

УДК 622.7

М.Р. Шаутенов, Ш.А. Телков, И.Ю. Мотовилов, Н.Т. Акказина
(Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан)

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАВИТАЦИОННОЙ ОБОГАТИМОСТИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНОЙ РУДЫ НА ОСНОВЕ ФРАКЦИОННОГО АНАЛИЗА

При гравитационном обогащении полезного ископаемого для определения характеристики его обогатимости проводится фракционный анализ. Фракционному анализу подвергают различные классы крупности исследуемой руды. В качестве разделительных сред используются: водные растворы минеральных солей, органические жидкости, суспензии [1-3].

С целью определения гравитационной обогатимости исследуемой редкоземельной руды коры выветривания одного из месторождений Казахстана был выполнен фракционный анализ машинных классов крупностью 2,50-0,315 мм и 0,315-0,10 мм.

Указанные классы крупности подвергались расслоению в растворах тяжелой жидкости М-45 на фракции плотностью (кг/м³): менее 2550, 2550-2650, 2650-2750, 2750-2850, 2850-2950 и более 2950. Класс крупностью 0,10-0,0 мм подвергался расслоению только в плотности 2850 кг/м³ в динамических условиях с использованием центробежной силы, с получением двух фракций плотностью менее и более 2850 кг/м³.

Гранулометрический состав пробы руды для фракционного анализа приведен в таблице 1, а результаты фракционного анализа – в таблице 2.

Таблица 1. Гранулометрический состав пробы руды для фракционного анализа

Классы, мм	Выход, %	Содержание Σ РЗЭ, г/т	Распределение Σ РЗЭ, %
-2,5+0,315	31,37	92,35	9,414
-0,315+0,1	19,82	146,96	9,465
-0,1+0,0	48,81	511,44	81,121
Итого	100,0	307,73	100,0

Таблица 2. Результаты фракционного анализа

Классы крупности, мм	Плотность фракций, кг/м ³	Выход, % от		Содержание Σ РЗЭ, г/т	Распределение Σ РЗЭ, % от	
		класса	руды		класса	руды
2,5-0,315	-2550	9,45	2,96	68,1	6,97	0,65
	2550-2650	60,33	18,92	42,93	28,05	2,64
	2650-2750	15,0	4,71	145,75	23,67	2,23
	2750-2850	9,78	3,07	128,17	13,58	1,28
	2850-2950	1,85	0,58	432,96	8,67	0,82
	+2950	3,59	1,13	490,22	19,06	1,80
	Итого	100,0	31,37	92,34	100,0	9,42
0,315-0,10	-2550	2,74	0,54	191,343	3,57	0,34
	2550-2650	42,1	8,34	47,876	13,72	1,30
	2650-2750	16,21	3,21	98,199	10,83	1,02
	2750-2850	30,74	6,09	81,948	17,14	1,62
	2850-2950	2,32	0,47	643,937	10,16	0,98
	+2950	5,89	1,17	1112,162	44,58	4,23
	Итого	100,0	19,82	146,95	100,0	9,49
2,5-0,10	-2550	6,84	3,50	87,11	5,33	0,99
	2550-2650	53,25	27,26	44,44	21,16	3,94
	2650-2750	15,47	7,92	126,48	17,50	3,25
	2750-2850	17,89	9,16	97,44	15,59	2,90
	2850-2950	2,05	1,05	527,74	10,08	1,80
	+2950	4,50	2,3	806,60	30,34	6,03
	Итого	100,0	51,19	111,83	100,0	18,91
0,10 - 0,0	–	–	48,81	511,45	–	81,09
Руда	–	–	100,0	307,83	–	100

По результатам гранулометрического состава средневзвешенное содержание Σ РЗЭ в исследуемой пробе руды составило 307,73 г/т (табл.1). Анализ результатов гранулометрического

состава пробы руды показывает, что выход класса крупностью 2,5-0,315 мм составил 31,37 % с содержанием $\sum P3Э$ 92,35 г/т и извлечением 9,414 %. Выход класса крупностью 0,315-0,0 мм составил 19,82 % с содержанием $\sum P3Э$ 146,96 г/т при извлечении 9,465 %.

