

УДК 550.422(470.32)

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ И МАЛЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КАК ИНДИКАТОРЫ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ (НА ПРИМЕРЕ ЛЕБЕДИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КМА)

© 2002 г. В. А. Шатров, В. И. Сиротин, Г. В. Войцеховский

Представлено академиком О.А. Богатиковым 21.05.2002 г.

Поступило 25.04.2002 г.

Методика применения редкоземельных элементов (REE) для фациального анализа пелитов и метапелитов разработана авторами на примере отложений нижнего протерозоя и палеозоя–мезозоя в пределах ВКМ [5, 6]. В ранее проведенных работах REE применялись для реконструкции состава размываемых пород суши [9]. Целью работы является определение возможности применения REE для реконструкций условий образования железистых кварцитов протерозоя, генезис которых хорошо обоснован. Объектом изучения являются железистые кварциты нижней и верхней железорудных подцвет коробковской свиты курской серии (Лебединский железорудный карьер), первичная коллоидно-хемогенная природа которых на всех континентах до настоящего времени не подвергалась сомнению [8].

В строении железорудных подцвет отчетливо прослеживаются цикличность – макроциклы осадкообразования, выражающиеся в приуроченности более глубоководных по условиям образования кварцитов с высоким содержанием железа к центральным частям подцвет. Средняя часть разреза нижней подцветы сложена более глубоководными железослюдково-магнетитовыми и куммингтонит-магнетитовыми разновидностями кварцитов по сравнению с нижней и верхней частями подцветы, представленными слабосудными магнетит-кумингтонитовыми кварцитами, образование которых происходило в более мелководных условиях [3, 8]. Отложения верхней железорудной подцветы образованы в более глубоководных условиях и представлены чередованием железослюдково-магнетитовых и силикатно-магнетитовых кварцитов. Макроцикл осадкообразования выражен слабее, улавливается только по симметричному положению обрамляющих толщу слабосудных карбонатных кварцитов [3]. На фоне крупных макроциклов в кварцитах обе-

их подцвет установлены более мелкие комплексы – мезоциклы осадкообразования.

REE определялись методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP MS) в лаборатории ИГЕМ РАН. При изучении особенностей распределения REE рассмотрены: графики распределения редких земель, нормированные к глинам платформ [1]; ΣREE ; La/Yb – мера соотношения легких и тяжелых REE, которая для осадочных пород может выступать индикатором положения осадка на первоначальном профиле седиментации [5, 6]; Eu/Eu* – показатель влияния глубинного вещества, поступающего как за счет флюидов и гидротерм, так и продуктов выветривания пород основного состава суши [1, 5]; Ce/Ce* – показатель климата [6].

Среднее содержание ΣREE для кварцитов нижней подцветы – 28.25 г/т, что близко к среднему содержанию ΣREE в железистых кварцитах (28 г/т) [1]. Отмечается снижение вверх по разрезу ΣREE (уменьшение количества поступающего вещества с области сноса) и La/Yb, обусловленное возрастанием роли растворимого комплекса REE, обогащенного тяжелыми лантаноидами по сравнению со взвесью, в которой преобладают легкие REE (табл. 1), что происходит при углублении морского бассейна (трансгрессивная фаза развития). Кварциты верхней подцветы имеют низкие значения ΣREE и La/Yb (табл. 1), что соответствует более глубоководным условиям осадкообразования. Для верхней подцветы прослеживается макроцикл седиментации, выражающийся в уменьшении ΣREE в центральной части разреза по сравнению с нижней и верхней частями. Характер распределения REE: взаимоотношение легких, средних и тяжелых лантаноидов (рис. 1, 2, 3) и геохимические отношения La/Sm, Ce/Sm, Yb/Sm, Y/Sm, отвечающие содержанию REE в морской воде на момент образования осадка [1], подтверждают более глубоководные условия седиментации кварцитов верхней подцветы по отношению к нижней (уменьшение средних значений La/Sm, Ce/Sm и увеличение Yb/Sm) (табл. 1).

Таблица 1. Содержание REE в железистых кварцитах (г/т) для нижней и верхней железорудных подсветит коробковской подсветит курской серии

