

Щелочные метасоматиты Мезенского рудного поля (Средний Тиман)

Удоратина О.В., Шуйский А.С., Козырева И.В., Игнатьев Г.В.

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, taykey@yandex.ru

Аннотация. Установлены петрогеохимические особенности существенно калиевых редкометалльных пород Мезенского рудного поля на Среднем Тимане. Оруденение локализовано в межкатаклазовом пространстве и в обломках пород и минералов интенсивно брекчированных фенитизированных кварцитопесчаников и микроклинитов сцементированных кварц-эгириновым материалом. Содержание оксида калия в рудосодержащих породах варьирует от 2 до 13 мас. %. Основные рудные элементы (минералы) Nb (колумбит, Nb-рутил), REE (монацит, ксенотим) и широкий спектр фосфатов и гидрофосфатов. Содержания в рудных участках достигает, г/т, Nb (~ 20000), REE (> 1000), характерно высокое содержание Th, Sr, Pb. Оруденение связано с воздействием на первично терригенные толщи эволюционирующих флюид растворов насыщенных калием, натрием, фосфатами, источником которых могут являться развитые в регионе щелочные (К) пикриты и связанные с ними карбонатиты.

Ключевые слова: микроклиниты, фенитизированные кварцитопесчаники, Средний Тиман.

Alkaline metasomatites of the Mezen ore field (Middle Timan)

Udoratina O.V., Shuisky A.S., Kozyreva I.V., Ignatiev G.V.

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

Abstract. The petrogeochemical features of essentially potassium rare-metal rocks of the Mezen ore field in the Middle Timan have been established. Mineralization is localized in the inter-cataclase space and in fragments of rocks and minerals of intensely brecciated fenitized quartzite sandstones and microclinites cemented with quartz-aegirine material. The content of potassium oxide in ore-bearing rocks varies from 2 to 13 wt. %. The main ore elements (minerals) are Nb (columbite, Nb-rutile), REE (monazite, xenotime) and a wide range of phosphates and hydrophosphates. The content in ore areas reaches g/t, Nb (~ 20000), REE (> 1000), high content of Th, Sr, Pb is typical. Mineralization is associated with the impact on the primary terrigenous strata of evolving fluid solutions saturated with potassium, sodium, phosphates, the source of which can be alkaline (K) picrites developed in the region and associated carbonatites.

Keywords: microclinites, fenitized quartzite sandstones, Middle Timan.

Введение

Мезенское рудное поле с комплексной (Nb, REE) минерализацией известно в верховье р. Мезень на Среднем Тимане. Наряду с другими рудными полями (Косью, Октябрьское, Бобровское, Верхне-Щугорское) включено в Косьюский рудный узел. Вмещающими породами, в которых локализуется оруденение, являются первично осадочные метатерригенные отложения верхней части визингской свиты четласской серии. Отложения представлены верхней подсвитой – с преобладанием алевропесчаников, кварцитопесчаников и гравелитов и подчиненными прослоями слюдястых алевролитов и алевритистых сланцев (общая мощность свиты – 1800–2000 м). На основании проведенных исследований первичных неизмененных кварцитопесчаников установлено, что они формировались в условиях относительно стабильного тектонического режима, климата и при сохранении основных источников обломочного материала. Песчаники формировались в мелководной прибрежно-морской обстановке с незначительно меняющейся гидродинамикой и периодическим вовлечением в область размыва магматических пород различного состава (Никулова и др., 2021). Время формирования «немых» отложений определено U-Pb LA ICP MS методом по детритовым цирконам и соответствует рубежу среднего и позднего рифея (Удоратина и др., 2017). В рудном поле наблюдаются дайки щелочных пикритов четласского комплекса позднерифейско-ранневендского возраста (возраст магматических пород установлен в рудном поле Косью – 600 млн лет, K-Ar_{wt} и Ar-Ar_{ig} методами (Андреичев, Степаненко, 1983; Udoratina, Travin, 2014)).

