнезема в породах VII группы варьируется от 71.79 до 86.64 %, глинозема — от 4.46 до 7.98 %. По А. А. Предовскому и А. Н. Неелову, точки составов располагаются в области кварцевых и аркозовых песчаников и силицитов (рис. 2 и 3). По значению гидролизатного модуля образования являются нормосилитом, псевдонормосилитом и суперсилитом. Низкая щелочность рассматриваемых сланцев, а также ассоциация с псевдогидролизатами позволяют отнести первые два (н-4-32, н-4-48) к литогенным осадкам — метаморфизованным аркозовым и кварцевым песчаникам. Под вопросом остаются суперсилиты (н-4-26, 60) — углеродистые разновидности сланцев, так как известно, что углеродистое вещество более характерно для кремневых пород. По содержанию редких элементов эти породы близки к метапелитам, отличаются от них лишь более низким количеством Sc.

VIII группа пород имеет содержания кремнезема 93.78 %. По А. А. Предовскому, порода относится к кварцитам и хемогенным осадкам, а по А. Н. Неелову — к кварцевым песчаникам (рис. 2 и 3). По значениям литохимических модулей кварцит является гиперсилитом, а ассоциация с псевдогидролизатами позволяет его считать литогенным образованием — кварцевым песчаником.

Выделенные нами группы пород хорошо обособляются на диаграмме «ГМ — сумма щелочей» (рис. 6). Метабазальты, метатифы и метариолиты образуют отрицательную корреляцию дифференциации

Рис. 6. Распределение точек составов пород няровейской серии на диаграмме ГМ — сумма щелочей [19]. Группы: I — метабазальты, II — метатифы, III — IV — метапелиты, V — метаморфизованные граувакковые песчаники и алевролиты, VI — метариолиты, VII — метаморфизованные аркозовые и кварцевые песчаники, VIII — метаморфизованный кварцевый песчаник

Fig. 6. Distribution of rocks composition points of nyaroveyskaya series on diagram — total of alkali [19]. Groups: I — metabasalts, II — metatuffs, III — IV — metapelites, V — metamorphosed graywacke sandstones and siltstones, VI — metariolites, VII — metamorphosed arkose and quartz sandstones, VIII — metamorphosed quartz sandstone

вещества, что характерно для петрогенных и магматических образований, а метаглины и метапесчаники — положительную, что является признаком рециклизации бывших осадочных и параметаморфических пород [19]. На некоторый разброс точек составов метабазальтов, вероятно, повлияла карбонатизация пород.

Показателем климата служит индекс химического выветривания CIA [5]. Для парапород няровейской серии этот индекс варьирует от 45 до 78, но среднее его значение составляет 58, следовательно, метаосадочные породы няровейской серии сформировались, скорее всего, в умеренной климатической обстановке.

Заключение

В результате изучения минерального состава пород няровейской серии были выделены актинолитсодержащие и слюдисто-кварцевые разновидности образования. Среди слюдисто-кварцевых сланцев отмечаются меланократовые, мезократовые и лейкократовые породы. По химическому составу сланцы няровейской серии были разделены на восемь групп пород, различающихся по первичному составу. Среди них выделяются орто- и парапороды. Ортопороды представлены метабазальтами, метатифами и метариолитами. Парапородами являются метапелиты, а также метаморфизованные граувакковые песчаники и алевролиты, аркозовые и кварцевые песчаники. Разнообразие минерального состава метатерригенных пород даже в одной группе связано с разной степенью их метаморфического преобразования.

В целом, учитывая переслаивание метапсаммитов и метапелитов, а также наличие в разрезе метабазальтов с океаническими и с островодужными метками, можно предположить формирование вулканогенно-осадочного материала в няровейское время в окраинно-океанической или в окраинно-морской обстановке в умеренно-климатической зоне.

Авторы выражают благодарность К. С. Нейман за предоставление материалов по объекту исследования, а также А. М. Пыстину за ценные рекомендации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-00146 мол_а, а также при поддержке Программы фундаментальных исследований РАН № 15-18-5-17.