Наибольший выход и извлечение наблюдаются в самый тонкий класс крупностью 0,1-0,0 мм. Его выход составил 48,81 с содержанием $\sum P3Э$ 511,44 г/т при извлечении 81,121 %. По результатам фракционного анализа средневзвешенное содержание $\sum P3Э$ в исследуемой пробе руды составило 307,83 г/т (табл. 2).

Анализ результатов исследований фракционного состава (табл.2) показывает, что из класса крупностью 2,5-0,315 мм теоретически возможно выделение тяжелых концентратных фракций плотностью 2850-2950 кг/м³ и более 2950 кг/м³, в которых наблюдается наибольшая концентрация редкоземельных элементов. Так, выход фракции плотностью 2850-2950 кг/м³ составил 0,58 %, а фракции плотностью более 2950 кг/м³ – 1,13 %, с содержанием $\sum P3Э$ 432,96 г/т и 490,22 г/т, соответственно, при исходном содержании $\sum P3Э$ в данном классе крупности 92,34 %. В случае совместного выделения данных фракций плотности их общий выход составит 1,71 % со средним содержанием $\sum P3Э$ 470,80 г/т.

Теоретически возможный выход легких фракций плотностью менее 2550 кг/м³ и 2550-2650 кг/м³, в которых наблюдается наименьшее содержание редкоземельных элементов, составил 2,96 % и 18,92 %, с содержанием $\sum P3Э$ 68,10 г/т и 42,93 г/т, соответственно. При совместном их выделении в одну общую фракцию плотностью менее 2650 кг/м³ их общий выход составит 21,88 % со средним содержанием $\sum P3Э$ 46,385 г/т.

Одновременно в исследуемом классе крупности содержатся промежуточные фракции плотностью 2650-2750 кг/м³ и 2750-2850 кг/м³, выход которых составил 4,71 % и 3,07 % с содержанием $\sum P3Э$ 145,75 г/т и 128,17 г/т, соответственно. В случае совместного выделения фракций промежуточной плотности (2650-2850 кг/м³) их общий выход составит 7,78 %, со средним содержанием $\sum P3Э$ 128,53 г/т.

На основании анализа результатов фракционного состава класса крупностью 2,5-0,315 мм, при его гравитационном обогащении, возможно выделение трех продуктов: концентрата, промпродукта и хвостов. В случае разделения данного класса крупности только по плотности 2850 кг/м³, с выделением в легкий продукт фракций с плотностью менее 2850 кг/м³, их общий выход составит 29,66 %, со средним содержанием $\sum P3Э$ 67,895 г/т. Фракционный состав класса крупности 0,315-0,10 мм показывает, что теоретически возможно выделение тяжелых концентратных фракций плотностью 2850-2950 кг/м³ и более 2950 кг/м³, в которых наблюдается существенная концентрация редкоземельных элементов. Так, выход фракции плотностью 2850-2950 кг/м³ и более 2950 кг/м³ составил 0,47 % и 1,17 %, с содержанием $\sum P3Э$ 643,937 г/т и 1112,162 г/т, при исходном содержании $\sum P3Э$ в данном классе крупности 146,95 г/т. Суммарный выход данных фракций плотности составит 1,64 %, со средним содержанием $\sum P3Э$ 977,95 г/т.

Анализ результатов показывает, что в классе крупностью 0,315-0,10 мм, во всех фракциях плотностью менее 2850 кг/м³, наблюдаются практически одинаковое содержание $\sum P3Э$, в пределах 191,343 г/т - 47,876 г/т. На основании этого можно отметить, что в данном классе крупности не наблюдается четкой границы между легкими и промежуточными фракциями. Соответственно, при совместном выделении фракций плотностью менее 2850 кг/м³, их общий выход составит 18,18 %, со средним содержанием $\sum P3Э$ 72,436 г/т. При этом необходимо отметить, что во фракции аналогичной плотности, но в классе крупностью 2,5-0,315 мм содержание $\sum P3Э$ практически одинаково и равно 67,895 г/т.

На основании вышеизложенного можно констатировать, что из обоих классов крупности в тяжелую (концентратную) фракцию необходимо выделять фракции с плотностью более 2850 кг/м³.

