

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГЕОЛОГО- МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 550.4:549:553.3/4

НЕКОТОРЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РУД КАМЫШ- БУРУНСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (КРЫМ) SOME GEOCHEMICAL PECULIARITIES OF ORES KAMYSH-BURUN IRON DEPOSIT (CRIMEA)

Гусев Анатолий Иванович

профессор кафедры естественно-научных дисциплин «Алтайский
государственный гуманитарно-педагогический университет», г. Бийск

Gusev Anatoliy Ivanovich

Shukshin Altai State University for Humanities and Pedagogy

anzerger@mail.ru

Алексееенко Анна Александровна

научный сотрудник лаборатории «Петрология и металлогения золота»,
«Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет» г.

Бийск

Alekseenko Anna Aleksandrovna

Shukshin Altai State University for Humanities and Pedagogy

Кончакова Софья Ярославна

научный сотрудник лаборатории «Петрология и металлогения золота, ФГБОУ
ВО «Алтайский государственный гуманитарно- педагогический университет» г.

Бийск

Konchakova Sof'ya Yaroslavna

Shukshin Altai State University for Humanities and Pedagogy

sofiakonchakova13@icloud.com

Аннотация. Железные руды месторождения Камыш-Бурун в различной степени обогащены редкими землями. Наиболее высокие концентрации характерны для «икряных» руд, которые формировались в условиях повышенной кислотности среды. Они могут извлекаться селективно из руд.

Abstract. Iron ores of Kamysh-Burun deposit enriched in different degree by rare earth elements. More high concentrations of earth elements characterize to “hard roe” ores that is formed in conditions of high acidic environment. They can to extract selective from ores.

Ключевые слова: Крым, осадочные железные руды, «икряные» руды, редкие земли.

Key words: Crimea, sedimentary iron ores, “hard roe” ores, rare earth elements.

Постановка проблемы

Комплексное извлечение компонентов из руд является актуальной проблемой современности. Керченские железные руды, помимо главного компонента железа, содержат в значительных концентрациях редкоземельные элементы [1], которые отнесены к стратегическим металлам.

Цель исследования – изучить геохимические особенности коричневых и «икряных» руд месторождения с точки зрения возможного извлечения редких земель.

Аналитические методы исследований. Химический состав руд исследован методом LAICP-MS с использованием масс-спектрометра ELEMENT фирмы

FinninganMat в комплексе с лазерной приставкой UP-213, Nd:YAG фирмы New Wave Research (в Лаборатории ИМГРЭ, г. Москва).

Результаты исследований

По комплексу признаков промышленные руды Камыш-Бурунского месторождения подразделяют на табачные, коричневые и икряные. Карбонатные руды (сидеритовые и родохрозитовые) относятся к категории бедных. Горизонты табачных руд залегают в основании рудных пластов. Они рассматриваются как коллоидные осадки, сформированные в неглубоких застойных лагунах, где отсутствовали придонные течения и вертикальная циркуляция вод. Коричневые руды преобладают в краевых частях мульд и представляют собой продукты окисления табачных руд. При окислении ферросапонита возникал агрегат Fe^{3+} -содержащего диоктаэдрического смектита и Fe^{3+} -(окси)гидрооксидов. Пачки Fe^{3+} -(окси)гидроксидных «икряных» руд залегают в верхах рудной толщи и всегда располагаются в северо-восточных оконечностях мульд. «Икряные» руды рассматриваются как пляжные фации, сформированные на песчаных отмелях или в зоне действия нагонных волн, и интерпретируются как продукты перемыва и переотложения сформированного ранее материала рудных пачек. Детальное описание керченских руд приведено в работах [3, 4]. Нами исследованы преобладающие на месторождении коричневые и «икряные» руды. При этом, отдельно проанализированы валовые пробы, грубые фракции (более 0,25 мм) и тонкие – (менее 0,25 мм), результаты которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Состав «икряных» и коричневых руд Камыш-Бурунского месторождения
(оксиды – в %, элементы – в г/т)

Компоненты	«Икряные» руды				Коричневые руды			
	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO_2	13,4	13,1	26,5	27,3	18,9	11,9	24,6	25,0
TiO_2	0,19	0,19	0,33	0,35	0,17	0,16	0,24	0,18
Al_2O_3	3,9	4,4	7,1	7,0	4,0	3,96	6,26	5,9
Fe_2O_3	55,5	59,9	42,31	43,1	53,55	58,6	41,55	42,6
MnO	3,6	2,3	5,2	5,4	1,7	2,6	2,6	2,45
MgO	0,35	0,37	0,54	0,6	0,8	0,79	1,05	1,14

