

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНЦЕНТРАЦИИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДОМ МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ЗНАЧЕНИЯХ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Филиппенко И.В.

ОсОО «Информационно-Исследовательский Центр», Кыргызстан

В статье описаны исследования по магнитной сепарации редкоземельных элементов из песка, собранного на северном побережье озера Иссык-Куль Кыргызстана (с. Бостерн). Рассмотрено распределение элементов по классам крупности и магнитным классам.

The article describes investigations on magnetic separation of rare-earth bearing sands collected on the northern shores of the Issyk-Kul lake (Bostery, Kyrgyzstan). A distribution of elements against magnetic classes and grain size has been considered.

Интерес к редкоземельным металлам растет с каждым годом. Они занимают особое и важное место в нашей жизни. Это стало особенно заметно во время бурного развития промышленности в индустриальную эпоху XX века. Тенденция развития рынка редкоземельных металлов сохраняется и в XXI веке. Потребность промышленности к химическим соединениям на их основе еще долго будет только расти.

Редкоземельные элементы довольно распространены, но их концентрация невысока. Поэтому процесс обогащения является очень важной частью производства. Чаще всего обогащение руды, содержащей редкоземельные элементы, производится по флотационной схеме.

В настоящем исследовании была изучена возможность электромагнитной сепарации материала при повышенных значениях напряженности магнитного поля.

Магнитное обогащение минерального сырья один из самых экологичных методов переработки руды. А тема экологической безопасности является довольно актуальной в современном мире.

В основном магнитная сепарация применяется при переработке железных руд. Этот вид обогащения редко применяется при переработке руды, содержащей редкоземельные элементы, т.к. она в основном слабомагнитная.[2]

Но при исследовании возможности электромагнитной сепарации песка, собранного на побережье озера Иссык-Куль Кыргызстана, было выявлено, что при определенном токе, подаваемом на магнитную катушку сепаратора, происходит отделение фракции, содержащей большое количество железа.

Исследования проводились на магнитном сепараторе Qutotec Laboratory High Intensity Induced Roll Magnetic Separator.

Задачей настоящего исследования было изучение распределения редкоземельных элементов по фракциям при дальнейшем увеличении магнитного поля в сепараторе.

Изменение магнитного поля в магнитном сепараторе Qutotec происходит путем изменения входного тока магнитной катушки. Зависимость магнитного поля от тока на катушке показана на рис. 1. По горизонтали указан процент тока

возбуждения от максимально возможного (3 А). По вертикали указано магнитное поле в зазоре сепаратора (поле указано в килоГауссах). На рисунке приведено 2 графика в зависимости от размера зазора.

Испытания проводились в диапазоне ток катушки от 0,45 до 1,80 А, что соответствует диапазону напряженности магнитного поля от 0,5 до 1,8Тл.

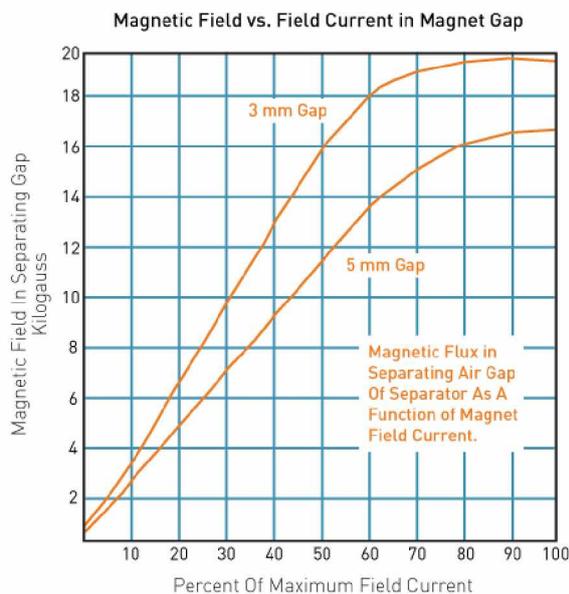


Рис.1

Исходным продуктом был песок, из которого в процессе магнитной сепарации при значении тока возбуждения магнитной катушки 0,30 А была извлечена фракция, содержащая 85 % всего железа и около 30 % всего циркония(результаты исследований на малых значения магнитного поля представлены в нашей работе[1]).

Материал был разделен по классам крупности. Затем каждый класс крупности был разделен по магнитным фракциям.

Анализ на содержание элементов производился рентгенофлуорисцентным методом на энергодисперсионном спектрометре ARLQUANT'X.

В таблицах приведены результаты анализа элементов и их распределение в граммах по магнитным классам.

Рассев < 0,212. Результаты анализа элементов, %.

