

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНЦЕНТРАЦИИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДОМ МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ ПРИ ДОИЗМЕЛЬЧЕНИИ ИСХОДНОГО ПЕСКА СЕВЕРНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОЗЕРА ИССЫК-КУЛЬ

Филиппенко И.В.

ОсОО «Информационно-Исследовательский Центр», Бишкек, Кыргызстан

Аннотация: В статье описаны исследования по магнитной сепарации редкоземельных элементов из песка, собранного на северном побережье озера Иссык-Куль Кыргызстана (с. Бостери). В песке, доизмельченном до класса крупности $<0,212$, рассмотрено распределение элементов по магнитным классам.

Ключевые слова: глинозем, кремнезем, щелочь, магнитная сепарация, редкоземельный элемент.

STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF THE CONCENTRATION OF RARE EARTH ELEMENTS BY MAGNETIC SEPARATION WHEN COSMELENIA THE ORIGINAL SAND OF THE NORTHERN SHORE OF LAKE ISSYK-KUL

Filippenko I.V.

Information And Research Center LLC, Bishkek, Kyrgyzstan, ekr.info@gmail.com

Abstract: 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 in sands milled to -0.212mm .

Key words: alumina, silica, alkali, magnetic separation, rare earth element.

Исследования, описанные в данной статье, являются продолжением исследований эффективности обогащения редкоземельных элементов методом магнитной сепарации. Объектом исследований является песок, собранный на побережье озера Иссык-Куль в с.Бостери. Исследования проводились на магнитном сепараторе Qutotec Laboratory HighIntensity Induced Roll Magnetic Separator. Анализы на содержание элементов проводились рентген флуоресцентным методом на энергодисперсионном спектрометре QUANT'X.

На предыдущих этапах исследования были определены оптимальные значения токов, подаваемых на магнитную катушку сепаратора, при которых происходит максимальное отделение фракции, содержащей железо. Затем был произведен опыт по изучению распределения редкоземельных элементов по фракциям при увеличении магнитного поля в сепараторе [1].

Но все эти исследования проводились на исходном песке, разделенном по классам крупности.

Опыты показали, что наиболее высокие показатели по извлечению железа, происходят во фракции $<0,212$. Но самая крупная фракция составляла большую часть материала. Визуально было заметно, что отдельные частицы материала такой крупности неоднородны по составу. Для более полного разделения минералов, а, следовательно, и улучшения показателей извлечения железа, было принято решение продолжить исследования. А именно, весь материал доизмельчить до крупности $<0,212$ и повторить процесс магнитной сепарации при тех же значениях тока возбуждения магнитной катушки, что представлено в предыдущей статье [2].

Весь материал был доизмельчен до класса крупности $<0,212$ и разделен по магнитным фракциям.

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.

В таблице 1 приведены результаты анализа элементов, а в таблице 2 их распределение по магнитным классам в граммах.

Распределение элементов по магнитным фракциям. Результаты анализа, %

Таблица 1

Ток возбуждения магнитной катушки, А	Выход, гр	Ti	Fe	Y	Zr	Nb	La	Ce	Pr	Nd
		%	%	%	%	%	%	%	%	%
Исходный материал	1065	1,386	13,519	0,014	0,102	0,011	0,025	0,055	0,001	0,025
0,45	607,2	2,051	22,537	0,015	0,121	0,012	0,022	0,054	0,012	0,031
0,75	37	1,031	4,968	0,012	0,082	0,010	0,029	0,056	0,005	0,030
0,90	97,3	0,974	3,477	0,014	0,078	0,011	0,028	0,062	0,008	0,029
1,00	70,1	0,972	3,284	0,012	0,084	0,010	0,024	0,058	0,007	0,026
1,25	31,4	1,150	3,754	0,014	0,105	0,013	0,03	0,064	0,007	0,039
1,50	30,9	1,512	4,360	0,016	0,117	0,014	0,040	0,077	0,013	0,042
1,80	33,6	1,040	3,555	0,014	0,086	0,012	0,030	0,067	0,010	0,034
хвосты	155,9	1,419	3,380	0,019	0,138	0,015	0,034	0,080	0,013	0,040

Распределение элементов по магнитным фракциям, гр.