Литература

1. Великославинский С. Д., Глебовицкий В. А., Крылов Д. П. Разделение силикатных осадочных и магматических пород по содержанию петрогенных элементов с помощью дискриминантного анализа // ДАН. 2013. Т. 453. № 3. С. 310—313.
2. Душин В. А., Сердюкова О. П., Малюгин А. А. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. Издание второе. Серия Полярно-Уральская. Листы Q-42-I, II. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2007. 340 с.
3. Душин В. А. Магматизм и геодинамика палеоконтинентального сектора севера Урала. М.: Недра, 1997. 213 с.
4. Ленных В. И. Метаморфические комплексы западного склона Урала // Доордовикская история Урала. 6. Метаморфизм. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980. С. 3—38.
5. Маслов А. В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. 289 с.
6. Неелов А. Н. Петрохимическая классификация метаморфизованных осадочных и вулканических пород. Л.: Наука, 1980. 100 с.
7. Нейман К. С. Няровейская серия Полярного Урала: геологическое строение, состав, условия формирования // Геология Европейского Севера России. Сыктывкар, 2008. Сб. 6. С. 12—19. (Труды Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Вып. 123).
8. Охотников В. Н. Геология рудных образований Полярного Урала. Л.: Наука, 1975. 175 с.
9. Подсосова Л. Л., Пономарев В. А. Полезные ископаемые Полярного Урала и направление дальнейших геологоразведочных работ // Геология и полезные ископаемые Приполярного и Полярного Урала. Тюмень, 1972. С. 184—195. (Тр. ЗапСибНИГНИ. Вып. 52).
10. Предовский А. А. Геохимическая реконструкция первичного состава метаморфизованных вулканогенно-осадочных образований докембрия. Апатиты, 1970. 115 с.
11. Пыстин А. М., Пыстина Ю. И. Метаморфизм и гранитообразование в протерозойско-раннепалеозойской истории формирования приполярноуральского сегмента земной коры // Литосфера. 2008. № 6. С. 25—38.
12. Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой). Екатеринбург, 1994.
13. Удоратина О. В. Редкометалльная минерализация Полярного Урала: время формирования // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2005. № 11. С. 2—4.
14. Уляшева Н. С. Термодинамическая эволюция метаморфизма пород харбейского комплекса (Полярный Урал) // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2011. № 9. С. 2—6.
15. Уляшева Н. С. Геохимические особенности метабазитов няровейской серии Харбейского выступа (Полярный Урал) // Вопросы естествознания (Иркутский государственный университет путей сообщения). 2015. № 4. С. 132—134.
16. Уляшева Н. С., Ронкин Ю. Л. Химический состав и геодинамические обстановки формирования протолитов амфиболитов и гранатовых эклогитов марункеуского комплекса (Полярный Урал) // Известия Коми НЦ УрО РАН. Выпуск 1. Сыктывкар, 2014. С. 71—79.
17. Фролова Т. И., Бурикова И. А. Магматические формации современных геотектонических обстановок: Уч. пособие. М.: МГУ, 1997. 320 с.
18. Цимбалюк А. В. Доордовикские и ордовикские отложения северной части Полярного Урала // Геология и полезные ископаемые Приполярного и Полярного Урала. Тюмень, 1972. С. 164—182. (Тр. ЗапСибНИГНИ. Вып. 52).
19. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
20. Pearce J. A., Cann J. R. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. Earth and Planetary Science Letters, 1973. № 19. P. 290—300.

References

1. Velikoslavinskii S. D., Glebovitskii V. A., Krylov D. P. *Razdelenie silikatnykh osadochnykh i magmaticheskikh porod po sodержaniyu petrogennykh elementov s pomoshchyu diskriminantnogo analiza* (Discrimination of silicate sedimentary and magmatic rocks by content of petrogenous elements with discriminative analysis). DAN, 2013, V.453, No. 3, pp. 310—313.
2. Dushin V. A., Serdyukova O. P., Malyugin A. A. et al. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii masshtaba 1:200000* (State geological map of Russian Federation with scale 1:200000). Second edition. Polar Urals. Sheet Q-42-I, II. Explanatory note. Saint-Petersburg, VSEGEI, 2007, 340 pp.
3. Dushin V. A. *Magmatizm i geodinamika paleokontinentalnogo sektora severa Urala* (Magmatism and geodynamics of paleocontinental sector of Northern Urals). Moscow, Nedra, 1997, 213 pp.
4. Lennyy V. I. *Metamorficheskie komplekсы zapadnogo sklona Urala* (Metamorphic complexes of western slope of Urals). *Doordovikskaya istoriya Urala*, 6. *Metamorfizm*. Sverdlovsk, pp. 3—38.
5. Maslov A. V. *Osadochnye породы: metody izucheniya i interpretatsii poluchennykh dannykh* (Sedimentary rocks: methods of study and interpretation of received data). Ekaterinburg, UGGU, 2005, 289 pp.
6. Neelov A. N. *Petrohimicheskaya klassifikatsiya metamorfizovannykh osadochnykh i vulkanicheskikh porod* (Petrochemical classification of metamorphic sedimentary and igneous rocks). Nauka, 1980. 100 pp.
7. Neiman K. S. *Nyaroveiskaya seriya Polyarnogo Urala: geologicheskoe stroenie, sostav, usloviya formirovaniya* (Nyaroveyskaya series of Polar Urals: geological structure, composition, formation conditions). *Geologiya Evropeiskogo severa Rossii*. Syktyvkar, 2008, No. 6, pp. 12—19.
8. Ohotnikov V. N. *Geologiya rudnykh obrazovaniy Polyarnogo Urala* (Geology of ore formations of Polar Urals). Leningrad, Nauka, 1975, 175 pp.
9. Podsova L. L., Ponomarev V. A. *Poleznye iskopaemye Polyarnogo Urala i napravlenie dal'neishikh geologorazvedochnykh rabot* (Mineral resources of Polar Urals and trends of geological surveys). *Geologiya i poleznye iskopaemye Pripolyarnogo i Polyarnogo Urala*. Tyumen, 1972, pp. 184—195.
10. Predovskii A. A. *Geohimicheskaya rekonstruktsiya pervichnogo sostava metamorfizovannykh vulkanogenno-osadochnykh obrazovaniy dokembriya* (Geochemical reconstruction of