CaO	1,35	1,3	1,8	1,9	2,5	1,9	2,02	2,1
Na ₂ O	0,4	0,06	0,06	0,07	0,75	0,7	1,21	1,24
K ₂ O	0,44	0,5	0,94	0,95	0,35	0,28	0,55	0,5
P ₂ O ₅	1,0	2,1	1,45	1,47	2,4	2,5	1,6	1,7
SO ₃	3,11	1,8	1,14	1,2	0,2	0,33	0,75	0,77
П.п.п.	13,3	10,2	9,5	8,4	13,8	15,88	16,15	16,2
Сумма	99,8	99,6	98,9	99,8	99,12	99,6	98,58	99,78
Co	35,1	36,2	38,3	38,2	40,1	41,5	42,7	42,9
V	555,6	595,6	501,2	510,4	290,2	315,1	202,9	205,5
As	1180	1226,2	950,6	964,1	610,4	707,3	425,1	421,9
Sr	770	360,1	440,9	445,1	74,8	78,5	99,4	98,6
Zr	46,2	49,4	96,5	95,2	46,3	50,1	72,4	71,3
Th	3,95	3,8	14,6	13,8	5,5	6,4	17,3	17,0
Y	106,7	111,1	182,8	190,2	51,2	50,7	72,3	73,5
La	118,7	125,6	417,1	420,3	73,2	73,7	155,0	158,5
Ce	212,8	223,1	812,9	814,2	142,8	142,0	315,1	320,1
Pr	28,2	30,2	119,1	120,1	20,9	21,62	48,8	50,2
Nd	138,65	148,1	489,2	490,1	85,6	88,35	196,1	201,5
Sm	25,11	26,1	94,9	95,3	18,7	18,6	42,6	43,2
Eu	9,3	6,6	21,8	22,1	4,3	4,5	9,45	9,5
Gd	25,4	27,2	91,4	93,2	18,52	19,26	38,8	39,1
Tb	3,55	3,75	9,14	9,2	2,48	2,6	4,6	4,8
Dy	19,95	22,1	49,2	50,1	14,4	15,4	26,2	27,5
Ho	3,78	4,16	6,8	7,0	2,62	2,8	4,2	4,3
Er	11,9	12,1	18,3	18,6	8,1	8,1	11,3	12,3
Tm	1,35	1,5	1,95	2,0	0,97	1,2	1,35	1,43
Yb	7,9	8,9	10,8	11,3	5,7	6,12	7,6	8,2
Lu	1,1	1,22	1,35	1,42	0,75	0,85	0,9	0,92
ΣREE	607,7	640,6	2143,9	2144,3	399,04	405,1	862,1	881,6
(La/Yb) _N	10,2	9,58	26,2	25,2	8,7	8,2	13,9	13,1
Eu/Eu*	1,11	0,75	0,703	0,72	0,69	0,71	0,7	0,69
TE _{1,3}	0,89	0,86	0,97	0,94	0,94	0,95	0,96	0,97

Примечание. TE_{1,3} – ТЭФ РЗЭ (среднее между первой и третьей тетрадами) по В. Ирбер [5]; Eu*=(Sm_N+Gd_N)/2. ΣREE - сумма редких земель. Значения редкоземельных элементов (РЗЭ) нормированы относительно хондрита C1 [6]. 1 и 5 – валовые пробы, 2 и 6 – грубые фракции, 3 и 4 и 7, 8 – тонкие фракции.

Анализ таблицы показывает значительные различия по концентрациям и главных компонентов и элементов-примесей в пробах. Наибольшие содержания и отдельных редких земель (La, Ce, Pr, Nd) и суммы редких земель фиксируется в «икряных» рудах. Спектры распределения редких земель дифференцированы по сравниваемым типам руд и на спайдер-диаграммах (рис. 1).