Таблица 1

Ток возбуждения магнитной катушки, А	Выход	Ti	Fe	Zr	Nb	Y	La	Ce	Pr	Nd
	г	%	%	%	%	%	%	%	%	%
0,45	19	10,53	39,47	0,22	0,003	0,02	0,02	0,04	0,00	0,04
0,75	17,2	12,35	32,53	0,23	0,011	0,02	0,03	0,06	0,01	0,03
0,90	15	13,59	27,58	0,25	0,018	0,03	0,04	0,08	0,01	0,04
1,00	13,6	12,67	22,87	0,28	0,026	0,03	0,06	0,13	0,02	0,07
1,25	9,2	11,74	19,79	0,30	0,030	0,04	0,08	0,16	0,02	0,08
1,50	5,5	8,50	17,27	0,31	0,029	0,04	0,11	0,20	0,02	0,08
1,80	7,9	4,13	14,74	0,30	0,023	0,05	0,16	0,28	0,03	0,12
хвосты	196,8	4,38	2,83	1,33	0,032	0,06	0,16	0,26	0,04	0,17

Рассев < 0,212. Распределение элементов по магнитным классам, г.

Таблица 2

Ток возбуждения магнитной катушки, А	Выход	Ti	Fe	Zr	Nb	Y	La	Ce	Pr	Nd
	г	г	г	г	г	г	г	г	г	г
0,45	19	2,002	7,499	0,042	0,000	0,003	0,003	0,008	0,000	0,007
0,75	17,2	2,124	5,594	0,040	0,002	0,004	0,004	0,011	0,001	0,005
0,90	15	2,039	4,137	0,037	0,003	0,004	0,005	0,011	0,001	0,005
1,00	13,6	1,723	3,111	0,038	0,003	0,004	0,008	0,017	0,003	0,010
1,25	9,2	1,080	1,821	0,028	0,003	0,003	0,008	0,015	0,002	0,007
1,50	5,5	0,467	0,950	0,017	0,002	0,002	0,006	0,011	0,001	0,004
1,80	7,9	0,326	1,165	0,023	0,002	0,004	0,012	0,022	0,003	0,009
хвосты	196,8	8,614	5,564	2,609	0,063	0,120	0,323	0,521	0,072	0,331

Рассев < 0,300. Результаты анализа элементов, %.

Таблица 3

Ток возбуждения магнитной катушки, А	Выход	Ti	Fe	Zr	Nb	Y	La	Ce	Pr	Nd
	г	%	%	%	%	%	%	%	%	%
0,45	42	6,70	32,37	0,12	0,01	0,04	0,05	0,13	0,02	0,07
0,75	20,4	7,76	24,01	0,11	0,02	0,04	0,06	0,14	0,02	0,07
0,90	15	6,84	16,10	0,09	0,03	0,04	0,07	0,18	0,02	0,09
1,00	9,1	6,14	12,34	0,07	0,03	0,04	0,08	0,18	0,02	0,09
1,25	9,9	5,52	12,07	0,07	0,03	0,04	0,08	0,17	0,02	0,08
1,50	11,8	3,55	10,91	0,06	0,02	0,04	0,08	0,18	0,02	0,08
1,80	10,5	2,37	10,94	0,05	0,02	0,04	0,10	0,19	0,03	0,08
хвосты	751,9	0,61	1,83	0,02	0,01	0,02	0,03	0,07	0,01	0,03

Рассев < 0,300. Распределение элементов по магнитным классам, г.

Таблица 4

Ток возбуждения магнитной катушки, А	Выход	Ti	Fe	Zr	Nb	Y	La	Ce	Pr	Nd
	г	г	г	г	г	г	г	г	г	г
0,45	42	2,813	13,595	0,052	0,003	0,016	0,023	0,056	0,007	0,030
0,75	20,4	1,584	4,899	0,023	0,004	0,008	0,012	0,028	0,003	0,015
0,90	15	1,025	2,415	0,013	0,004	0,006	0,011	0,026	0,004	0,013
1,00	9,1	0,558	1,123	0,007	0,003	0,004	0,007	0,016	0,002	0,008
1,25	9,9	0,547	1,195	0,007	0,003	0,004	0,008	0,017	0,002	0,008
1,50	11,8	0,418	1,287	0,006	0,003	0,004	0,010	0,021	0,003	0,010
1,80	10,5	0,249	1,148	0,005	0,002	0,004	0,010	0,020	0,003	0,009
хвосты	751,9	4,594	13,779	0,154	0,075	0,143	0,244	0,556	0,060	0,244

Рассев > 0,300. Результаты анализа элементов, %.