Время формирования оруденения не установлено. Время формирования метасоматитов и рудных пород проявлений Косьюского рудного узла: Новобобровское 580–550 млн. лет ($U-Th-Pb_{Mntz}$, $Sm-Nd_{Trr+Col+Mntz}$, $ArAr_{kfs}$), Октябрьское 513 ± 4 млн. лет ($^{40}Ar/^{39}Ar_{kfs}$) (Удоратина и др., 2021).

Методы исследования

Отбор образцов проводился при тематических исследованиях в 2016 г. Комплексные исследования проведены в ЦКП «Геонаука»: петрографические исследования, определение химического состава – классический монокристаллический анализ, определение содержания редких, рассеянных и редкоземельных элементов – ICP MS, микрозондовые исследования.

Рудосодержащие породы: минералого-петрографическая характеристика

Жила «Большая» (400×1.5 м) северо-восточного простирания. Внешние контакты жилы обозначены интенсивным развитием КПШ в кварцитопесчаниках, породы начинают приобретать розово-бордовый цвет. Сама жила представляет полосу развития брекчированных пород сложенных обломками (от 2–4 мм до 2 см) угловатой формы и разного состава. Цемент скрытокристаллический табачного цвета. Рудными породами являются метапесчаники и кварц-полевошпатовые породы, слагающие жилу. Центральные части жилы «Большая» сложены брекчией кварцитопесчаников и кварцитов, сцементированной кварц-эгириновым материалом, вмещающими породами являются фенитизированные кварцитопесчаники. Наблюдаются интенсивно катаклазированные калишпатизированные, ожелезненные кварцитопесчаники, обломки кварца и калиевого полевого шпата (промежуточный микроклин, с расчетной температурой кристаллизации $485-510^\circ C$ (Куликова и др., 2022).

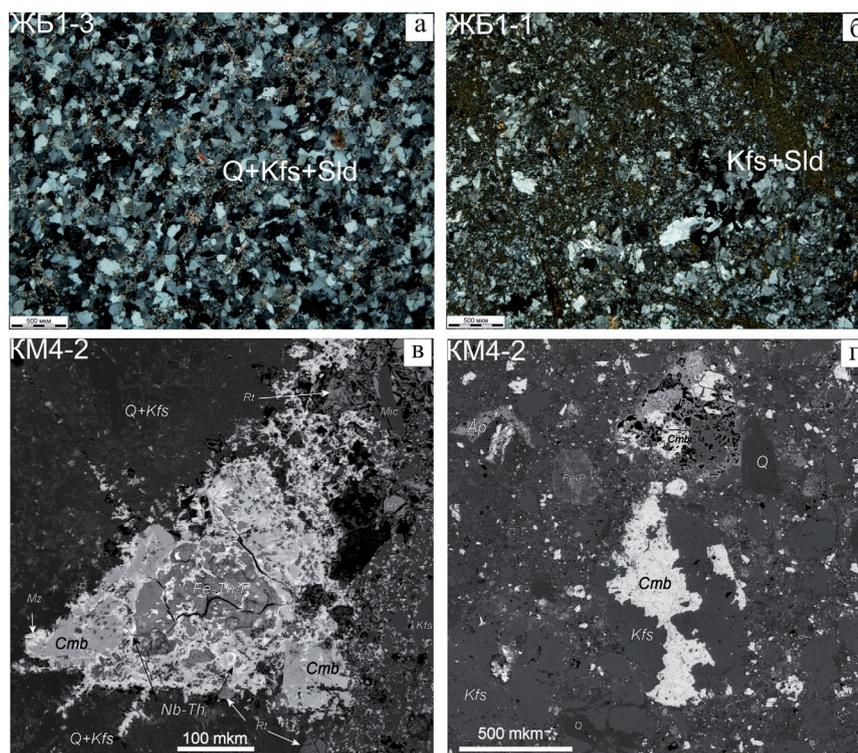


Рис. 1. Микроструктуры фенитизированных кварцитопесчаников (а) и микроклинитов (б) фотографии шлифов, с анализатором; Примеры распределения рудных минералов в породе: в – ядро из (гидро)фосфатов железа с вкрапленностью фосфатов тория, «рубашка» – колумбит с монацитом, Nb-рутилом, Nb-Th гидроксидами; г – крупный колумбит в обломке микроклина в рудной брекчии, снимки в обратно-рассеянных электронах. Q – кварц, Kfs – КПШ, Sld – слюда, Cmb – колумбит, Mz – монацит.