Таблица 2

Ток возбуждения магнитной катушки, А	Выход, гр	Ti	Fe	Y	Zr	Nb	La	Ce	Pr	Nd
		гр	гр	гр	гр	гр	гр	гр	гр	гр
Исходный материал	1065	14,761	143,977	0,1491	1,086	0,1118	0,2663	0,586	0,0107	0,266
0,45	607,2	12,454	136,845	0,0911	0,735	0,0729	0,1336	0,328	0,0729	0,188
0,75	37	0,381	1,838	0,0043	0,030	0,0037	0,0107	0,021	0,0019	0,011
0,90	97,3	0,947	3,383	0,0131	0,076	0,0102	0,0268	0,060	0,0078	0,028
1,00	70,1	0,681	2,302	0,0084	0,059	0,0070	0,0171	0,040	0,0046	0,018
1,25	31,4	0,361	1,179	0,0044	0,033	0,0041	0,0094	0,020	0,0020	0,012
1,50	30,9	0,467	1,347	0,0049	0,036	0,0042	0,0124	0,024	0,0040	0,013
1,80	33,6	0,349	1,194	0,0047	0,029	0,0039	0,0101	0,022	0,0034	0,011
хвосты	155,9	2,211	5,269	0,0288	0,215	0,0226	0,0522	0,124	0,0195	0,062

Из результатов видно, что редкоземельные элементы не концентрируются в каком-либо одном магнитном классе, а распределяются почти равномерно по всем классам. Большая часть железа, как и в предыдущих исследованиях, сепарируется при значении тока возбуждения катушки 0,45 А.

Но доизмельчение материала не снизило потери редкоземельных элементов в магнитных фракциях, как это ожидалось.

Для того, чтобы проверить не происходит ли со захват редкоземельных элементов при магнитной сепарации, были исследовано распределение по классам крупности в каждой магнитной фракции [3].

Для этого каждая магнитная фракция была разделена по классам крупности и проанализирована.

В таблицах 3-10 приведены результаты анализа элементов по классам крупности, а в таблицах 11-18 распределение по классам крупности в граммах.

Немагнитная фракция. Распределение элементов по классам крупности. Результаты анализа

Таблица 3

Классы крупности	Выход, гр	Ti	Fe	Y	Zr	Nb	La	Ce	Pr	Nd
		%	%	%	%	%	%	%	%	%
<0,045	9,2	0,779	3,360	0,012	0,058	0,008	0,021	0,042	0,005	0,017
>0,045	10,3	0,647	2,505	0,015	0,056	0,008	0,018	0,042	0,006	0,022
>0,075	21,3	0,763	2,238	0,013	0,309	0,009	0,023	0,052	0,003	0,023
>0,125	114,6	1,688	3,423	0,022	0,135	0,018	0,044	0,101	0,008	0,050

Фракция 0,45А. Распределение элементов
по классам крупности. Результаты анализа.

Таблица 4

Классы крупности	Выход гр	Ti	Fe	Y	Zr	Nb	La	Ce	Pr	Nd
		%	%	%	%	%	%	%	%	%
<0,045	70,6	0,879	7,623	0,011	0,049	0,008	0,022	0,046	0,001	0,021
>0,045	68,6	0,906	7,183	0,011	0,042	0,008	0,018	0,043	0,003	0,028
>0,075	104,9	0,983	10,962	0,011	0,111	0,008	0,020	0,044	0,001	0,025
>0,125	362	2,886	30,215	0,013	0,064	0,011	0,022	0,045	0,003	0,023

Фракция 0,75А. Распределение элементов
по классам крупности. Результаты анализа.

Таблица 5

Классы крупности	Выход гр	Ti	Fe	Y	Zr	Nb	La	Ce	Pr	Nd
		%	%	%	%	%	%	%	%	%
<0,045	6,83	0,815	4,328	0,012	0,053	0,008	0,022	0,04	0,006	0,023
>0,045	5,82	0,730	3,031	0,011	0,041	0,008	0,017	0,04	0,001	0,020
>0,075	8,71	0,807	3,765	0,010	0,109	0,008	0,021	0,048	0,005	0,021
>0,125	15,17	1,586	8,163	0,016	0,062	0,014	0,028	0,065	0,008	0,036

Фракция 0,90А. Распределение элементов
по классам крупности. Результаты анализа.

Таблица 6

Классы крупности	Выход гр	Ti	Fe	Y	Zr	Nb	La	Ce	Pr	Nd
		%	%	%	%	%	%	%	%	%
<0,045	15,36	0,802	3,64	0,012	0,054	0,008	0,018	0,040	0,005	0,020
>0,045	13,36	0,724	2,514	0,011	0,041	0,008	0,019	0,041	0,004	0,024
>0,075	23	0,790	2,737	0,011	0,199	0,009	0,022	0,043	0,006	0,026
>0,125	45,02	1,569	4,117	0,018	0,057	0,015	0,035	0,077	0,012	0,043

Фракция 1,00А. Распределение элементов
по классам крупности. Результаты анализа.

