

## Влияние показателей раскрытия марганцевых минералов на результаты магнитного и гравитационного обогащения

Газалеева В. Н., Власов И. А.  
ОАО «Уралмеханобр»

Исследования были проведены на пробе марганцевой руды месторождения «Даугаш», расположенного в Республике Узбекистан.

*Цель работы:* Сравнение результатов магнитного и гравитационного обогащения марганцевой руды месторождения «Даугаш» с показателями раскрытия марганцевых минералов.

*Вещественный состав:*

Пирролюзит, главный полезный минерал, представлен зернами черного, буро-черного и стально-серого цвета. Породные минералы (доломит и кварц) также представлены массой темно-серого цвета с розовыми и бурыми включениями. Поэтому их визуальное разделение в обычных условиях делается затруднительным, но становится возможным в отраженном свете.

Пирролюзит имеет отражательную способность 25-32 % и в отраженном свете имеет кремово-белый цвет. Тогда как породные минералы в отраженном свете имеют серый, темно-серый цвет, при отражательной способности от 4,5 до 10 %.

*Характеристики раскрытия минералов.*

Для получения характеристик раскрытия руды месторождения «Даугаш» были рассмотрены следующие классы крупности: -2,0+1,6 мм; -1,6+1,0 мм; -1,0+0,63 мм; -0,63+0,4 мм; -0,4+0,315 мм; -0,315+0,2 мм; -0,2+0,16 мм; -0,16+0,1 мм; -0,1+0,071 мм; -0,071+0,045 мм; -0,045+0 мм.

Для определения в шлиф-брикете относительного количества минералов был использован планиметрический метод.

Все анализы производились на оптическом микроскопе AXIO Imager.A1m фирмы ZEISS.

На рисунках 1-3 представлены наиболее яркие примеры зерен раскрытого пирролюзита, сростков и раскрытой породы соответственно.

Результаты подсчета, переведенные в проценты, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Степень раскрытия минералов

Классы крупности, мм	Пирролюзит, %					Минералы породы, %				
	Свободные зерна	Сростки				Свободные зерна	Сростки			
		<25	25-50	50-75	75>		<25	25-50	50-75	75>
-2,000+1,600	-	55	5	8	32	17	2	2	2	77
-1,600+1,000	5	12	16	14	53	45	10	8	11	26
-1,000+0,630	26	13	12	15	34	50	16	13	4	17
-0,630+0,400	40	12	9	12	27	55	18	6	7	14
-0,400+0,315	55	10	8	4	23	65	10	2	8	15
-0,315+0,200	63	8	4	7	18	76	7	4	4	9
-0,200+0,160	64	9	4	5	19	78	6	3	3	10
-0,160+0,100	70	4	4	4	18	87	5	2	2	4
-0,100+0,071	75	6	1	1	17	89	4	1	1	5
-0,071+0,045	90	3	1	1	5	94	3	Е.з.	Е.з.	3
-0,045+0,000	95	2	-	-	3	95	3	-	-	2

Е.з – единичные зерна.