Fig. 1. Microstructures of fenitized quartzite sandstones (a) and microclinites (b) photos of thin sections, with analyzer; Examples of the distribution of ore minerals in the rock: (в) core of (hydro)iron phosphates with impregnation of thorium phosphates, «shirt» – columbite with monazite, Nb-rutile, Nb-Th hydroxides; (г) large columbite in a microcline fragment in an ore breccias, pictures in back-scattered electrons. Q – quartz, Kfs—microcline, Sld—mica, Cmb—columbite, Mz—monazite.

Рудовмещающие породы, как правило, имеют бежевый, бежево-красный цвет и сильно катклазиррованы. Основу породы составляет кварц-полевошпат-мусковитовая матрица, в которой обильно рассеяны рудные минералы. Микроклин начинает рост в межзерновых промежутках кварцито-песчаников и замещает кварц. Под микроскопом наблюдаются катклазиррованные, лепидогранобластовые, микрогранобластовые микроструктуры (рис. 1 а-б).

Минеральный состав: кварц, КППШ (Mi), альбит, мусковит, эгирин. Отмечается калиевая полностью безалюминиевая и безводная высокофтористая слюда янжумингит ($\text{yangzhumingite } \text{KMg}_{2.5}(\text{Si}_4\text{O}_{10})\text{F}_2$). Рудные минералы насыщают межкатаклазовое пространство, но отмечаются и в составе обломков Mi (рис. 1 в-г), представлены колумбитом (Fe-колумбитом, Fe-Mn колумбитом), Nb-рутилом (до 17 мас., % Nb_2O_5), сложными фазами Nb-Th состава, REE-карбонатами, монацитом, ксенотимом, апатитом (Sr-фторапатит), фосфатами Fe, Al, Th (\pm Sr, Ca), гидрофосфатами Fe (чистые, и в смеси с Al, Sr и смешанными Fe-Th), а также Th-Ca гидрофосфатами «плавающего» состава, комплексными Fe-Al сульфопосфатами с Th, оксидами/гидроксидами Fe, сульфатами Fe, ярозитом. Наблюдается реликтовый циркон. Микроклинизация более ранняя по сравнению с эгиринизацией. Формирование оксидной и фосфатной минерализаций возможно разделено во времени, поскольку отмечаются зональные агрегаты с центрами, сложенными оксидами и обрастаниями (рубашками) фосфатами, и наоборот. Как правило, Nb фазы не содержат Th и наоборот, что может указывать на разновременность этапов рудообразования, так как, как правило, небольшие по размеру фазы Nb-Th состава являются вторичными по морфологии (Удоратина и др., 2018).

Рудосодержащие породы: петрогеохимическая характеристика

Наблюдаются составы: кварцито-песчаники, фенитизированные кварцито-песчаники, микроклиниты (обломки жильного микроклина) (табл. 1). В составе пород в ряду кварцито-песчаники → фенитизированные кварцито-песчаники → рудные брекчии микроклинитов уменьшается (здесь и далее мас.%) количество кремнезема (84-81) → (67) → (64-56.3), увеличивается содержание K_2O (2-5.6) → (7.3) → (11-13), однако прямой связи увеличения количества калия в породе и увеличения рудных (Nb, REE, Th) компонентов не просматривается. Самыми рудными являются фениты.

Таблица 1. Содержание породообразующих компонентов (мас., %) в породах.

Table 1. The content of rock-forming components (wt., %) in rocks.