Таблица 7

Классы крупности	Выход гр	Ti	Fe	Y	Zr	Nb	La	Ce	Pr	Nd
		%	%	%	%	%	%	%	%	%
<0,045	9,88	0,780	3,504	0,012	0,053	0,008	0,021	0,042	0,002	0,021
>0,045	8,13	0,824	2,573	0,011	0,051	0,009	0,018	0,044	0,001	0,016
>0,075	15,76	0,954	3,069	0,013	0,199	0,010	0,023	0,055	0,005	0,030
>0,125	35,79	1,376	3,802	0,015	0,049	0,013	0,029	0,073	0,009	0,043

Фракция 1,25А. Распределение элементов
по классам крупности. Результаты анализа.

Таблица 8

Классы крупности	Выход гр	Ti	Fe	Y	Zr	Nb	La	Ce	Pr	Nd
		%	%	%	%	%	%	%	%	%
<0,045	4,56	0,815	3,639	0,012	0,053	0,008	0,018	0,040	0,007	0,016
>0,045	3,58	0,626	2,224	0,01	0,037	0,008	0,016	0,035	0,003	0,016
>0,075	4,12	0,642	2,015	0,011	0,159	0,009	0,021	0,051	0,003	0,025
>0,125	15,26	1,821	4,824	0,017	0,077	0,015	0,038	0,083	0,014	0,041

Фракция 1,50А. Распределение элементов
по классам крупности. Результаты анализа.

Таблица 9

Классы крупности	Выход гр	Ti	Fe	Y	Zr	Nb	La	Ce	Pr	Nd
		%	%	%	%	%	%	%	%	%
<0,045	3,79	0,785	3,494	0,012	0,052	0,008	0,016	0,037	0,001	0,014
>0,045	2,99	0,649	2,07	0,010	0,039	0,008	0,015	0,036	0,000	0,013
>0,075	6,63	0,825	2,516	0,013	0,216	0,010	0,023	0,053	0,009	0,023
>0,125	18,19	0,819	2,338	0,013	0,036	0,012	0,030	0,072	0,006	0,039

Фракция 1,80А. Распределение элементов
по классам крупности. Результаты анализа.

Таблица 10

Классы крупности	Выход гр	Ti	Fe	Y	Zr	Nb	La	Ce	Pr	Nd
		%	%	%	%	%	%	%	%	%
<0,045	3,85	0,760	3,763	0,012	0,053	0,008	0,018	0,037	0,002	0,015
>0,045	2,88	0,665	2,335	0,011	0,045	0,008	0,014	0,034	0,003	0,020
>0,075	6,44	0,706	2,526	0,012	0,221	0,009	0,023	0,051	0,004	0,025
>0,125	20,08	1,070	2,870	0,017	0,041	0,014	0,036	0,081	0,008	0,044

Немагнитная фракция. Распределение элементов
по классам крупности, гр.

Таблица 11

Классы крупности	Выход гр	Ti	Fe	Y	Zr	Nb	La	Ce	Pr	Nd
		%	%	%	%	%	%	%	%	%
<0,045	9,2	0,072	0,309	0,0011	0,005	0,0007	0,0019	0,004	0,0004	0,002
>0,045	10,3	0,067	0,258	0,0015	0,006	0,0008	0,0018	0,004	0,0006	0,002
>0,075	21,3	0,162	0,477	0,0028	0,066	0,0019	0,0048	0,011	0,0006	0,005
>0,125	114,6	1,934	3,922	0,0246	0,154	0,0206	0,0499	0,116	0,0086	0,057

Фракция 0,45 А. Распределение элементов
по классам крупности, гр.

Таблица 12

Классы крупности	Выход гр	Ti	Fe	Y	Zr	Nb	La	Ce	Pr	Nd
		гр	гр	гр	гр	гр	гр	гр	гр	гр
<0,045	70,6	0,621	5,381	0,0078	0,035	0,0053	0,0155	0,032	0,0004	0,015
>0,045	68,6	0,622	4,928	0,0075	0,028	0,0055	0,0123	0,029	0,0017	0,019
>0,075	104,9	1,031	11,499	0,0110	0,116	0,0079	0,0205	0,046	0,0005	0,026
>0,125	362	10,447	109,376	0,0471	0,232	0,0380	0,0778	0,161	0,0109	0,081

Фракция 0,75 А. Распределение элементов
по классам крупности, гр.

Таблица 13

Классы крупности	Выход гр	Ti	Fe	Y	Zr	Nb	La	Ce	Pr	Nd
		гр	гр	гр	гр	гр	гр	гр	гр	гр
<0,045	6,83	0,056	0,296	0,0008	0,004	0,0005	0,0015	0,003	0,0004	0,002
>0,045	5,82	0,042	0,176	0,0006	0,002	0,0005	0,0010	0,002	0,0001	0,001
>0,075	8,71	0,070	0,328	0,0009	0,009	0,0007	0,0018	0,004	0,0004	0,002
>0,125	15,17	0,241	1,238	0,0024	0,009	0,0020	0,0042	0,010	0,0012	0,005

Фракция 0,90 А. Распределение элементов
по классам крупности, гр.