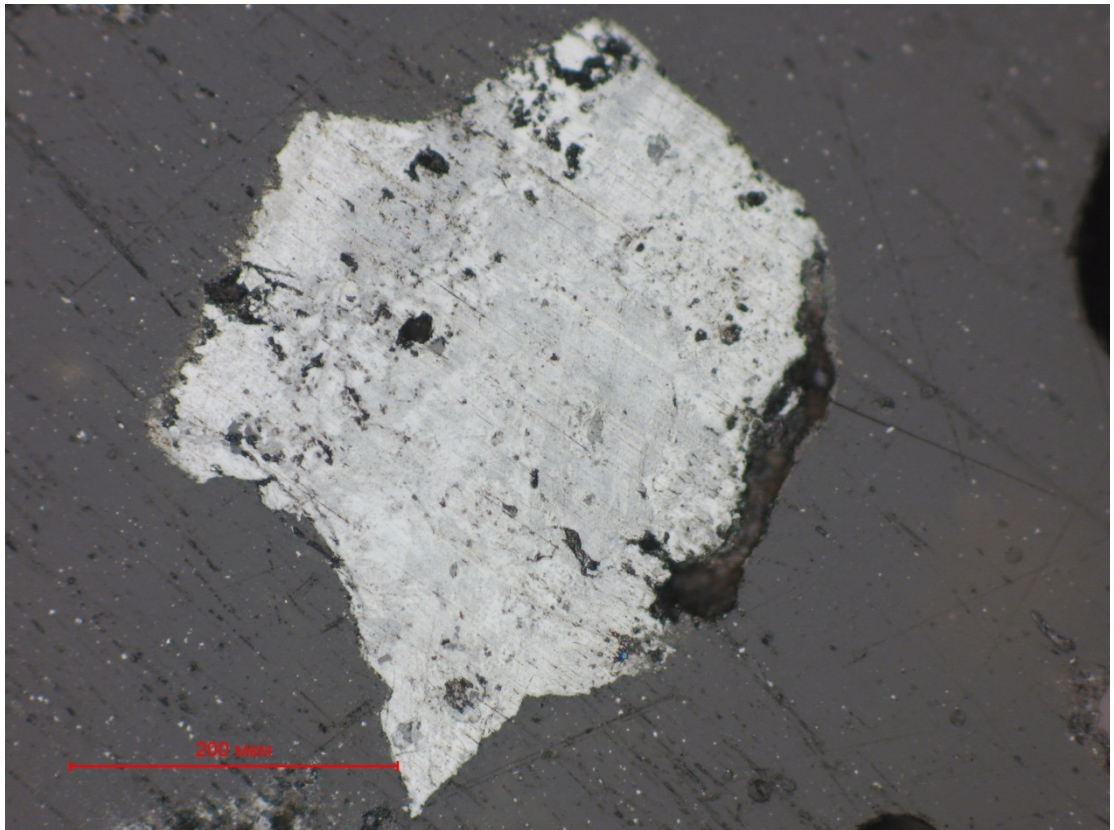


Рисунок 1 – Раскрытое зерно пиролизита.

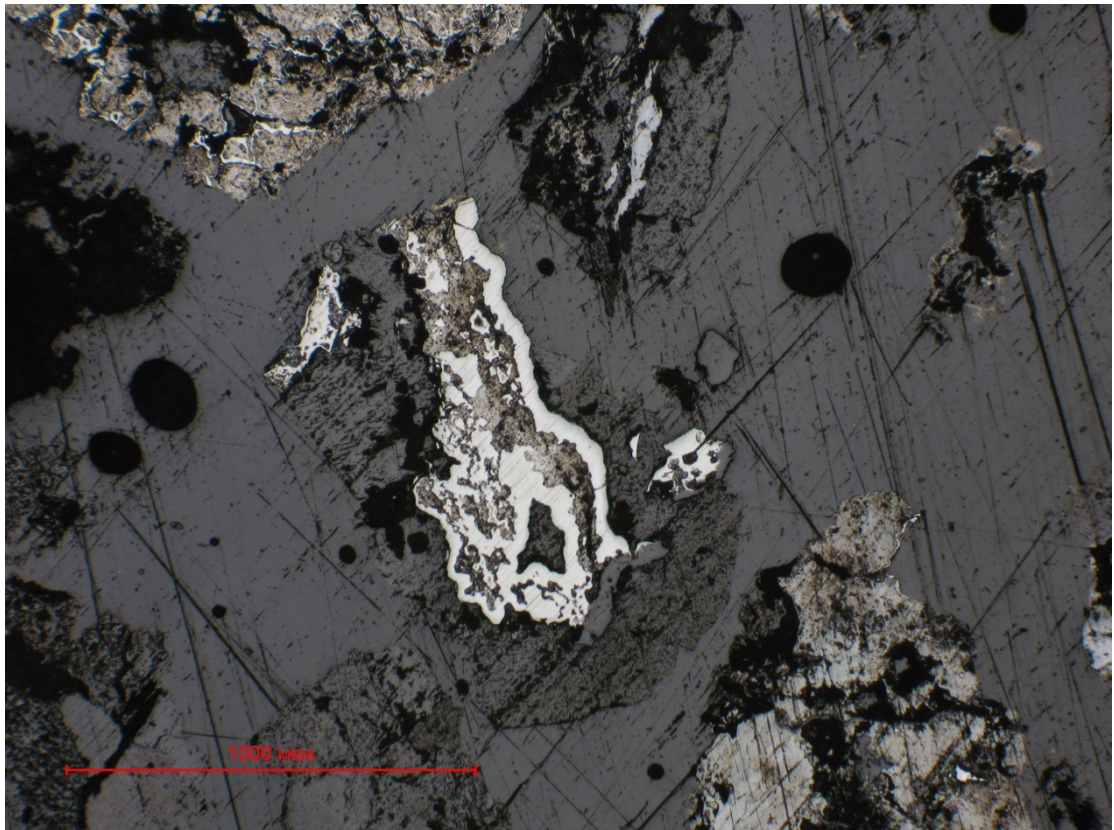


Рисунок 2 – Сросток пиролизита и породных минералов.