Компоненты	ЖБ1-3	ЖБ1-6	КМ4-2	ЖБ1-2	ЖБ1-1	ЖБ1-4	ЖБ1-5
	1	2	3	4	5	6	7
SiO_2	84.18	81.78	66.68	56.32	63.88	61.56	56.3
TiO_2	0.09	0.43	1.23	0.59	0.28	0.47	0.37
Al_2O_3	6.28	7.82	9.37	13.68	12.25	14.87	13.98
Fe_2O_3	0.16	0.26	4.26	5.81	3.60	3.25	5.93
FeO	1.75	3.46	1.66	2.15	1.81	1.76	0.96
MnO	<0.01	0.029	0.36	0.038	0.045	0.04	<0.01
CaO	0.1	0.2	0.58	0.1	0.2	0.2	0.1
MgO	0.68	0.58	0.96	0.96	0.51	0.13	1.13
K_2O	5.58	1.9	7.26	10.65	11.2	12.69	13.26
Na_2O	0.4	1.05	0.43	0.62	0.63	0.75	0.82
P_2O_5	0.06	0.04	0.84	2.32	0.61	0.83	0.37
п.п.п.	0.24	1.73	2.26	5.66	3.59	1.65	6.16
Сумма	99.71	99.66	96.07	99.14	98.84	98.39	99.49
H_2O^*	0.38	1.13	0.6	1.9	0.74	0.88	3.87
CO_2	< 0.10	0.15	< 0.10	< 0.10	< 0.1	0.14	< 0.10

Примечание. Наименование пород: 1–2 – слабоизмененные кварцито-песчаники, 3 – измененные кварцито-песчаник (фенит), 4–7 – рудные брекчии, существенно микроклиновые.

Note. Name of rocks: 1–2 – metasandstons, 3 – altered metasandstone (fenit), 4–7 – ore breccias of microclines.

Таблица 2. Содержание редких, рассеянных и редкоземельных элементов (г/т) в породах.
 Table 2. The content of rare, trace and rare earth elements (g/t) in rocks.

Компоненты	ЖБ1-3	КМ4-2	ЖБ1-2	ЖБ1-1	ЖБ1-4	ЖБ1-5
	1	2	3	4	5	6
Li	200.00	340.00	180.00	140.00	53.00	420.00
Be	1.90	8.40	3.30	3.10	3.40	3.30
Sc	1.90	16.00	9.20	5.80	13.00	5.90
V	1.80	93.00	25.00	2.80	18.00	7.60
Cr	12.00	88.00	45.00	26.00	27.00	19.00
Co	1.00	6.00	1.60	1.50	1.10	1.10
Ni	8.20	14.00	11.00	7.30	7.60	7.50
Cu	9.60	15.00	8.50	7.00	8.90	6.70
Zn	11.00	140.00	25.00	27.00	18.00	29.00
Ga	5.40	9.00	14.00	11.00	13.00	13.00
Ge	2.30	6.50	5.80	5.10	4.80	4.70
Rb	92.00	130.00	180.00	160.00	200.00	180.00
Sr	18.00	960.00	180.00	210.00	44.00	120.00
Y	55.00	340.00	61.00	27.00	50.00	5.70
Zr	150.00	720.00	400.00	440.00	620.00	250.00
Nb	460.00	19000.00	2600.00	5300.00	7100.00	410.00
Mo	0.51	1.60	0.40	0.36	1.20	0.82
Ag	0.74	3.40	2.10	2.50	2.40	1.60
Cd	4.40	23.00	8.90	9.30	13.00	5.20
Cs	0.66	1.60	2.40	0.67	0.60	0.96
Ba	290.00	900.00	1300.00	820.00	890.00	330.00
La	16.00	110.00	44.00	54.00	25.00	13.00
Ce	31.00	250.00	85.00	90.00	54.00	20.00
Pr	4.00	35.00	11.00	9.80	6.90	2.30
Nd	19.00	170.00	45.00	38.00	3.10	9.70
Sm	11.00	110.00	22.00	18.00	19.00	5.10
Eu	5.10	58.00	11.00	8.40	9.80	2.40
Gd	18.00	200.00	33.00	24.00	30.00	6.10
Tb	3.50	36.00	5.50	3.50	5.50	0.92
Dy	17.00	140.00	22.00	13.00	23.00	3.30
Ho	2.50	17.00	3.00	1.60	3.00	0.42
Er	5.50	30.00	6.40	3.70	6.80	0.99
Tm	0.70	3.40	0.79	0.49	0.91	0.14
Yb	4.30	20.00	5.00	3.50	6.20	1.10
Lu	0.63	2.80	0.80	0.58	1.00	0.19
Hf	4.50	14.00	10.00	10.00	12.00	5.90
Ta	0.13	1.40	1.10	0.56	1.10	0.26
W	2.50	47.00	12.00	17.00	28.00	8.20
Pb	22.00	100.00	49.00	63.00	63.00	54.00
Bi	0.13	-	0.94	0.55	0.59	0.29
Th	660.00	3300.00	1600.00	2100.00	900.00	1200.00
U	1.90	13.00	2.80	1.60	4.50	1.20
(La/Yb) _N	2.51	3.71	5.93	10.40	2.72	7.97
Eu/Eu*	1.11	1.19	1.25	1.24	1.26	1.32
ΣREE	138.23	1182.20	294.49	268.57	194.21	65.66

