ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЗЭ В МЕТАПЕСЧАНИКАХ СВЕТЛИНСКОЙ СВИТЫ (НОВОБОБРОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ, СРЕДНИЙ ТИМАН)

Никулова Н.Ю., Удоратина О.В.

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, nikulova@geo.komisc.ru

Образования среднерифейской светлинской (RF_{2sv}) свиты, вмещающие редкоземельно-редкометалльную минерализацию в пределах Новобобровского рудного поля (Четласский Камень, Средний Тиман) (рис. 1), представлены палеонтологически немой терригенной толщей, в которой в различных соотношениях чередуются сланцевые, алевролитовые и псаммитовые слои.

Выявление особенностей поведения редких и редкоземельных элементов, позволяют уточнить генетическую принадлежность, получить сведения об источниках обломочного материала, палеоклиматических обстановках и палегеодинамических условиях осадконакопления, сделать предположения о степени влияния метасоматических процессов на распределения предполагаемых минералов-концентраторов РЗЭ.

Рис. 1. Схемы: а – расположения Новобобровского месторождения; б – тектонического строения Среднего Тимана (по [3]), условные обозначения: 1 – Восточно-Европейская платформа; 2–3 – фундамент Печорской плиты, Тиманский мегаблок: 2 – Тиманский блок; 3 – Ижемский блок; 4 – выходы фундамента на поверхность; 5 – границы тектонических зон; 6 – местоположение Новобобровского рудного поля.

Фактический материал получен при опробовании канав, пересекающих вкрест простиранья рудные зоны Новобобровского рудного поля. В выборку вошли пять образцов песчаников светлинской свиты, литолого-геохимические исследования и результаты U-Pb датирования детритных цирконов которых проведены нами ранее [5]. Определение содержаний редких и редкоземельных элементов проведено методом ICP-MS (Agilent 7700x, аналитик к. г.-м. н. Д. В.Кузьмин) в ЦКП «Гео-наука» Института геологии Коми НЦ УрО РАН.

Максимальные содержания РЗЭ отмечаются в фенитизированных песчаниках непосредственно рудоносной зоны, минимальные – в слабо измененных песчаниках на периферии рудного поля (табл.). Спектры распределения РЗЭ в четырех образцах песчаников достаточно однородны и характеризуются резко пониженным, по сравнению с UCC содержанием легких РЗЭ, отчетливо выраженной положительной европиевой аномалией и незначительным преобладанием тяжелых лантаноидов над легкими (рис. 2).

Спектры РЗЭ имеют небольшой положительный наклон, характерный для метатерригенных пород, не связанных с вулканизмом. На этом фоне существенной дифференцированностью выделяется спектр обр. G66/15, отобранного близ рудной кварцевой жилы, в составе которого, по результатам нормативного пересчета присутствует максимальное для всех изученных образцов количество

Таблица 1. Содержания редкоземельных, редких и рассеянных элементов в метатесчаниках