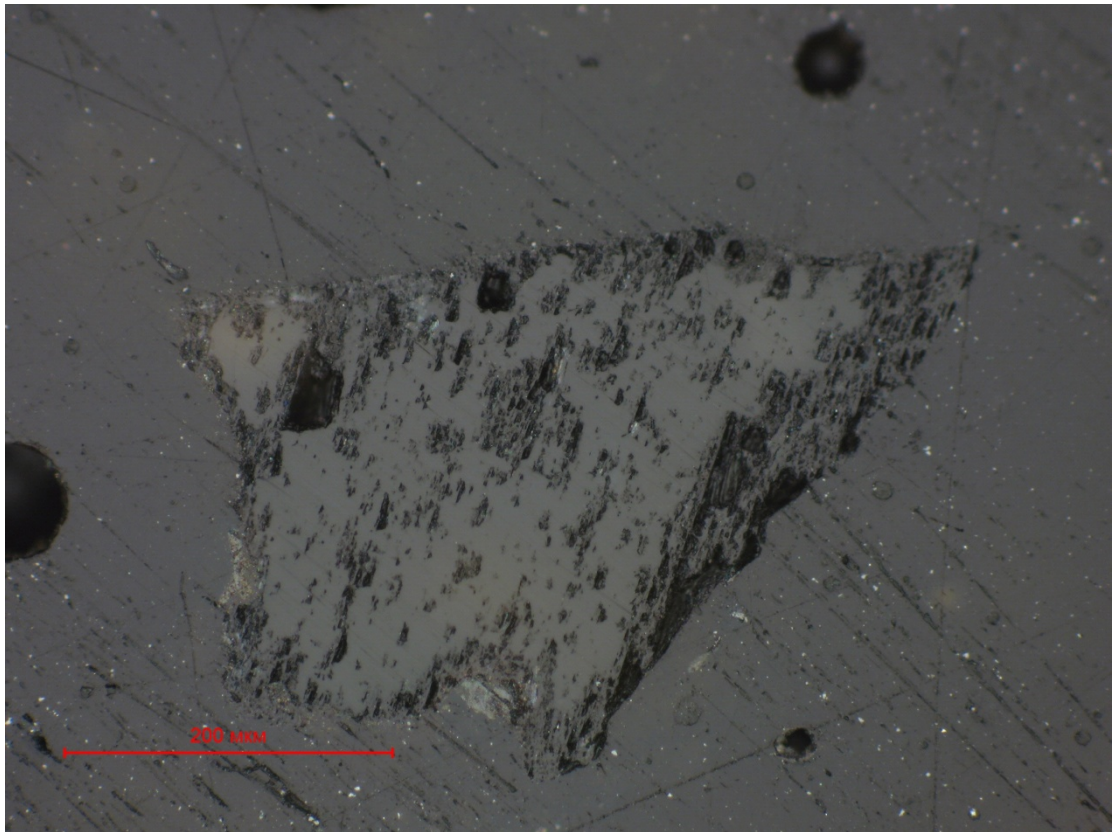


Рисунок 3 – Раскрытое зерно породного минерала.

Полученные данные позволяют нам рассчитать характеристики раскрытия минералов ( $P_m$ ,  $P_n$ ,  $P_{cp}$ ), а также их построить (рисунок 4). Пример расчета:

$$P_m^{-1,000+0,630} = \frac{26}{26 + 13 + 12 + 15 + 34} = 0,26 \text{ д.е.}$$

$$P_n^{-1,000+0,630} = \frac{50}{50 + 16 + 13 + 4 + 17} = 0,50 \text{ д.е.}$$

$$P_{cp}^{-1,000+0,630} = \frac{(13 + 12 + 15 + 34) + (16 + 13 + 4 + 17)}{(26 + 13 + 12 + 15 + 34) + (50 + 16 + 13 + 4 + 17)} = 0,62 \text{ д.е.}$$