Таблица 14

Классы крупности	Выход гр	Ti	Fe	Y	Zr	Nb	La	Ce	Pr	Nd
		гр	гр	гр	гр	гр	гр	гр	гр	гр
<0,045	15,36	0,123	0,559	0,0018	0,008	0,0012	0,0028	0,006	0,0008	0,003
>0,045	13,36	0,097	0,336	0,0014	0,005	0,0011	0,0025	0,005	0,0005	0,003
>0,075	23	0,182	0,630	0,0025	0,046	0,0021	0,0049	0,010	0,0014	0,006
>0,125	45,02	0,706	1,853	0,0079	0,026	0,0068	0,0155	0,035	0,0052	0,019

Фракция 1,00 А. Распределение элементов
по классам крупности, гр.

Таблица 15

Классы крупности	Выход гр	Ti	Fe	Y	Zr	Nb	La	Ce	Pr	Nd
		гр	гр	гр	гр	гр	гр	гр	гр	гр
<0,045	9,88	0,077	0,346	0,0011	0,005	0,0008	0,0021	0,004	0,0002	0,002
>0,045	8,13	0,067	0,209	0,0009	0,004	0,0007	0,0015	0,004	0,0001	0,001
>0,075	15,76	0,150	0,484	0,0020	0,031	0,0016	0,0036	0,009	0,0008	0,005
>0,125	35,79	0,492	1,361	0,0054	0,018	0,0047	0,0104	0,026	0,0032	0,015

**Фракция 1,25 А. Распределение элементов
по классам крупности, гр.**

Таблица 16

Классы крупности	Выход гр	Ti	Fe	Y	Zr	Nb	La	Ce	Pr	Nd
		гр	гр	гр	гр	гр	гр	гр	гр	гр
<0,045	4,56	0,037	0,166	0,0005	0,002	0,0004	0,0008	0,002	0,0003	0,001
>0,045	3,58	0,022	0,080	0,0004	0,001	0,0003	0,0006	0,001	0,0001	0,001
>0,075	4,12	0,026	0,083	0,0005	0,007	0,0004	0,0009	0,002	0,0001	0,001
>0,125	15,26	0,278	0,736	0,0026	0,012	0,0023	0,0058	0,013	0,0021	0,006

**Фракция 1,50 А. Распределение элементов
по классам крупности, гр.**

Таблица 17

Классы крупности	Выход гр	Ti	Fe	Y	Zr	Nb	La	Ce	Pr	Nd
		гр	гр	гр	гр	гр	гр	гр	гр	гр
<0,045	3,79	0,030	0,132	0,0005	0,002	0,0003	0,0006	0,001	0,0000	0,001
>0,045	2,99	0,019	0,062	0,0003	0,001	0,0002	0,0004	0,001	0,0000	0,000
>0,075	6,63	0,055	0,167	0,0008	0,014	0,0006	0,0015	0,004	0,0006	0,002
>0,125	18,19	0,149	0,425	0,0024	0,006	0,0021	0,0055	0,013	0,0010	0,007

**Фракция 1,80 А. Распределение элементов
по классам крупности, гр.**

Таблица 18

Классы крупности	Выход гр	Ti	Fe	Y	Zr	Nb	La	Ce	Pr	Nd
		гр	гр	гр	гр	гр	гр	гр	гр	гр
<0,045	3,85	0,029	0,145	0,0005	0,002	0,0003	0,0007	0,001	0,0001	0,001
>0,045	2,88	0,019	0,067	0,0003	0,001	0,0002	0,0004	0,001	0,0001	0,001
>0,075	6,44	0,045	0,163	0,0008	0,014	0,0006	0,0015	0,003	0,0003	0,002
>0,125	20,08	0,215	0,576	0,0033	0,008	0,0028	0,0071	0,016	0,0016	0,009

Из результатов видно, что редкоземельные элементы присутствуют почти в одинаковом количестве во всех магнитных фракциях и классах крупности. Со захвата материала не происходит. Доизмельчение всего материала до класса крупности <0,212 не дало ожидаемого результата. Показатели по отделению железа и уменьшению содержания редкоземельных элементов в магнитных фракциях не только не улучшились, а наоборот ухудшились. Можно предположить, что в исходном песке в разных по крупности частицах присутствуют разные минералы.

Результаты, полученные в ряде исследований, показали, что более высокие показатели по извлечению железа происходит во фракции исходного песка <0,212.

Дальнейшие исследования будут продолжены только с этой фракцией. Исходный песок будет рассеян и обогащению будет подвергнут только класс крупности <0,212. На магнитном сепараторе будет проведено отделение фракции, содержащей железо. Затем материал будет подвергнут флотации.

Использованная литература

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