Примечание. Наименование пород: 1 – слабоизмененный кварцитопесчаник, 2 – измененный кварцитопесчаник (фенит), 3–6 – рудные брекчии микроклинитов.

Note. Name of rocks: 1 – metasandstone, 2 – altered metasandstone (fenit), 3–6 – ore breccias of microclines.

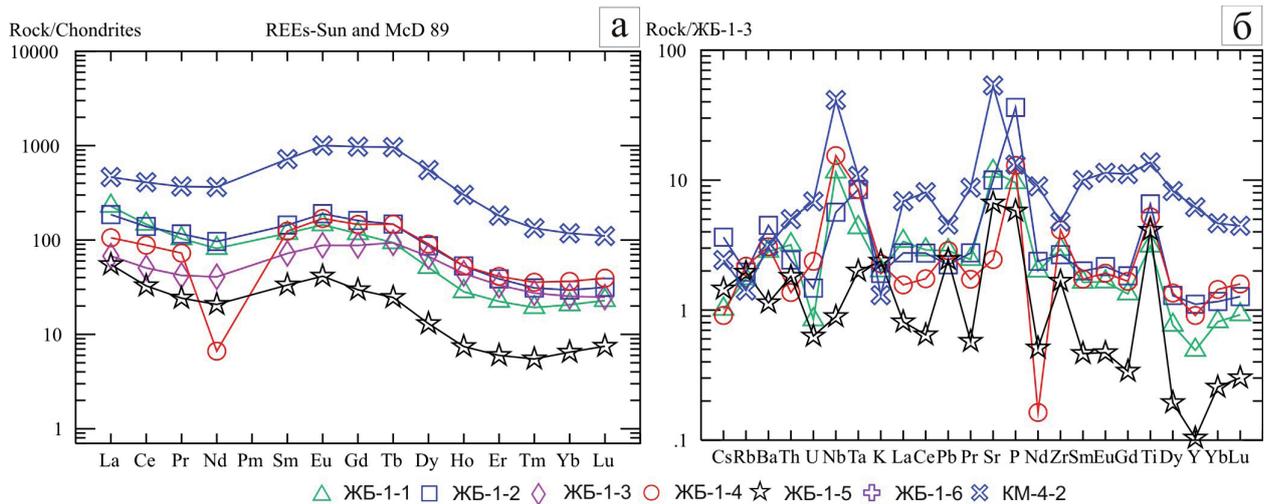


Рис. 2. Хондритнормализованные спектры распределения РЗЭ (а), мультидиаграммы (нормировано на кварцитопесчаник) – б.

Fig. 2. Chondrite-normalized REE distribution spectra (a), multidiagrams (normalized to quartzite sandstone) – б.

Для всех пород характерно достаточно высокое (г/т, здесь и далее в порядке кварцитопесчаники → фенитизированные кварцитопесчаники → рудные брекчии микроклинитов) содержание РЗЭ (138) → (1182) → (66–295) (табл. 2). В спектрах распределения РЗЭ (рис. 2а) наблюдается небольшое преобладание легких над тяжелыми РЗЭ $(La/Yb)_N$ (2.5–3.7) → (6) → (2–10). Характерно высокое содержание средних РЗЭ – Sm–Dy. Во всех породах наблюдается положительная Eu аномалия (Eu/Eu^*) (1.1) → (1.2) → (1.23–1.32) и отрицательная аномалия по Nd. При сохранении типа спектра безусловно высокое содержание РЗЭ характерно для фенита.