Таблица 5

Ток возбуждения магнитной катушки, А	Выход	Ti	Fe	Zr	Nb	Y	La	Ce	Pr	Nd
	г	%	%	%	%	%	%	%	%	%
0,45	47,4	1,52	7,79	0,07	0,010	0,02	0,05	0,10	0,014	0,047
0,75	22,1	1,93	8,17	0,15	0,012	0,02	0,05	0,11	0,017	0,044
0,90	15,5	1,52	5,76	0,04	0,013	0,02	0,04	0,09	0,008	0,037
1,00	14,1	1,13	4,35	0,03	0,010	0,02	0,04	0,07	0,008	0,029
1,25	12,5	1,30	4,62	0,03	0,011	0,02	0,03	0,07	0,006	0,027
1,50	13,8	1,13	4,55	0,03	0,010	0,02	0,04	0,08	0,011	0,026
1,80	13,4	0,89	4,38	0,03	0,009	0,01	0,04	0,08	0,007	0,024
хвосты	1454,1	0,18	1,05	0,01	0,003	0,01	0,01	0,02	0,003	0,008

Рассев > 0,300. Распределение элементов по магнитным классам, г.

Таблица 6

Ток возбуждения магнитной катушки, А	Выход	Ti	Fe	Zr	Nb	Y	La	Ce	Pr	Nd
	г	г	г	г	г	г	г	г	г	г
0,45	47,4	0,719	3,693	0,034	0,005	0,010	0,022	0,046	0,006	0,022
0,75	22,1	0,428	1,805	0,032	0,003	0,005	0,012	0,024	0,004	0,010

0,90	15,5	0,236	0,893	0,006	0,002	0,003	0,006	0,014	0,001	0,006
1,00	14,1	0,159	0,613	0,004	0,001	0,002	0,005	0,010	0,001	0,004
1,25	12,5	0,162	0,578	0,004	0,001	0,002	0,004	0,009	0,001	0,003
1,50	13,8	0,156	0,628	0,004	0,001	0,002	0,005	0,011	0,001	0,004
1,80	13,4	0,120	0,587	0,004	0,001	0,002	0,005	0,010	0,001	0,003
хвосты	1454,1	2,581	15,283	0,131	0,036	0,073	0,116	0,269	0,044	0,116

На рисунках 2, 3 и 4 приведены гистограммы распределения относительного содержания элементов по магнитным фракциям.

Следует отметить, что картина распределения РЗЭ несколько отличается от

элемента к элементу в связи с погрешностью анализа на содержаниях, близких к нижнему пределу определения (в особенности для хвостов).