primary composition of metamorphized igneous-sedimentary Precambrian units). Apatity, 1970, 115 pp.

11. Pystin A. M., Pystina Yu. I. *Metamorfizm i granitobrazovanie v proterozoisko-rannepaleozoiskoi istorii formirovaniya pripolyarnoural'skogo segmenta zemnoi kory* (Metamorphism and granite formation in Proterozoic-Early Paleozoic history of formation of Subpolar segment of Earth crust). *Litosfera*, 2008, No. 6, pp. 25–38.

12. *Stratigraficheskie shemy Urala (dokembrii, paleozoii)* (Stratigraphic maps of Urals (Precambrian, Paleozoic)). Ekaterinburg, 1994.

13. Udoratina O. V. *Redkometallnaya mineralizatsiya Polyarnogo Urala: vremya formirovaniya* (Rare metal mineralization of Polar Urals: formation time). *Vestnik of Institute of geology*, 2005, No. 11, pp. 2–4.

14. Ulyasheva N. S. *Termodinamicheskaya evolyutsiya metamorfizma porod harbeiskogo kompleksa (Polyarnyi Ural)* (Thermodynamic evolution of metamorphism of rocks of Kharbey complex (Polar Urals)). *Vestnik of Institute of geology*, 2011, No. 9, pp. 2–6.

15. Ulyasheva N. S. *Geohimicheskie osobennosti metabazitov nyaroveiskoi serii Harbeiskogo vystupa (Polyarnyi Ural)* (Geochemical features of metabasites of nyaroveyskaya series of

Kharbey bench (Polar Urals)). *Voprosy estestvoznaniya*, 2015, No. 4, pp. 132–134.

16. Ulyasheva N. S., Ronkin Yu. L. *Himicheskii sostav i geodinamicheskie obstanovki formirovaniya protolitov amfibolitov i granatovykh eklogitov marunkeuskogo kompleksa (Polyarnyi Ural)* (Chemical composition and geodynamic environment of formation of protholites of amphibolites and garnet eclogites of marunkeyusky complex (Polar Urals)). *Izvestiya Komi SC UB RAS*. No. 1, Syktyvkar, 2014, pp. 71–79.

17. Frolova T. I., Burikova I. A. *Magmaticheskie formatsii sovremennykh geotektonicheskikh obstanovok* (Magmatic formations of modern geotectonic environment). Moscow, MSU, 1997, 320 pp.

18. Tsimbalyuk A. V. *Doordovikskie i ordovikskie otlozheniya severnoi chasti Polyarnogo Urala* (Preordovician and Ordovician sediments of northern part of Polar Urals). *Geologiya i poleznye iskopaemye Pripolyarnogo i Polyarnogo Urala*. Tyumen, 1972, pp. 164–182.

19. Yudovich Ya. E., Ketris M. P. *Osnovy litohimii* (Lithochemistry basics). Saint-Petersburg, Nauka, 2000, 479 pp.

20. Pearce J. A., Cann J. R. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth and Planetary Science Letters*, 1973, No. 19, pp. 290–300.