Компонент	Нижняя железорудная подсветита										Верхняя железорудная подсветита							
	нижняя часть					средняя часть					верхняя часть							
	X-1//1	X-2//1	X-3//1	X-4//2	X-4//3	71-SH	72-SH	73-SH	74-SH	7	5	17	18	19	20	21	22	
La	3.0	13.0	2.1	16.0	8.7	3.7	5.8	9.8	1.0	2.7	2.0	3.3	1.3	1.2	1.4	2.6	2.2	
Ce	6.1	22.0	3.9	28.0	18.0	5.9	9.0	12.0	1.5	3.9	3.1	5.2	2.5	1.8	1.6	2.9	2.9	
Pr	0.65	2.2	0.46	3.0	2.0	0.59	1.0	1.3	0.18	0.47	0.35	0.55	0.32	0.19	0.15	0.3	0.24	
Nd	2.9	7.7	1.7	11.0	8.9	2.1	3.0	4.8	0.87	1.5	1.9	2.3	1.3	0.64	0.28	0.93	1.4	
Sm	0.54	1.1	0.32	2.0	1.9	0.33	0.54	0.63	0.06	0.32	0.39	0.39	0.21	0.14	0.12	0.38	0.32	
Eu	0.12	0.36	0.13	0.25	0.27	0.18	0.18	0.35	0.09	0.29	2.6	0.1	0.16	0.1	0.12	1.2	0.21	
Cd	0.72	1.3	0.26	2.2	2.6	0.39	0.61	0.83	0.28	0.57	0.47	0.63	0.35	0.31	0.05	0.58	0.36	
Tb	0.08	0.13	0.03	0.27	0.33	0.05	0.1	0.11	0.02	0.08	0.05	0.08	0.06	0.07	0.01	0.05	0.07	
Dy	0.41	0.58	0.25	1.3	1.8	0.25	0.53	0.7	0.21	0.45	0.27	0.61	0.37	0.37	0.18	0.37	0.12	
Ho	0.07	0.14	0.04	0.23	0.23	0.06	0.13	0.15	0.07	0.1	0.16	0.13	0.07	0.07	0.02	0.06	0.08	
Er	0.29	0.33	0.14	0.54	0.67	0.22	0.41	0.37	0.23	0.39	0.4	0.33	0.15	0.12	0.05	0.42	0.17	
Tm	0.03	0.04	0.03	0.08	0.11	0.03	0.06	0.06	0.02	0.05	0.06	0.07	0.08	0.03	0.03	0.04	0.03	
Yb	0.23	0.39	0.19	0.68	0.55	0.28	0.39	0.48	0.24	0.37	0.39	0.22	0.22	0.23	0.22	0.35	0.32	
Lu	0.05	0.06	0.02	0.08	0.08	0.05	0.09	0.08	0.04	0.06	0.1	0.04	0.04	0.08	0.01	0.04	0.04	
Y	2.6	2.9	2.0	8.4	5.9	2.4	4.4	4.8	2.0	4.5	2.8	3.3	2.7	2.9	1.2	3.2	2.3	
ΣREE	17.19	52.23	11.57	74.03	52.04	14.13	26.24	36.46	15.24	15.75	15.24	17.25	9.83	8.25	5.32	11.62	13.24	10.81
La/Yb	13.04	33.33	11.05	23.53	15.82	13.21	14.87	20.42	5.13	7.3	5.13	15	5.91	5.22	6.36	4.0	43.3	6.88
Eu/Eu*	0.71	1.11	1.59	0.44	0.45	1.84	1.15	1.79	1.94	2.51	1.94	0.65	1.88	1.49	4.21	13.68	6.72	1.96
Ce/Ce*	1.0	1.1	1.0	1.08	1.04	1.13	1.0	0.86	1.59	0.86	1.59	1.86	1.92	1.96	1.90	1.64	1.12	1.61
La/Sm	5.56	11.82	6.56	8.0	4.58	11.21	10.47	15.65	16.67	8.44	5.13	8.46	6.19	8.57	11.67	3.68	4.64	5.88
Ce/Sm	11.3	20.0	12.19	14.0	9.47	17.88	16.67	19.05	25.0	12.19	7.95	13.33	11.9	12.86	13.33	5.0	5.18	9.06
Yb/Sm	0.43	0.35	0.59	0.34	0.29	0.85	0.63	0.76	4.0	1.16	1.0	0.56	1.05	1.64	1.83	0.92	0.1	1.0
Y/Sm	4.81	2.64	6.25	4.2	3.11	7.27	8.15	7.62	33.33	14.06	7.18	8.46	12.86	2.07	10	8.42	2.68	7.18

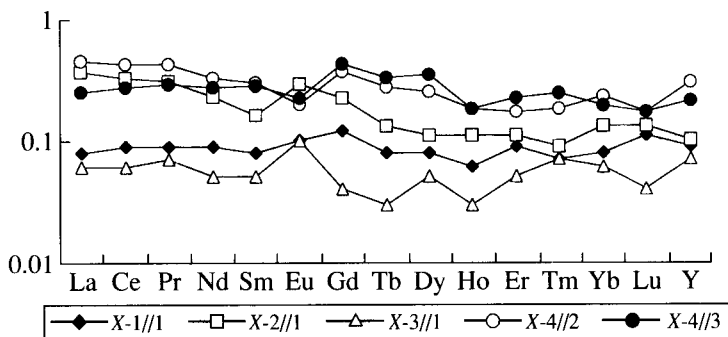


Рис. 1. Распределение REE в малорудных кварцитах нижней части нижней железорудной подсвиты.