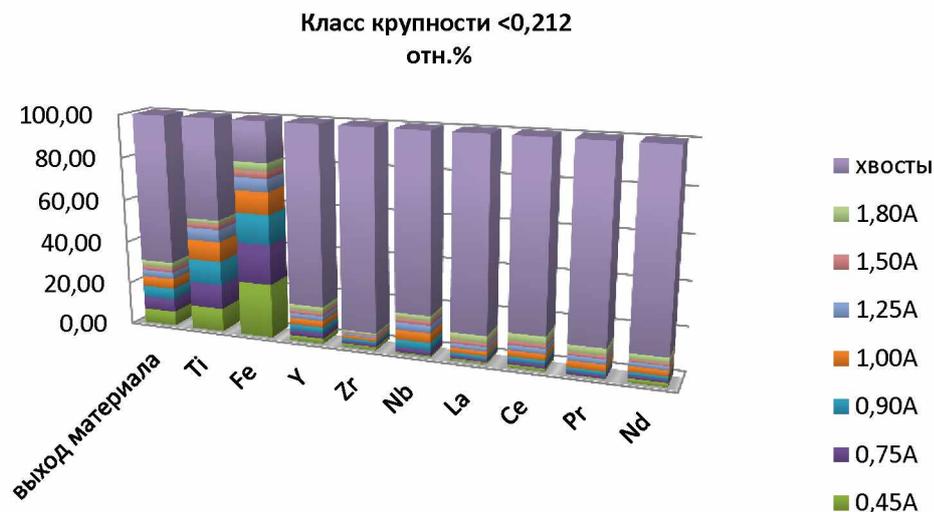


Рис.2

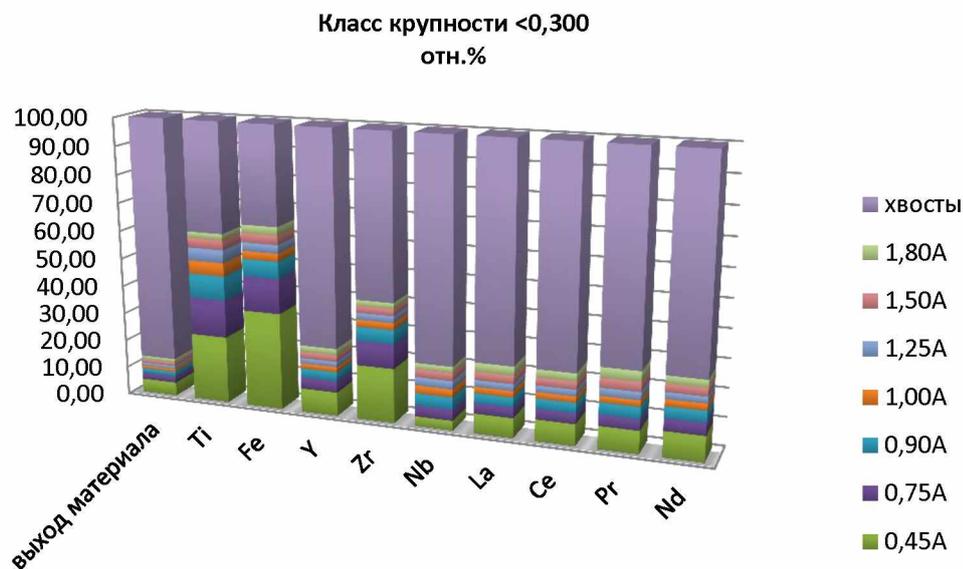


Рис.3

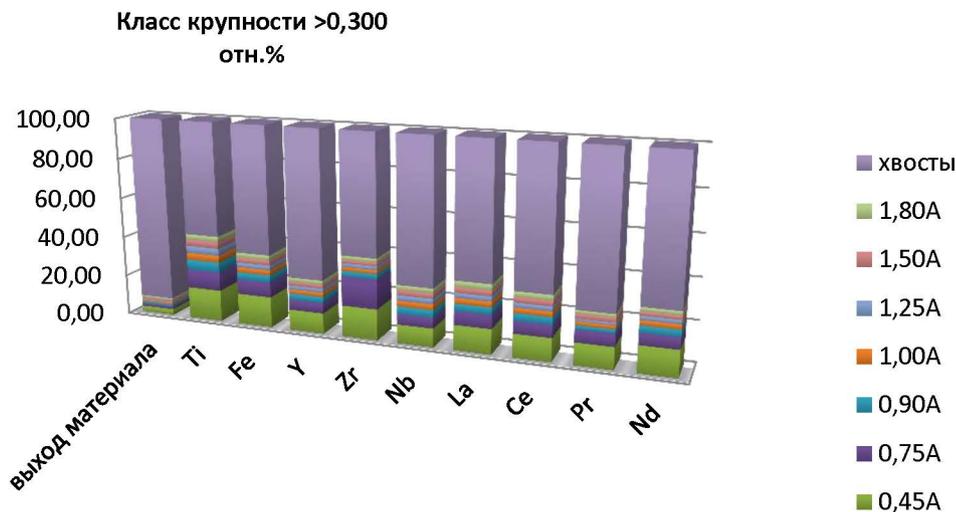


Рис.4

Из результатов видно, что на этой стадии исследования происходит дальнейшее извлечение железа и титана из материала. При этом переход редкоземельных элементов в магнитные фракции незначителен.

Более высокие показатели по извлечению железа происходит в самой мелкой фракции <0,212, а самые низкие в крупной >0,300. При этом крупная фракция составляет большую часть материала. Визуально заметно, что отдельные частицы материала такой крупности неоднородны по составу. Для более полного разделения минералов, а, следовательно, и улучшения показателей извлечения железа, необходимо весь материал доизмельчить до крупности <0,212 и повторить процесс магнитной сепарации.

Полученные результаты также показывают, что в более крупном материале в магнитные фракции уходит почти четвертая часть редкоземельных элементов. Результаты по самой мелкой фракции (Табл. 1 и 2, а также Рис. 2) позволяют надеяться, что доизмельчение материала позволит снизить потери РЗЭ с магнитными фракциями.

Отсюда следует, что для определения наилучших показателей по отделению железа и уменьшению содержания редкоземельных элементов в магнитных фракциях необходимо продолжить исследования. Для этого следует доизмельчить весь материал до класса крупности <0,212, при этом не допуская переизмельчения, и повторить испытания при тех же значениях тока возбуждения магнитной катушки.

Литература:

1. Филиппенко И.В. Исследование эффективности концентрации редкоземельных элементов методом магнитной сепарации. В сборнике материалов международной конференции «Современное состояние и перспективы развития горнодобывающей отрасли», 2014.
2. Остапенко П.Е., Петров И.М. О применении магнитной сепарации для обогащения редкометалльных руд. Цвет, металлы, 1989, № 6.