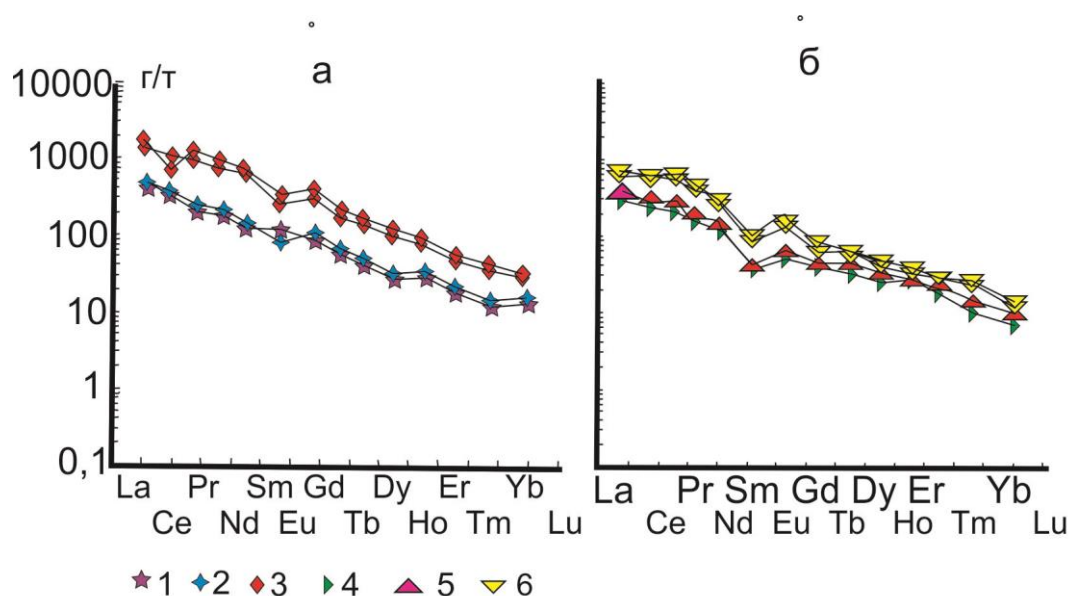


Рис. 1. Спайдер-диаграммы распределения редких земель в рудах

а- «икряные», б – коричневые. «Икряные» руды: 1-валовая проба, 2- грубая фракция, 3- тонкая фракция; Коричневые руды: 4- валовая проба, 5- грубая фракция, 6- тонкая фракция.

В «икряных» рудах проявлен тетрадный эффект фракционирования РЗЭ W- типа (граничное значение $TE_{1,3}$ менее 0,9), что указывает на активность аква- и CO_2 – комплексов при формировании их. Для коричневых руд чётко обозначился европиевый минимум, а для «икряных» руд он не проявлен, или слабо просматривается.

Фундаментальная проблема выявления физико-химических параметров кристаллизации минералов имеет важнейшее значение для выяснения генезиса геологических образований. К числу таких параметров относится характеристика кислотно-основных параметров среды кристаллизации минералов, выявляемому по условному потенциалу ионизации [2] и в частности минеральных фаз, слагающих разные типы руд Камыш-Бурунского месторождения (Fe^{2+} триоктаэдрического смектита – табачные руды, Fe^{3+} диоктаэдрического смектита – коричневых руд: Fe^{3+} (окси)гидрооксида «икряных руд).

По составу главных минеральных образований в рудах от табачных к коричневым и «икряным» происходит увеличение значений условного

потенциала ионизации, соответственно: 192,4, 215,2 и 219,6, что указывает на повышение кислотности среды. Следовательно, наиболее высокие концентрации редких земель, и особенно лёгких (La, Ce, Pr, Nd) характерны для кислотной среды осадконакопления, в которой формировались «икряные» руды Камыш-Бурунского месторождения, а также в условиях значительной активности и насыщенности аква- и CO_2 – комплексами водного бассейна.

Заключение

Высокие концентрации легких редких земель, востребованных в наиболее продвинутых высоких технологиях, могут быть предметом извлечения из «икряных» руд месторождения Камыш-Бурун. «Икряные» руды формировались в условиях повышенной кислотной среды, при значительной активности аква- и CO_2 – комплексов в одном бассейне.

Список литературы

1. Гусев А.И., Шевченко А.С. Геохимические особенности редкоземельных элементов в карбонатах Камыш-Бурунского месторождения / Национальная научно-практическая конференция «Наука, образование, молодёжь: горизонты развития», 2022.-С. 123-128.
2. Жариков В.А. Кислотно-основные характеристики минералов // Геология рудных месторождений. 1967. №5. С. 75-89.
3. Шнюков Е. Ф. Генезис киммерийских железных руд Азово-Черноморской рудной провинции. – Киев : Наукова думка, 1965. – 194 с.
4. Chukanov N. V. Minerals of the Kerch iron-ore basin in Eastern Crimea // Mineralogical Almanac Association Ecost. – 2005. – 112 p.
5. Irber W. The lanthanide tetrad effect and its correlation with K/Rb, Eu/Eu*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites // Geochim Comochim Acta. 1999. V.63. №3/4. P. 489-508.
6. Mc Donough W.F., Sun S. The composition of the Earth. // Chem. Geol., 1995. – V. 120. – P., 223-253.