№ обр. элемент	G1/15	G11B/15	G12/15	G6B/15	G2/15	№ обр. элемент	G1/15	G 11B/15	G12/15	G6B/15	G2/15
La	18.26	20.98	244.78	171.89	36.84	Zr	58.48	89.82	206.45	492.19	135.60
Ce	15.62	20.21	25.74	135.34	25.91	Nb	0.22	33.43	14.37	17.39	1.72
Pr	11.69	19.27	20.60	99.83	21.10	Mo	0	0.85	0	0.66	0.70
Nd	8.90	0	16.46	76.88	15.95	Ag	0	0	0.14	0.80	0
Sm	0	16.19	12.98	46.20	9.02	Cd	0.85	2.85	2.41	7.68	1.38
Eu	2.87	12.58	8.56	33.90	5.20	Te	0.08	0.08	0.28	0.96	0.18
Gd	4.90	7.11	13.52	32.95	10.81	Cs	0.38	0.34	0.39	3.86	0.40
Tb	2.08	10.66	7.13	0.05	3.51	Ba	77.86	90.63	38.44	2869.33	86.84
Dy	1.26	8.09	5.12	18.24	2.01	Hf	1.33	1.59	4.65	11.70	3.12
Ho	0.98	6.60	4.08	17.09	1.68	Ta	0	0.03	0.12	1.12	0.58
Er	1.01	6.12	3.89	18.07	1.46	W	0.17	0.60	1.17	3.64	0.76
Tm	0.98	5.10	3.55	19.31	1.62	Tl	0.34	0.27	0.23	1.25	0.20
Yb	1.18	5.34	3.66	19.14	1.81	Pb	5.23	8.01	1.91	20.37	13.90
Lu	1.34	5.02	3.93	20.94	2.05	Bi	0.41	0.25	0.16	0.07	0.05
Sc	0.65	2.29	2.33	14.96	1.58	Th	1.63	35.43	6.42	18.61	2.82
V	0	3.73	7.30	84.91	0	U	0.40	0.50	1.01	4.77	0.45
Cr	22.13	42.91	37.33	94.70	26.76	Zr/Hf	44	57	44	42	43
Co	0.34	0.56	2.07	7.47	0.67	Cr/Th	66	77	18	13	40
Ga	6.11	8.43	9.08	32.82	7.34	Th/Co	5	63	3	2	4
Ge	38.06	32.69	45.10	50.90	39.35	La/Co	54	37	118	23	55
Rb	8.95	17.18	13.64	277.07	11.49	Th/U	4	71	6	4	6
Y	1.90	13.14	7.92	38.55	3.04	La/Sm	0	1	19	4	4

Примечание: содержания в г/т.

Рис. 2. Нормированные на UCC [4] спектры распределения содержаний РЗЭ в песчаниках светлинской свиты. Условные обозначения: 1–5 номера образцов: 1 – G11/15; 2 – G11Б/15; 3 – G12/15; 4 – G66/15; 5 – G2/15.

полевых шпатов (около 40 мас. %), слюды (до 40 мас. %) и рудных минералов – гематита и ильменита (в сумме около 3 % мас. %) [5].

Количественный показатель суммы РЗЭ зависит от положения точки опробования по отношению к рудоносной зоне и отражает степень влияния метасоматических процессов.

Наименее измененные разновидности песчаников, характеризуются минимальным значением суммы, при примерно равновесном соотношении легких и тяжелых РЗЭ и слабо проявленной европиевой аномалией. В нормальных осадочных породах положительная европиевая аномалия и преобладание тяжелых лантаноидов над легкими, свидетельствуют о присутствии в составе песчаников неизмененных выветриванием основных плагиоклазов. Положительная европиевая аномалия, минимально проявленная в слабо измененных песчаниках (обр. G1/15, G2/15, G11Б/15), усиливается по мере приближения к рудоносной зоне, отражая интенсивность проявления щелочного метасоматоза.

Отмечается практическое отсутствие цериевой аномалии (для четырех образцов Ce/Ce^{*UCC} составляет 0.25–0.4, а для обр. G66/15–2.1) Во всех изученных образцах легкие лантаноиды преобладают над тяжелыми ($LREE/HREE \approx 1.3–7.3$). По суммарному содержанию РЗЭ выделяются песчаники: с пониженным содержанием – 66 (слабо измененный песчаник обр. G1/15), со средним содержанием – 124 (обр. G11Б/15) и 138 (обр. G2/15), высоким – 374 (обр. G12/15) и аномально высоким – 710 г/т (обр. G66/15 из рудной зоны).

Во всех изученных песчаниках отсутствуют Cu, Ni, Zn, Be, существенные содержания мало подвижных Sc, Zr и Hf, присутствуют лишь в обр. G66/15 (табл.). В нем же наблюдается максимальное значение соотношения Zr/Hf (56), характерное для щелочных метасоматитов. Значения индикаторных соотношения Cr/Th, Th/Co, La/Co имеют весьма широкий разброс и так же отражают зависимость от степени измененности пород [7, 9]. Отношение Th/U [9] составляет 4–6, а в песчаниках обр. G11Б/15 достигает 71. Слабая измененность, хорошая сортировка и практически кварцевый состав этого песчаника, позволяют предположить, что повышенная концентрация Th обусловлены присутствием Th-монацита [6]. Песчаник обр. G1/15, для которого была получена цирконовая датировка, характеризуется коэффициентами La/Sm (4,1), Ce/Sm (2,9), Yb/Sm (0.2), Y/Sm (0.34), Ce/Ce^{*} (0.4) соответствующими мелководным [2] условиям континентальной окраины.