В соответствии с этим, необходимая плотность разделения для выделения концентратных фракций обоих классов крупности составляет 2850 кг/м³. В случае разделения обоих классов крупностью 2,5-0,315 мм и 0,315-0,10 мм по плотности 2850 кг/м³, теоретически возможный общий выход тяжелой концентратной фракции составит 3,35 %, со средним содержанием $\sum P3Э$ 719,088 г/т. На основании этого можно сказать, что средняя степень концентрации $\sum P3Э$ в концентратные фракции составила 6,34 раза.

Соответственно, выход всех легких фракций при гравитационном разделении по плотности 2850 кг/м³ составит 47,84 %, со средним содержанием $\sum P3Э$ - 69,620 г/т.

Фракционный анализ класса крупностью 0,10-0,00 мм выполнялся с использованием центробежной силы в центрифуге по плотности 2850 кг/м³.

Результаты фракционного анализа класса крупностью 0,10-0,00 мм приведены в таблице 3.

Таблица 3. **Фракционный состав класса крупностью 0,10-0,00 мм**

Класс крупности, мм	Плотность фракций, кг/м ³	Выход, % от		Содержание Σ РЗЭ, %	Извлечение, % от	
		класса	руды		класса	руды
0,10-0,00	- 2850	73,96	36,10	369,090	53,37	43,296
	+ 2850	26,04	12,71	915,792	46,63	37,825
	Итого	100,0	48,81	511,450	100,0	81,121

Фракционный состав класса крупностью 0,10-0,00 мм показывает, что при плотности разделения 2850 кг/м³ также наблюдается концентрация редкоземельных элементов в плотности более 2850 кг/м³ (табл.3). При этом наблюдается повышенное содержание редкоземельных элементов и во фракции плотностью менее 2850 кг/м³. Это можно объяснить тем, что в данном классе крупности присутствует значительное количество тонких и шламистых классов, которые затруднительно разделяются в тяжелой жидкости, имеющей относительно высокую вязкость, даже с использованием центробежной силы.

На основании полученных результатов поисковых исследований можно сделать следующие выводы:

1. Определена принципиальная возможность выделения тяжелых концентратных фракций при гравитационном обогащении машинных классов крупностью 2,5-0,315 мм и 0,315-0,10 мм;
2. Степень концентрации РЗМ во фракции плотностью более 2850 кг/м³ для обоих классов крупности составила 5-7;
3. Необходимая плотность разделения для выделения концентратных фракций составила 2850 кг/м³;
4. Наиболее приемлемым процессом обогащения всех классов крупности с целью получения черновых редкоземельных концентратов являются концентрационные столы и центробежные гидроконцентраторы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Томов Т.Г.* Обогащение руд в тяжелых жидкостях. М: Наука, 1969. 158 с.
2. Исследование полезных ископаемых на обогатимость. / С.И. Митрофанов, Л.А.Барский, В.Д. Самыгин. – М.: Недра. –1974.
3. *Артюшин С.П.* Обогащение углей. – М: Недра. –1975. 384 с.

Шаутенов М.Р., Телков Ш.А., Мотовилов И.Ю., Акказина Н.Т.

Фракциялық талдау негізіндегі редкоземель кенінің гравитациялық зерттеулері

Түйіндеме: жұмыста мору қыртысындағы сирек жерметалды кенге фракциялық талдау жүргізу негізінде оның гравитациялық байытылуын анықтау.

Шаутенов М.Р., Телков Ш.А., Мотовилов И.Ю., Акказина Н.Т.

Исследование гравитационной обогатимости редкоземельной руды на основе фракционного анализа

Резюме. В работе приведены результаты фракционного анализа исследуемой редкоземельной руды коры выветривания с целью определения её гравитационной обогатимости

Ключевые слова: редкоземельная руда, гранулометрический состав, фракционный анализ, плотность разделения, средневзвешенное содержание, сумма редкоземельных элементов, фракционный состав

Shautenov M., Telkov Sh., Motovilov I., Akkazina N.

The research of gravity enrichment of rare earth ores based on fractional analysis

Summary. Paper content the fractional analysis results of researched rare earth ores of residual soil to determine its gravitational enrichment