При нормировании составов пород на состав кварцитопесчаника наблюдается безусловное увеличение содержаний (привнос (?)) Nb, Th, Sr, P, Ti, уменьшение содержаний (вынос (?)) U, Pr, Nd, Y хотя поведение элементов сложное и нередко взаимообратное например обр. ЖБ1-5 (рис. 2б).

В породах высокое содержание тория (660) → (3300) → (900–2100) обусловлено присутствием не только редко собственно торита, но и Th-монацита и не установленных пока фаз фосфатов тория.

Из элементов также показательное поведение стронция, содержания (г/т) которого достигают больших количеств (18) → (960) → (44–210)), из минеральных фаз это подтверждается присутствием Sr-фторапатита и фосфатов стронция.

Выводы

Таким образом, рудосодержащие породы жилы «Большая» на Мезенском рудном поле представлены брекчированными кварцитопесчаниками (различной степени измененности) и микроклинитами. Рудные минералы располагаются как в межкатаклазовом пространстве так и в обломках пород, что указывает на многостадийность рудного процесса, минералы фенитизированных кварцитопесчаников в обломках и цементе брекчий также подтверждают это. Не наблюдается связи с каким то, одним процессом (калиевым, натриевым и прочими) накопления рудных элементов. Наиболее рудными являются фенитизированные кварцитопесчаники, количество рудных элементов увеличивается на порядок по сравнению со слабоизмененными кварцитопесчаниками. Источником рудных элементов Nb и REE предполагается насыщенные фосфатами и фтором флюиды-растворы, отделяющиеся от эволюционирующего источника – К-пикритов-карбонатитов четласского комплекса.

Работа выполняется в рамках гранта РФФИ и Республики Коми (20-45-110-010).

Литература

1. Андричев В.Л., Степаненко В.И. Возраст карбонатитового комплекса Среднего Тимана // Рудообразование и магматизм севера Урала и Тимана. Сыктывкар. 1983. С. 83–87.

2. Куликова К.В., Удоратина О.В., Макеев Б.А., Шуйский А.С. Калиевый полевой шпат щелочных метасоматитов Среднего Тимана // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук № 2(54). Сыктывкар. 2022. С. 41–46. <https://doi.org/10.19110/1994-5655-2022-2-41-46>.
3. Никулова Н.Ю., Удоратина О.В., Козырева И.В. Литогеохимическая характеристика метапесчаников четласской серии (Косьюский рудный узел, Средний Тиман) // Вестник Геонаук. 2021. № 7(319). С. 3–12. <https://doi.org/10.19110/geov.2021.7.1>.
4. Удоратина О.В., Бурцев И.Н., Никулова Н.Ю., Хубанов В.Б. Возраст метапесчаников верхнедокембрийской четласской серии Среднего Тимана на основании U-Pb датирования детритных цирконов // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2017. Вып. 5. С. 15–32.
5. Удоратина О.В., Варламов Д.А., Бурцев И.Н., Капитанова В.А. Рудные редкометалльно-редкоземельные метасоматиты Четласского Камня, Средний Тиман // Петрология и геодинамика геологических процессов. Иркутск. Изд-во: Института географии им. В.Б.Сочавы. 2021. Т. 3. С. 172–179.
6. Удоратина О.В., Варламов Д.А., Куликова К.В., Бурцев И.Н., Макеев Б.А. Рудные минералы Мезенское месторождение (Средний Тиман): новые данные // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения–2018). Сыктывкар. 2018. С. 213–214.
7. Udoratina O.V., Travin A.V. Alkaline picrites Chetlassky complex Middle Timan: Ar-Ar data // Ore potential of alkaline, kimberlite and carbonatite magmatism. Antalya. Moscow. 2014. P. 82–84.