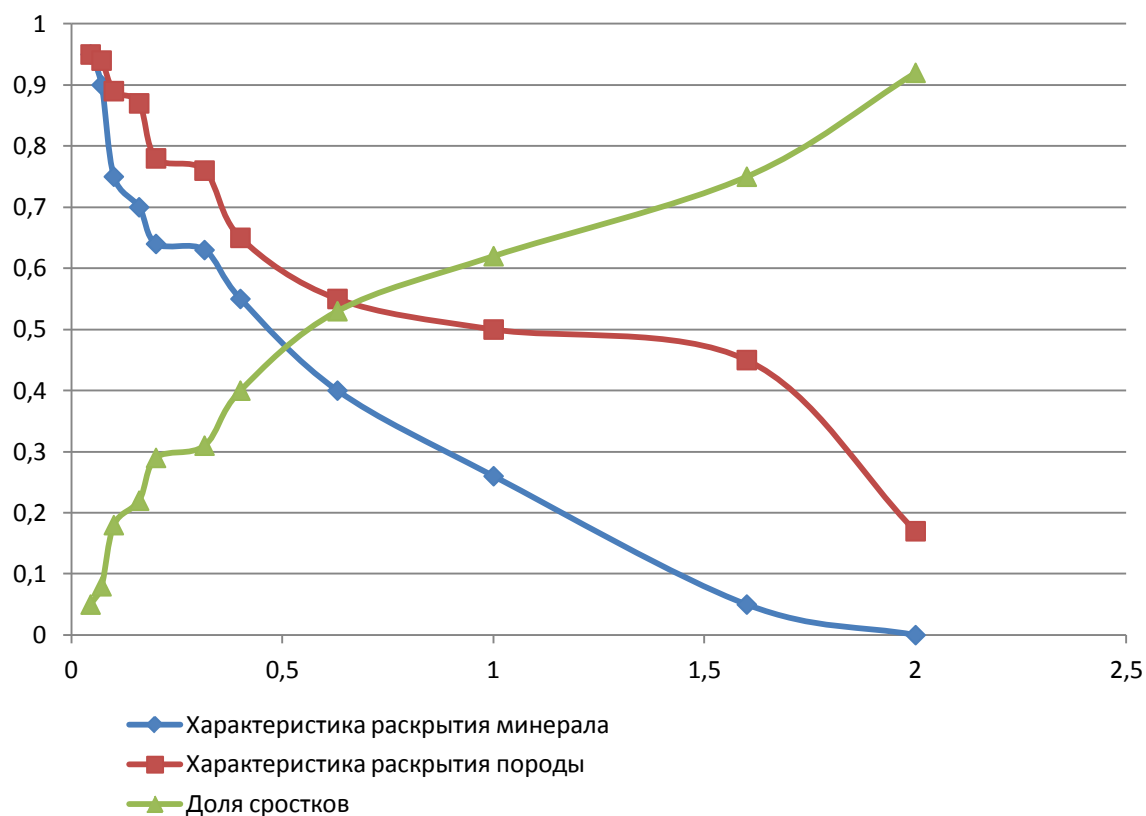


Рисунок 4- Характеристики раскрытия руды.

Минералогические исследования марганцевой руды месторождения «Даугаш» выявили, что пиролюзит присутствует в пробе в виде тонкозернистых масс и в виде кристаллов.

Это объясняет поведение кривой раскрытия минерала. В крупности  $-2,000+0,315$  мм идет раскрытие кристаллического пиролюзита. Затем в крупности  $-0,315+0,200$  мм наблюдается некоторый застой, когда кристаллический пиролюзит уже раскрыт, а тонкозернистый еще не начал раскрываться. В крупности менее  $0,200$  мм идет раскрытие тонкозернистого пиролюзита. На основании кривых раскрытия фаз и для определения возможности использования предварительного стадийного обогащения были исследованы метод сухой магнитной сепарации в сравнении с тяжелосредной сепарацией.

Тяжелосредная сепарация является одним из методов «глубокого» обогащения руд и направлена на определение технологических показателей гравитационного обогащения.

Сепарация в тяжелой жидкости (тяжелосредная сепарация) – это процесс разделение смесей разнородных частиц твердых материалов разной плотности в двухфазных средах. Тяжелосредная сепарация основана на различии в физических свойствах компонентов и фаз - крупности и плотности частиц.

Плотностные характеристики основных минералов марганцевой руды приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Плотностные и магнитные свойства минералов марганцевой руды

Минералы (химическая формула)	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Удельная магнитная восприимчивость, $\mu \times 10^{-6}$ см <sup>3</sup> /г
Вернадит $MnO_2 \cdot nH_2O$	1,8-4,5	>150
Гематит $Fe_2O_3$	4,2-5,3	50-300; 1300 (при прокаливании)
Гетит $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ ( $HFeO_2$ )	3,3-4,3	25
Доломит $CaMg[CO_3]_2$	2,8-2,95	150; 27
Кварц $SiO_2$	2,65	0,461-10
Криптомелан $K_2Mn_8O_{16}$	4,2-4,4	34,4-59,1
Манганит $Mn_2O_3 \cdot nH_2O$	4,2-4,4	28,2-43,0
Пиролюзит $MnO_2$	3,5-5,0	20-100
Псилоделан $mMnO \cdot nMnO_2 \cdot pH_2O$	3,5-4,7	13; 65
Родонит $MnSiO_3$ , или $MnO \cdot SiO_2$	3,1-3,7	0,49; 7,1

Из таблицы 2 видно, что главные слагающие минералы марганцевой руды имеют различия в плотностных свойствах: пиролюзит имеет плотность 3,5-5,0 г/см<sup>3</sup> в то время, как плотность доломита составляет 2,95 г/см<sup>3</sup>, а кварца не превышает 2,65 г/см<sup>3</sup>. Различия в плотностных свойствах рудных и породообразующих минералов позволяют разделить данные минералы гравитационными методами обогащения, в частности тяжелосредней сепарацией.