Таким образом, степень дифференцированности спектров распределения РЗЭ отражает степень измененности песчаников в результате фенитизации. Закономерное изменение содержания РЗЭ, свидетельствует о привносе вещества извне. Ярко выраженный европиевый максимум и преобладание тяжелых лантаноидов над легкими характерно для калиевого метасоматоза [1]. Минимальные содержания РЗЭ отмечаются в наименее измененных разновидностях, при этом в них так-

же отмечается европиевый максимум, связанный с присутствием в песчаниках обломочного материала, образовавшегося в результате разрушения калиевых гранитоидов.

Геологическая позиция изучаемого объекта, как толщи, вмещающей жильную редкометалльно-редкоземельную минерализацию, не позволяет использовать традиционно применяемые для реконструкции обстановки осадконакопления терригенных толщ индикаторные соотношения РЗЭ. Однако, рассчитанные нами для наименее измененных пород коэффициенты La/Sm, Ce/Sm и др. подтверждают сделанные нами ранее выводы о формировании осадков в мелководно-морской среде за счет рециклированных кварцевых пород и, в меньшей степени, кислых магматических пород. Преобладание в спектре РЗЭ песчаников тяжелых лантаноидов, существенно кварцевый состав и высокая глиноземистость, позволяют предположить существование в области размыва коры выветривания по древним метатерригенным породам.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Комплексной программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект 18-45-11007.

Литература

1. Балашов Ю.А. Геохимия редкоземельных элементов. М.: Наука, 1976. 267 с.
2. Гурвич Е.И. Металлоносные осадки Мирового океана. М.: Научный Мир, 1998. 340 с.
3. Кузнецов Н.Б., Соболева А.А., Удоратина О.В. и др. Доуральская тектоническая эволюция северо-восточного и восточного обрамления Восточно-Европейской платформы. Ст. 1. Протоуралиты, Тиманиды и Доордовикские гранитоидные вулcano-плутонические ассоциации севера Урала и Тимано-Печорского региона / Литосфера. 2006. № 4. С. 3-22.
4. Тейлор С. З., Мак-Леннан С. М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир. 1988. 384 с.
5. Удоратина О. В., Бурцев И. Н., Никулова Н. Ю., Хубанов В. Б. Обоснование возраста метапесчаников четласской серии – субстрата редкометалльно-редкоземельных месторождений Среднего Тимана: U-Pb датирование детритных цирконов / Геодинамика, вещество, рудогенез Восточно-Европейской платформы и ее складчатого обрамления. Матер. Всерос. науч. конф. с межд. уч-ем. Сыктывкар. ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2017. С. 218–219. ISBN 978-5-98491-470-5.
6. Удоратина О.В., Варламов Д.А., Капитанова В.А. Рудная минерализация кварцевых жил Новобобровского месторождения, Средний Тиман: новые данные / Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения-2016). Матер. мин. семинара с межд. участием. Сыктывкар. ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2016. С. 257-258.
7. Condie K. C. Cr/Th ratio in Precambrian pelites from the Kaapvaal Craton as an index of craton evolution // Earth Planet. Sci. Lett., 1990. V. 65. P. 1-12.
8. Cullers R.L. The geochemistry of shales, siltstones and sandstones of Pennsylvanian-Permian age, Colorado, USA: implications for provenance and metamorphic studies / Lithos, 2000. V. 51. P. 181-203.
9. McLennnon S.M. Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics. Processes controlling the composition of clastic sediments / Geol. Soc. Amer. Spec. Paper, 1993. V. 284. P. 21-40.