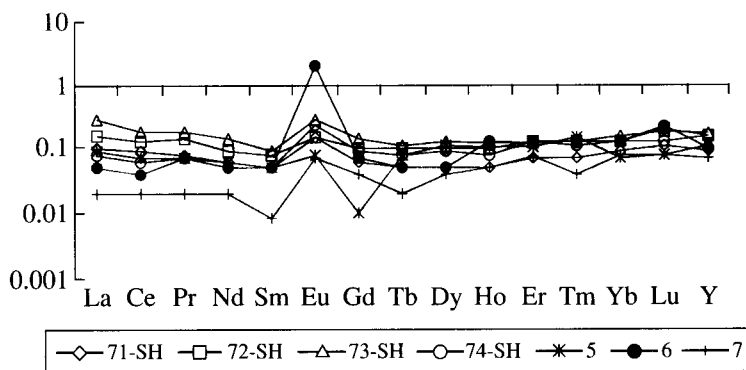


Рис. 2. Распределение REE в рудных кварцитах в средней и верхней частях нижней железорудной подсвиты.

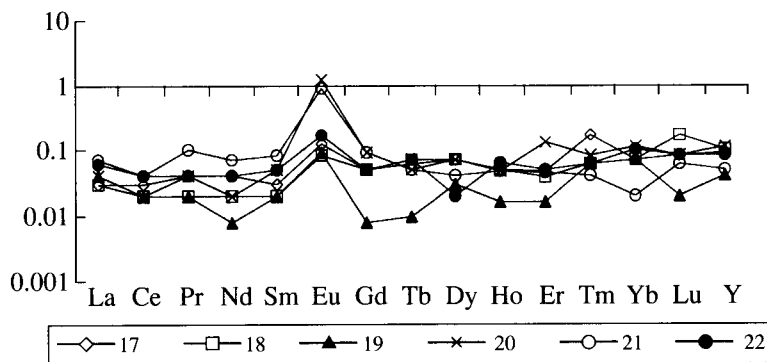


Рис. 3. Распределение REE в рудных кварцитах верхней железорудной подсвиты.

Средние значения Ce/Ce^* для нижней подсвиты 1.18, для верхней 1.69, что близко к отношению для межрудной и надрудной сланцевым подсвитам – 1.19 и 1.17 соответственно [5], и отвечают гумидному или близкому к нему семигумидному типу литогенеза. Близкий набор повышенных содержаний микроэлементов (Cr, Cu, Zn, Ge, As, Cd, Te, Bi) для подсвит подтверждает одинаковый источник сноса вещества при процессах выветривания с континента.

Прослеживается связь между углублением бассейна седиментации, уменьшением ΣREE и увеличением Eu/Eu^* . Для кварцитов верхней под-

свиты характерны более высокие значения Eu/Eu^* (см. табл. 1), что может быть связано как с усилением процессов метасоматоза в условиях повышения проницаемости коры в более глубоководных частях морского бассейна, так и с возможными проявлениями гидротермальной деятельности (один из возможных источников железа в рудной формации) [7, 10]. Отмечается близость значений Eu/Eu^* в наиболее глубоководных по условиям образования кварцитах железослюдково-магнетитового состава с содержаниями Eu/Eu^* в современных металлоносных осадках океана, обогащенных железом, образование которых происхо-

дит за счет вещества глубоководных гидротермальных источников [2, 4, 10].

В заключение можно сделать следующие выводы: на основании характера распределения REE и геохимических отношений подтверждены палеофациальные условия образования железистых кварцитов – верхняя подсвета образована в более глубоководных фациальных обстановках по сравнению с нижней; образование железистых кварцитов происходило в условиях гумидного литогенеза; при анализе распределения REE прослеживаются макроциклы осадкообразования; подтверждается возможность применения REE для фациального анализа как для первично терригенных, так и коллоидно-хемогенных типов осадков.

Работа выполнена при поддержке федеральной президентской программы “Интеграция”, проект КО–335.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Балашов Ю.А.* Геохимия редкоземельных элементов. М.: Наука, 1976. 267 с.
2. *Бутузова Г.Ю.* Гидротермальное осадочное рудообразование в рифтовой зоне Красного моря. М.: Геос, 1998. 311 с.
3. *Полищук В.А., Голивкин Н.И., Зайцев Ю.С. и др.* Геология, гидрогеология и железные руды бассейна Курской магнитной аномалии. М.: Недра, 1970. Т. 1. Кн. 1. 439 с.
4. *Гурвич Е.Г.* Металлоносные осадки Мирового океана. М.: Науч. мир, 1998. 340 с.
5. *Зеленская А.Н., Шатров В.А., Сиротин В.И.* // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. 1999. № 7. С. 39–44.
6. *Зеленская А.Н., Шатров В.А., Войцеховский Г.В.* // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. 1999. № 8. С. 38–45.
7. *Оникиенко Л.А.* Газотермальные и гидротермально-осадочные метаморфизованные железные руды железисто-кремнистых формаций докембрия. Автореф. дис. ... докт. геол.-минералог. наук. М.: МГГРА, 2001. 19 с.
8. *Плаксенко Н.А.* Главнейшие закономерности железорудного осадконакопления в докембрии. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1966. 264 с.
9. *Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М.* Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.
10. *Холодов В.Н., Бутузова Г.Ю.* // Литология и полез. ископаемые, 2001. № 4. С. 339–352.