В качестве тяжелой жидкости, при проведении фракционирования, был выбран тетробромэтан с плотностью 2,92 г/см<sup>3</sup>.

Тяжелосреднюю сепарацию марганцевых руд месторождения «Дауташ» проводили на узких классах крупности :-2,0+1,0мм, -1,0+0,0 мм по схеме приведенной на рисунке 5.

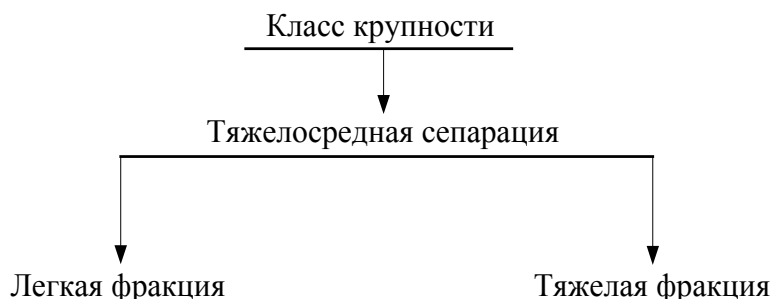


Рисунок 5 – Схема тяжелосредней сепарации.

Результаты тяжелосредней сепарации марганцевой руды месторождения «Дауташ» приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты тяжелосредней сепарации марганцевой руды месторождения «Дауташ».

Класс крупности, мм	Наименование продукта	Выход, %	Массовая доля марганца, %	Извлечение марганца, %
-2,0+1,0	Тяжелая фракция	67,83	38,57	90,00
	Легкая фракция	32,17	9,03	10,00
	Итого	100,00	29,07	100,00
-1,0+0,0	Тяжелая фракция	71,01	41,20	94,80
	Легкая фракция	28,99	5,54	5,20
	Итого	100,00	30,86	100,00

Из класса крупности -2,0-1,0 мм марганцевой руды возможно выделить тяжелую фракцию с массовой долей марганца 38,57 % при извлечении его 90,00 %.

Из класса крупности -1,0+0,0 мм марганцевой руды возможно выделить тяжелую фракцию с массовой долей марганца 41,20 % при извлечении его 94,80 %.

*Магнитная сепарация* — это технология разделения материалов на основе различия их магнитных свойств (магнитной восприимчивости) и различного поведения материалов в зоне действия магнитного поля, изменяющего гравитационную траекторию движения частиц.

Магнитные свойства основных минералов марганцевой руды приведены в таблице 2.

Выполнен магнитный анализ средних проб марганцевой руды, стадийно раздробленных и измельченных до крупности минус 1,0 мм. Магнитный анализ проведен на индукционном роликовом сепараторе 138Т (рисунок 6) при изменении напряженности магнитного поля в широком диапазоне – от 2000 Эрстед до 12000 Эрстед. Схема проведения магнитного анализа приведена на рисунке 7. Результаты магнитного анализа приведены в таблице 4.



Немагнитная фракция	10,04	3,72	1,24
Исходная руда	100,00	30,10	100,00

Выводы.

1. Кривые раскрытия фаз показали, что в крупности  $-2,000+0,315$  мм идет раскрытие кристаллического пиролюзита. Затем в крупности  $-0,315+0,200$  мм наблюдается некоторый застой, когда кристаллический пиролюзит уже раскрыт, а тонкозернистый еще не начал раскрываться. В крупности менее  $0,200$  мм идет раскрытие тонкозернистого пиролюзита.
2. Результаты тяжелосредней серарации позволяют получить кондиционный марганцевый концентрат с выходом 69,42, содержанием Mn – 39,42% и извлечением 92,47%.
3. Результаты магнитной серарации позволяют получить кондиционный марганцевый концентрат с выходом 65,24, содержанием Mn – 37,33 % и извлечением 80,90 %. Оптимальная напряженность магнитного поля данной операции составляет 6000Э.
4. Сравнение двух методов предварительного обогащения показало преимущество метода тяжелосредней серарации.